



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "A. Faedo" (ISTI)

Appunti di domotica

Rolando Bianchi Bandinelli
Vittorio Miori

Laboratorio di Domotica



Indice

Indice	III
Premessa	V
1. Introduzione alla domotica	1
1.1. Terminologia	1
1.2. Obiettivi della domotica	3
1.2.1. Il Comfort	4
1.2.2. La sicurezza.....	5
1.2.3. Energia e suo uso intelligente	6
1.2.4. Entertainment	11
1.2.5. Controllo remoto	11
1.2.6. Aperture ai servizi esterni	12
1.2.7. Maggiore indipendenza (anche per persone con necessità speciali)	12
1.3. Cenni ad alcuni aspetti tecnologici	13
1.3.1. Interfacce domotiche	13
1.3.2. Comunicazioni fisse e mobili – Wireless	14
1.3.3. Integrazione.....	14
1.3.4. Reti locali, metropolitane, geografiche e “reti domotiche”	15
1.4. La diffusione della domotica e il mercato	16
1.4.1 Alcune realizzazioni	17
2. Gli elementi base della domotica	19
2.1. Caratteristiche e requisiti di un sistema domotico	20
2.2. Il sistema a bus	21
2.2.1. Il Bus Coupling Unit (BCU)	23
2.3. I mezzi trasmissivi	24
2.3.1. Le onde convogliate (Power Line – PL)	25
2.3.2. Il cavo bipolare intrecciato - doppino telefonico (<i>Twisted Pair</i> - TP)	26
2.3.3. Il cavo schermato coassiale (Coaxial cable - CX)	30
2.3.4. Il bus a onde radio (Radio frequency – RF)	31
2.3.5. I raggi infrarossi (InfraRed – IR)	34
2.3.6. Le fibre ottiche (Optical Fibre – OF).....	35
2.4. La rete domotica	36
2.4.1. I livelli di comunicazione	36
2.4.2. Altre soluzioni.....	38
2.4.3. Interconnessione e interoperabilità	39
2.5. Residential Gateway	40
3. Standard domotici	40
3.1. X-10	43
3.1.1. Sistema Casa	46
3.2. EHS	48
3.2.1 EHS Versione 1.1	48
3.2.2 EHS Versione 1.3	50

3.3. Konnex (KNX)	52
3.4. LonWorks	54
3.5. M3S (Multiple Master Multiple Slave)	56
3.5.1 Storia dello standard M3S	56
3.5.2 Architettura e principi di funzionamento	57
3.6. Standard basati su TCP/IP	58
3.6.1. OSGi	58
3.6.2. UPnP	59
3.6.3. Web Services	63
3.6.4. Jini	63
3.7. Cenni ad altre tecnologie	64
3.7.1. Andover Control	64
3.7.2. Profibus	64
3.7.3. My Home	64
3.7.4. ByMe	64
3.7.5. BACnet	65
3.7.6. Gewa	65
3.8. Conclusioni	66
4. Domotica e Multimedia	67
4.1 Gli standard audio/video analogici e digitali	67
4.2. compressione audio/video	67
4.2.2. Introduzione all'audio digitale	68
4.2.3. Introduzione alla grafica digitale	70
4.2.4. Introduzione alle animazioni	70
4.2.5. La compressione dei file	71
4.2.6. Tecniche con e senza perdita di dati	73
4.2.7. Compressione di file grafici	74
4.2.8. Compressione dei file audio e video	75
4.2.9. Gli standard di compressione Audio/video	76
4.3. La televisione digitale	80
Bibliografia	83
Indice analitico	87

Premessa

Le presenti dispense erano state scritte per facilitare lo studente a seguire lo svolgimento del corso di domotica. Poiché attualmente l'argomento interessa anche fasce più larghe di lettori, se ne è curata una versione più adatta ad un pubblico più vasto.

L'argomento trattato è "giovane" e in forte evoluzione e certe informazioni potrebbero diventare obsolete nel giro di poco tempo. È quindi possibile che alcune affermazioni particolari non corrispondano alla realtà del momento in cui vengono lette. Si è comunque ritenuto di non fornire informazioni troppo vaghe per far capire meglio le problematiche legate alla domotica.

Ringrazio tutti coloro che ci faranno pervenire segnalazioni di refusi, inesattezze ed errori di qualsiasi tipo.

1. Introduzione alla domotica

1.1. Terminologia

La “domotica” è la scienza che applica l'informatica all'automazione della casa. Il termine *domotica* deriva da “*domotique*”, neologismo creato in Francia, ovvero l'unione della parola latina “*domus*”, che significa casa, con “*informatique*”. Analogamente in italiano unendo “*domus*” con “*informatica*” si ottiene appunto “domotica”. Anche in inglese si tende a sostituire “*domotics*” ai sinonimi “*home automation*”, “*smart home*”, ecc..

In analogia a “domotica” è stato coniato il termine “*Urbotica*” che tratta i dispositivi, di tipo informatico o robotico, atti ad automatizzare servizi urbani rivolti al cittadino. Questi verranno installati nelle città o nelle abitazioni dei cittadini. Come esempio conosciuto possiamo citare la sperimentazione fatta da molte amministrazioni comunali delle carte d'identità elettroniche. Con un dispositivo abbastanza economico da aggiungere ad un normale calcolatore personale, si possono leggere le nuove carte d'identità e ottenere in linea vari servizi del Comune di appartenenza.

Le tecnologie per l'automazione, benché tutte basate sugli stessi principi, possono differire in maniera sensibile al variare delle dimensioni degli ambienti trattati, delle loro destinazioni e delle esigenze dell'utente. Con il termine generico di casa si può intendere un'abitazione, un negozio, un edificio, un ufficio, una scuola, un ospedale, ecc. Per comodità di esposizione nel seguito useremo il termine “casa” come sinonimo di abitazione singola (appartamento, villetta, ecc.), mentre con “edificio” intenderemo una costruzione come insieme di ambienti con diversa destinazione (uffici, negozi, ecc.). Con questa distinzione vengono esclusi i condomini (residenziali e non) e i casamenti, che per il tipo di trattazione possono essere talvolta assimilati alle “case” o talvolta agli “edifici” secondo l'argomento in esame. Anche un giardino può essere automatizzato usando le tecnologie domotiche. Estendendo questo concetto possiamo affermare che i sistemi domotici possono anche essere utilizzati per automatizzare alberghi, stazioni ferroviarie, aeroporti, ecc. Oggi si tende a considerare il termine domotica nel senso più esteso, comprensivo di tutte le tecnologie che in qualche modo riguardano l'automazione di ambienti che hanno a che fare sia con la casa (abitazione) sia con gli edifici.

Per specificare meglio si possono utilizzare espressioni più precise per indicare la domotica dell'abitazione come:

- *Home automation* (automazione della casa),
- *Smart home* (casa intelligente),
- *Home evolution* (evoluzione della casa)

In contrapposizione indichiamo la domotica dell'edificio con:

- *Building Automation* (automazione dell'edificio),
- *Intelligent building* (edificio intelligente)

Queste ultime espressioni indicano tecnologie domotiche meno mirate all'abitante, ma più adatte ad un controllo di un'intera struttura sia essa commerciale, industriale o altro (in questo caso potremmo comprendere anche i condomini).

Le differenze fondamentali tra queste due categorie di tecnologie domotiche sono riassunti nella tabella che segue.

	Building	Home
Chi decide	Azienda	Chi ci vive
Utente	Ci lavora	Ci abita
Gestione sistema	Building manager Uso complesso	Chi ci vive Uso semplice
Dimensione	Edificio	Abitazione singola
Gestione spazi	Dinamica	Statica
Motivazioni	Sicurezza, risparmio, controllo, automazione	Qualità della vita Sicurezza - Intrattenimento

Volendo fare un'ulteriore suddivisione possiamo considerare le classi riportate in tabella.

Tecnologie domotiche	
Abitazione	Automazione dell'abitazione (dall'appartamentino alla grossa villa)
Ambienti industriali	Fabbriche e industrie in genere
Grandi complessi (abitativi e non)	Grattacieli, condomini, aeroporti, stazioni ferroviarie, ecc.
Mezzi di locomozione	Navi, treni, aerei, automobili, ecc
Per il telelavoro	Uffici mobili, postazioni di lavoro presso l'abitazione, ecc.
Ufficio	Automazione dell'ufficio
Ambienti sanitari	Casa di cura, ospedali, ricoveri, ecc.
Ambienti educativi	Scuole, collegi, ecc.

Nel seguito considereremo la parte della domotica rivolta all'abitante se non diversamente specificato.

Altri termini che incontreremo nella domotica sono quelli di "elettrodomestici bianchi" ed "elettrodomestici bruni". In inglese con "*white goods*" si indica il tipo di elettrodomestico che risiede normalmente in cucina come forni, frigoriferi, lavatrici, ecc. Con "*brown goods*" invece si indicano quegli elettrodomestici che stanno in salotto come i televisori, impianti HiFi, ecc. *Brown goods* è talvolta tradotto come "elettrodomestici marroni" e talvolta impropriamente come "elettrodomestici bruni".

Una terminologia recente usa l'espressione "*ambient intelligence*" come estensione della domotica.

Nel prossimo futuro la domotica potrà venire influenzata dai recenti progressi delle "nanotecnologie" e dai concetti dell' "*ubiquitous computing*" e "*pervasive computing*". Non molti decenni fa un calcolatore era una macchina grossa e costosa progettata per servire molti utenti. Poi, con la diminuzione dei costi e delle dimensioni si è arrivati al calcolatore personale (*personal computer*). Infine si è passati a molti calcolatori per ogni utente. Il concetto di *Ubiquitous Computing* ("*elaborazione dovunque*") è iniziato con:

- il calcolatore personale appoggiato sopra un tavolo (desk top computer),
- il calcolatore portatile appoggiato tipicamente sulle ginocchia (lap top computer),
- il calcolatore compatto da tenere in "palmo di mano" (palm top computer),
- telefono cellulare che offre sempre più servizi informatici e tende a integrarsi con i calcolatori palmari,
- oggetti informatici che si indossano come orologi o cinturini da polso (wrist top computers), collari (neck top computers), cappelli (come i caschi delle corse automobilistiche) o cuffie speciali (head top computers)

Con il passaggio dalla microelettronica che sfrutta componenti dell'ordine del milionesimo di metro alla nanoelettronica che invece sfrutta componenti dell'ordine del miliardesimo (o bilionesimo) di metro, si potranno realizzare calcolatori mille volte più piccoli. La microelettronica sfrutta l'effetto transistor (centinaia di milioni di transistori possono formare un unico circuito integrato di pochissimi centimetri quadri). Gli oggetti creati con la microelettronica si possono trovare appesi al corpo umano o indossati.

La nanoelettronica si basa su tecnologie che sfruttano tra l'altro l'effetto *spin*¹. Gli oggetti creati con le nanotecnologie e la nanoelettronica potranno essere introdotti direttamente nel corpo umano o dispersi nell'aria come "polveri" con lo scopo di rilevare vari parametri del corpo umano o dell'ambiente e trasmetterli a sistemi di controllo. Potremo quindi utilizzare le funzioni di calcolatori invisibili.

1.2. Obiettivi della domotica

Ma quali sono gli obiettivi della domotica e di un'automazione sempre più spinta? L'introduzione di tutte queste tecnologie ha lo scopo di ottenere innumerevoli vantaggi tra cui possiamo citare:

- un maggiore e più facile controllo delle applicazioni domestiche sia dall'interno sia dall'esterno della casa;
- un aumento delle comunicazioni con l'esterno permettendo l'accesso a servizi centralizzati di fornitori diversi;
- la condivisione di applicazioni semplificandone la gestione e realizzando nello stesso tempo dei risparmi.

La sfida consiste nel permettere un mutamento dello stile di vita che offra più sbocchi all'immaginazione e minori preoccupazioni per la gestione.

La tabella riportata di seguito mostra sinteticamente le promesse della domotica e le tecnologie necessarie.

¹ *spintronica*: studio per realizzare dispositivi di commutazione basati sull'effetto *spin* ovvero sulla variazione del numero quantico dello *spin* di un elettrone orbitale

La domotica offre:

Confort
Sicurezza
Maggiore indipendenza (anche a persone con esigenze speciali)
Risparmio energetico
Divertimento
Controllo remoto
Accesso ai servizi esterni

La domotica utilizza:

Interfacce amichevoli
Tecnologie mobili/wireless (ma anche cablate)
Integrazione (risorse domestiche)
Comunicazione
Reti
...

1.2.1. Il Confort

E' il sogno di tutti costruirsi una casa confortevole che asseconi i gusti di chi la abita. Le tecnologie moderne permettono l'introduzione di una serie di accorgimenti che rivoluzionano il concetto di confort con rapporto costo/prestazione molto favorevole. Anche l'abolizione di semplici obblighi banali come quello di aprire le finestre la mattina per richiuderle la sera o quello di controllare porte, finestre, luci e gas ogni volta che si esce, può rendere la vita più comoda. La loro automazione, permette talvolta un miglioramento della qualità della vita impercettibile mentre in altri casi in modo più vistoso. Se si confronta l'abitazione con un'automobile già si può facilmente notare quanto quest'ultimo ambiente si sia evoluto più rapidamente. Oggi siamo ancora all'epoca in cui nella maggior parte dei casi l'abitante, rincasando di notte, deve "tastare" tutto il muro per cercare l'interruttore che gli permetta di non inciampare sulla soglia di ingresso. La stessa persona, se entra in macchina di notte, si chiede cosa sia successo se la luce non si accende automaticamente quando apre lo sportello. Quando azioniamo il pedale del freno si scatena una rete di microprocessori che controllano la frenata (tecnologia conosciuta con la sigla ABS), senza renderci conto di cosa stia succedendo: sappiamo solo che lo spazio di frenata è più corto e si rischia meno di sbandare. Tutti gli oggetti che troviamo in una normale automobile sono servo-assistiti. Le semplici cinture di sicurezza sono "pre-tensionate" e vanno in sintonia con gli "airbag". Cosa vuol dire tutto questo? Non lo sappiamo, ma funziona meglio! Le statistiche ci dicono che sempre più spesso dobbiamo la vita a questi marchingegni. Forse non capiamo perché, ma siamo tutt'oggi vivi.

Per entrare in certe automobili non si deve più utilizzare la chiave, basta possedere una schedina in tasca (vedi RFID nei capitoli successivi) e lo sportello si apre da solo; è anche permesso avviare il motore senza altra presentazione.

Si possono già acquistare auto con una funzionalità speciale: quando trovi uno spazio per parcheggiare tra due vetture, troppo stretto per le tue capacità, puoi chiedere che la tua auto esegua la manovra da sola. Si trovano già radar che ci impediscono di tamponare chi ci precede, telecamere che riconoscono i segnali stradali e ci consigliano su come comportarci, sedili vibranti che entrano in funzione quando si passa sopra le strisce bianche, ecc.

Non ci deve meravigliare se quando andiamo in officina invece di utilizzare tante chiavi inglesi, i tecnici attaccano un cavo di un calcolatore sotto il nostro cruscotto e ci danno lo stato di salute della nostra automobile anche senza la presenza di sintomi.

Oggi, automobili anche molto economiche, non solo "si preoccupano" di accendere automaticamente la luce quando si aprono le portiere, ma segnalano anche eventuali cattivi utilizzi del mezzo (ad esempio quando non si allacciano le cinture di sicurezza o si dimenticano i fari accesi, o ancora se non si aziona il freno di stazionamento quando posteggiamo, ecc.) e ti indicano il percorso da seguire calcolando anche l'ora presunta di arrivo. Si può avere un'idea dell'evoluzione e del grado di automazione introdotto negli ultimi anni nell'automobilismo, considerando il numero dei processori che sono impiegati. Mentre poche decine di anni fa non esistevano processori in un'automobile, oggi se ne contano una quarantina in un'auto utilitaria medio-piccola. Al contrario, in molte case ancora oggi ci sono pochissimi controllori (per lo più inseriti negli elettrodomestici: lavatrici, caldaie e pochi altri) e non esiste normalmente un controllo "globale" e integrato come invece è già diffuso nelle auto.

La casa "domotica" può permettere non solo di evitare compiti noiosi e ripetitivi, ma, adattandosi ai gusti di chi la abita, consente un alto grado di soddisfazione dell'abitante stesso verso l'ambiente che lo circonda.

Proprio questa "soddisfazione" sta alla base dell'idea di "confort" (termico, igrometrico, acustico, ecc.), perché da una misura di come il grado di benessere dell'utente sia del tutto soggettivo e mutevole. In tal senso un'abitazione con una presenza capillare di sensori e attuatori sfruttati in maniera integrata e ottimizzata (casa "domotica") può apprendere le abitudini dell'utente e può quindi occuparsi autonomamente di, ad esempio, regolare la giusta temperatura, accendere le luci che servono al momento opportuno e aprire o chiudere le finestre quando lo farebbe l'utente, solo nelle stanze utilizzate. In sintesi la casa deve avere un'intelligenza che le permetta di riconoscere chi è presente e adattare tutte le risorse al gusto desiderato, proprio come faceva una volta il maggiordomo, insieme alla servitù, nelle case delle famiglie facoltose.

1.2.2. La sicurezza

Il tema della sicurezza in ambito domotico viene preso in considerazione sia in termini di *security*, che di *safety* (fig. 1). Nel primo caso si intende la sicurezza legata alla protezione di persone e di cose da minacce da parte di terzi (furti, effrazioni, ecc.); nel secondo caso si tratta ancora di protezione di beni e persone, ma questa volta da infortuni e situazioni di allarme concernenti la sicurezza ambientale (fughe di gas, perdite d'acqua, ecc.).

In un sistema domotico sono relativi alla *security* ad esempio le applicazioni per l'anti-intrusione, per il controllo accessi, per il videocontrollo e per la TV a circuito chiuso; per la *safety* si parla in generale di gestione ottimizzata dei processi di emergenza, come sistemi di rilevazione di fumi, gas, guasti e malfunzionamenti.

E' noto che la maggior parte degli incidenti avviene all'interno delle mura domestiche. Questo succede perché il grado di sicurezza delle case non è adeguato alle esigenze della vita moderna. L'introduzione di automatismi e di procedure che permettano una maggiore sicurezza e controllo della casa porta ad una diminuzione delle condizioni di pericolo. Talvolta bastano pochi accorgimenti per evitare una sciagura: ad esempio la presenza in un sistema integrato di rivelatori di perdite d'acqua e di elettrovalvole posizionate a valle del contatore dell'acqua consente di bloccare sul nascere le perdite in caso di malfunzionamento dell'impianto idraulico o di alcuni elettrodomestici.

Le tecnologie volte alla sicurezza si stanno affermando negli edifici ad uso pubblico con notevole successo. Nelle abitazioni private invece si stenta ad introdurre elementi per la sicurezza pensando che si può risparmiare se si presta maggiore attenzione. Oggi però i costi

della tecnologia sono molto diminuiti e l'attenzione delle persone talvolta può venire meno, nonostante la buona volontà, a causa dei “ritmi della vita moderna”. Risparmiare a costo di gravi rischi non è mai stato conveniente e tanto meno oggi che con una spesa accettabile si può ottenere un buon livello di sicurezza.

Il valore aggiunto della domotica in questo caso consiste nel realizzare applicazioni di security e safety in modo integrato, con notevole risparmio in termini di numero di dispositivi e di quantità di cablaggio, e soprattutto nella possibilità di ottimizzare la gestione delle risorse interessate.



Fig.1

1.2.3. Energia e suo uso intelligente

Nel ventesimo secolo abbiamo scoperto che con il carbone prima e il petrolio poi, si potevano far girare potenti motori che costituivano il cuore dell'industria e dei mezzi di trasporto o si poteva riscaldare le case in inverno. L'energia disponibile in natura sottoforma di materie prime fossili, ha un basso costo e ha aiutato il progresso: industrie più efficienti, case più confortevoli e mezzi di trasporto veloci a buon mercato. Con l'aumento della popolazione mondiale però, le risorse energetiche tradizionali hanno cominciato a scarseggiare provocando vari problemi. I paesi più ricchi, che rappresentano una scarsa minoranza, si sono accaparrati la maggior parte delle risorse, mentre poco è rimasto per i paesi più poveri. Inoltre l'uso massiccio di carburanti fossili (principalmente petrolio e carbone) concentrato nel ventesimo e ventunesimo secolo ha provocato la liberazione nell'aria di una grande quantità di anidride carbonica (CO₂) che si era accumulata in molti millenni. Ciò ha provocato un repentino cambiamento della composizione dell'atmosfera che ha turbato l'equilibrio raggiunto che permette la vita sulla terra, creando “l'effetto serra” responsabile dell'aumento della temperatura media e dei vari turbamenti atmosferici. È necessario quindi ripensare a come usare l'energia e a come ricavarla. Non è più possibile perciò sprecare energia solo perché costa poco senza porsi il problema di come usarla in modo intelligente. L'energia a basso costo che veniva determinato principalmente dal costo di estrazione e trasporto, ed il suo facile reperimento da parte dell'utente finale, hanno contribuito ad un suo abuso e ad un suo crescente spreco senza mai tenere in considerazione che le fonti per produrla un giorno si sarebbero esaurite. Oggi si intravede l'avvicinarsi del momento in cui i carburanti fossili termineranno e questo fa sì che il loro costo stia aumentando abbastanza rapidamente. Anche

l'uranio necessario per il nucleare non è così abbondante. Gli impianti nucleari, sebbene non liberino anidride carbonica, inquinano in quanto producono scorie radioattive che ancora non sappiamo bene come smaltire.

Solo recentemente, avendo capito che l'energia è preziosa, si stanno prendendo in considerazione varie alternative ai carburanti fossili e all'energia nucleare e si stanno studiando nuove metodologie per evitare gli sprechi. Fortunatamente l'energia alternativa non manca, ma il suo utilizzo ha costi non trascurabili. Ogni giorno il sole ci invia un'enorme quantità di luce e di calore. La materia stessa può essere una fonte di energia.

Per tutte le considerazioni fatte fin qui dovremo quindi riconvertire le abitudini mondiali ricercando le soluzioni più consone per procurarci energia evitando inquinamento sprechi superando i limiti dei carburanti fossili.

1.2.3.1. Risparmio energetico

Risparmiare energia non significa tornare a lavare i panni al fiume o diminuire il confort delle abitazioni riscaldandole di meno in inverno. Questo sarebbe un passo indietro. Vogliamo invece fare un passo avanti: migliorare la qualità della vita con aumento di confort usando in modo razionale l'energia e ottimizzandone i consumi. Risparmio energetico significa evitare gli sprechi inutili con l'utilizzo di tecniche moderne che permettano di risparmiare in modo sensibile.

Oggi giorno le modalità per ridurre i consumi di energia ed le emissioni inquinanti sono disponibili per i più svariati settori. Nel seguito noi ci limiteremo ad accennare solo ad alcune tecniche utili a riscaldare, raffreddare o illuminare le abitazioni, argomento più attinente alla domotica.

Per ottimizzare i consumi di un'abitazione si agisce principalmente su tre fattori: isolare termicamente l'edificio, utilizzare la domotica e introdurre metodologie che ottimizzino i consumi (uso della geotermia, uso di sistemi di riscaldamento diffuso a basse temperature, usare accumulo di acqua calda sanitaria, ecc.) Combinando insieme le metodologie di risparmio descritte nel seguito si ottengono risultati veramente rilevanti.

1.2.3.1.1 Isolamento termico

È oggi possibile diminuire sensibilmente i consumi adottando moderne metodologie suggerite da vari organismi che si occupano dell'argomento. Come esempio si può citare il fatto che una casa costruita con le normali prassi degli anni '70 ha un valore di consumo energetico di oltre 300 kWh/m²y. Facendo alcune semplificazioni 300 kWh/m²y si possono paragonare al potere calorifico di circa 30 litri di gasolio per riscaldare efficientemente per un anno la superficie di 1 m². Le case moderne costruite con particolari accorgimenti (vedi certificazione "Casaclima classe oro") possono arrivare a un valore di consumo energetico inferiori a 10 kWh/m²y che, secondo il paragone sopra riportato, equivale a meno di un litro di gasolio. Come si può facilmente dedurre il risparmio è notevole.

Si arriva a questi risultati con particolari isolamenti termici, con speciali materiali di costruzione, doppi o tripli vetri alle finestre ed eliminando possibili "ponti termici"² spesso presenti in fabbricati realizzati senza un accurato studio in fase di progettazione. Occorre inoltre tener conto di come arieggiare i locali, minimizzando le perdite di energia, per ottenere sempre un giusto equilibrio di umidità, anidride carbonica, ossigeno, ecc. Una stanza infatti con troppa umidità, specialmente se dovuta alla respirazione umana, provoca una sensazione sgradevole che normalmente classifichiamo come "aria viziata".

Oltre al risparmio si ottiene anche un notevole aumento del confort: infatti in una stanza dove la temperatura totale è ottimale, ma in cui ci sono zone che hanno temperature notevolmente

² parti della struttura di un edificio che ha caratteristiche termiche significativamente diverse da quelle adiacenti provocando scambi di calore con l'esterno

diverse provoca un senso di malessere che difficilmente riusciamo a definire. Queste situazioni si verificano quando è presente una parete esterna molto fredda e un radiatore molto caldo per compensare e portare la temperatura ambientale a quella richiesta. Gli ambienti correttamente isolati non hanno bisogno di avere sorgenti di calore estremamente caldi specialmente se si è anche provveduto a organizzare il riscaldamento in modo non concentrato, come può essere un piccolo radiatore, ma distribuito come ad esempio si può ottenere con un riscaldamento sotto tutto il pavimento.

La realizzazione di edifici a risparmio energetico oggi è facilitata dalla disponibilità di nuovi materiali che oltre a favorire la l'isolamento termico, uniscono anche caratteristiche di isolamento acustico.

Naturalmente una progettazione accurata mirata alla realizzazione di una casa a “basso consumo energetico”, ha un costo superiore a quella convenzionale, ma facendo varie considerazioni si arriva alla conclusione che la spesa è, nella maggior parte dei casi, sostenibile, ragionevole e che comunque in pochi anni si ammortizza. Per avvalorare queste considerazioni economiche, si deve anche considerare il maggiore valore di mercato di una casa costruita con questi criteri. Questa differenza di valore è destinato a crescere nel prossimo futuro spinta dall'orientamento della Unione Europea che ha provocato emissioni di leggi in

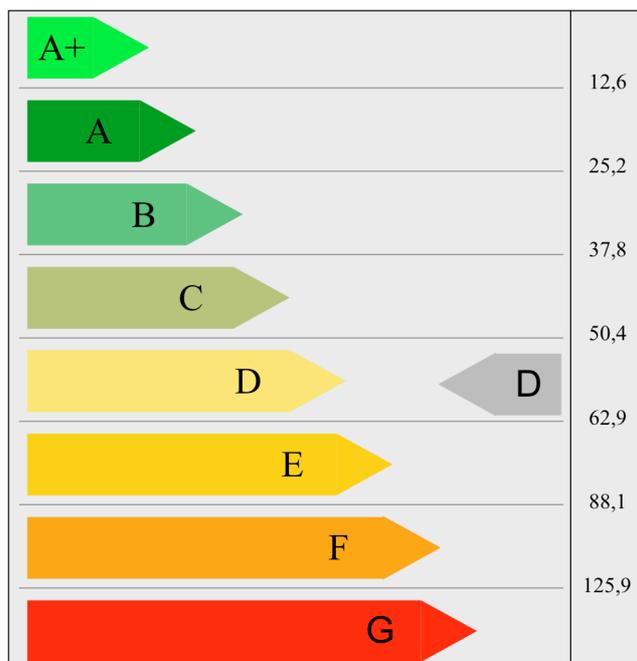


Fig. 2

proposito in ogni stato membro. Si tratta della Direttiva Europea 2002/91/CE del Parlamento e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico degli edifici che in Italia era stata prevista dalla legge 10/91³ e successivamente da vari decreti attuativi. Gli edifici saranno presto classificati in base al loro consumo energetico in modo analogo a quanto già si fa per gli elettrodomestici. Ad esempio una casa che ha un valore energetico compreso tra 50,4 kWh/m² anno e 62,9 kWh/m² anno sarà classificata di classe D. La classe G contiene tutti quegli edifici che consumano oltre 125,9 kWh/m² anno. Come è già avvenuto per gli elettrodomestici, è facile prevedere che il mercato provvederà a differen-

ziare le valorizzazioni degli edifici anche in base al loro valore energetico.

Norbert Lantschner fin dagli anni '80 studia il problema dell'isolamento termico. Nel 2002 presenta ufficialmente ad un congresso il progetto che battezza “Casaclima”. Si parla di una metodologia volta a ottimizzare l'efficienza energetica di una casa e la possibilità di ottenere la certificazione “casaclima” molto più restrittiva di quella nazionale. Sempre nel 2002 il Comune di Bolzano adotta i principi di casaclima nel regolamento edilizio. Oggi molti comuni adottano le tecnologie suggerite da casaclima e richiedono la sua certificazione.

È stato introdotto anche il termine di “casa passiva” (termine originale tedesco *Passivhaus*) intendendo case che non necessitano di riscaldamento in quanto il calore degli abitanti, del sole irraggiato dalle finestre e quello prodotto dagli elettrodomestici compensano le perdite

³ Norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia

dell'involucro durante la stagione fredda. Per realizzare case passive occorre effettuare sofisticatissimi studi su esposizione solare, coibentazione e sistemi di ventilazione a recupero energetico. In Austria diverrà nel 2015 lo standard prescritto per tutti gli edifici e in alcune regioni già lo è.

1.2.3.1.2 Controllo automatizzato da procedure domotiche

Domotica significa anche introdurre una serie di automatismi che ottimizzino i consumi di energia sia elettrica, ad esempio per l'illuminazione o la gestione delle utenze, sia quella necessaria per il riscaldamento e il condizionamento permettendo sensibili risparmi. Come si vede dalla fig. 3 gran parte dei consumi energetici di un'abitazione sono imputabili proprio al riscaldamento:

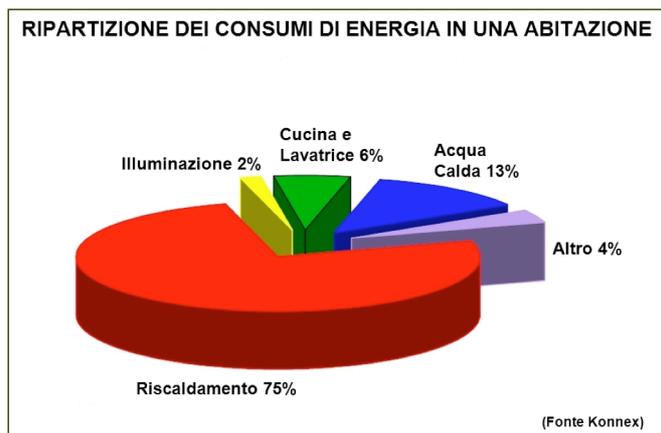


Fig. 3

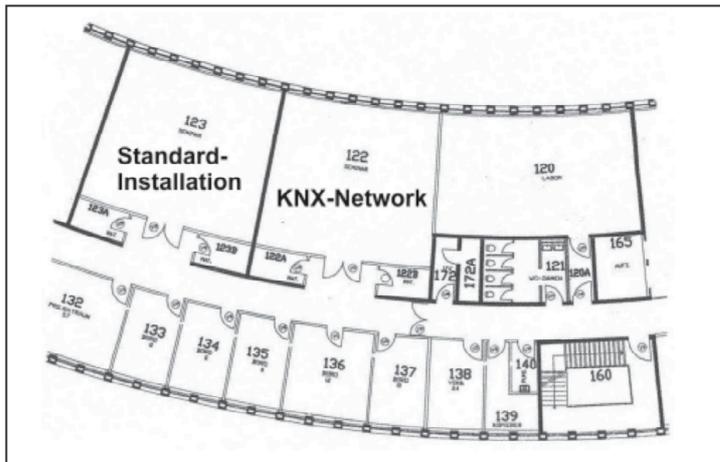
quando ad esempio un'abitazione viene lasciata vuota per poche ore nessuno pensa ad abbassare la temperatura sia per evitare il continuo intervento manuale sul riscaldamento sia per non trovare un ambiente troppo freddo o comunque poco confortevole al ritorno. Un sistema integrato dotato di intelligenza (centralizzata o distribuita) può controllare automaticamente la presenza degli abitanti evitando gli sprechi, con diminuzioni di temperatura in caso di assenza, per poi

ripristinare la temperatura quando si prevede il ritorno degli abitanti basandosi sulle abitudini consolidate. Abitudini che possono essere "imparate" automaticamente dal sistema. Resta comunque la possibilità di poter avvertire "il sistema" con una telefonata (o con un SMS dal cellulare, o ancora tramite Internet) di eventuali rientri anticipati fuori dalla norma. Altro esempio può essere fatto con il consumo dell'acqua calda. Lo scaldabagno può infatti diminuire la temperatura dell'acqua quando sa che il consumo è più improbabile, ed aumentarlo nei momenti critici (alta probabilità di uso di vasche da bagno, docce, ecc.). Per l'utente questa procedura è trasparente perché l'acqua si usa miscelata (intorno ai 32-37) e poco importa se la temperatura nel deposito è 40° o 80°. Quando invece si riempie una vasca da bagno, il prelievo di acqua calda provoca l'ingresso di acqua fredda nel deposito con conseguente diminuzione di temperatura di tutto lo stoccaggio. Se la temperatura di partenza non è sufficientemente alta, si rischia che alla fine non si possa raggiungere la gradazione desiderata.

Con l'introduzione della doppia tariffa dell'energia elettrica (più economica di notte quando c'è minore richiesta) uno scaldabagno "intelligente" può effettuare ancora un risparmio approfittando della tariffa più bassa. La notte riscalda l'acqua a 80° e quando la mattina la useremo probabilmente facendola scendere a 40° gradi lo scaldabagno non si attiverà fino a quando scatta la tariffa bassa.

Altri esempi di risparmio potremmo farli con l'apertura/chiusura di finestre e tapparelle durante il corso della giornata in modo da sfruttare al massimo il calore del sole e favorire l'isolamento nei momenti più freddi (e il contrario nelle stagioni calde in presenza di condizionatori). La possibilità di gestire le automazioni (finestre e tapparelle) in maniera integrata con ad esempio sensori di luminosità, consente inoltre di sfruttare al meglio la luce naturale, con conseguenti risparmi anche nell'illuminazione degli ambienti.

Significativa è la sperimentazione effettuata presso l'Università di Bremen dal 2002 al 2005



descritta nel KNX Journal 1 del 2007. In un edificio dell'Università costruito nel 2002 hanno realizzato due aule identiche, ma una era equipaggiata da sistemi domotici KNX per il controllo del riscaldamento e dell'illuminazione e l'altra invece aveva un moderno sistema di tipo tradizionale. Dopo oltre tre anni hanno potuto osservare che l'energia spesa nell'aula domotica era esattamente metà di quella spesa nell'aula tradizionale. Queste misurazioni vale-

vano sia per quanto riguarda il riscaldamento che per l'illuminazione. Dai grafici riportati nell'articolo si può rilevare che nei momenti di utilizzo l'aula domotica era riscaldata di più dell'altra.

Anche per quanto riguarda l'impiego di sistemi domotici per il risparmio energetico, si può affermare che l'incremento del costo d'installazione rispetto a sistemi tradizionali, viene ammortizzato in pochi anni.

1.2.3.1.3 Altre tecniche per il risparmio energetico: il geotermico

Tra tutte le tecniche di risparmio energetico un accenno va fatto anche per quello che va sotto il nome di geotermia. Sono sistemi che sfruttano le temperature che si trovano a una certa profondità, cioè 100 o 150 metri sotto il livello del terreno. A queste profondità la temperatura si porta alla media delle temperature che si trovano in superficie; ovvero sono calde d'inverno e fredde d'estate. Con un apposito impianto si trasmette questa temperatura media ad un deposito d'acqua. Successivamente si provvede a riscaldare ulteriormente l'acqua in inverno o a raffreddarla in estate. L'acqua quindi può essere utilizzata sia per il riscaldamento/raffreddamento degli ambienti sia come acqua sanitaria.

Per ottimizzare il rendimento del riscaldamento/raffreddamento si devono adottare diffusori a bassa temperatura e molto distribuiti come ad esempio radiatori sotto pavimento molto estesi. Questi infatti hanno temperature di esercizio molto basse, poco più della temperatura alla quale vogliamo portare l'ambiente. In questo modo si minimizza la differenza tra la temperatura alla quale si porta con il geotermico e quella necessaria per il riscaldamento.

Da statistiche su impianti esistenti di questo tipo si può dedurre che il risparmio che si ottiene è intorno all'80%.

1.2.3.2. Energia alternativa

Ultimamente si cominciano a vedere il sorgere di edifici "a bolletta zero", cioè case che operano il risparmio energetico e si producono autonomamente tutta l'energia di cui hanno bisogno per il riscaldamento/raffreddamento, l'acqua sanitaria e l'illuminazione. Questa tendenza è incoraggiata essenzialmente da alcune considerazioni:

- la produzione di energia è stata liberalizzata e non è più delegata solo a società nazionali che ne detengono il monopolio;
- anche se la produzione di energia ottenuta in grandi centrali che utilizzano carburanti fossili (petrolio, carbone, ecc.) o il nucleare è ancora più economica di quella che si può

ottenere con piccoli impianti casalinghi che sfruttano energie “alternative” (pannelli solari, eolico, ecc.), la consapevolezza che i fossili prima dell’esaurimento potranno subire incrementi di prezzo difficilmente controllabili e la considerazione che le grandi centrali inquinano il pianeta, hanno spinto i governi a dare incentivi tali da rendere l’energia alternativa competitiva;

- esistono oggi tecnologie che rendono efficienti anche piccole installazioni di produzione e, con lo sviluppo e la ricerca, questi impianti avranno costi sempre più accessibili;

Ogni giorno il sole ci fornisce una enorme quantità di energia e potendone sfruttare anche solo una minima parte si potrebbe sopperire diverse volte alle necessità di tutto il mondo. I modi più comuni per lo sfruttamento di questa energia sono quelli di dotarsi di pannelli fotovoltaici e per il riscaldamento di acqua. Anche l’energia del vento (eolica) e idroelettrica possono essere dimensionate per realizzare piccoli impianti.

Con gli ultimi sviluppi delle tecnologie domotiche, oggi si può intervenire anche negli impianti di produzione familiare di energia ottimizzandone alcune funzioni.

Combinando le tecnologie di risparmio e di produzione autonoma di energia riusciamo così a renderci più indipendenti eliminando l’inquinamento e aumentando il confort delle nostre abitazioni. Purtroppo la ricerca in queste tecnologie è stata inattiva per molti anni e solo ora sta ricominciando a risvegliare l’interesse. I costi degli impianti sono ancora alti e spesso frenano l’entusiasmo. Non sempre si considera che un investimento iniziale si può ammortizzare in alcuni anni.

1.2.4. Entertainment

Molto importante è il divertimento all'interno delle mura domestiche. Le tecnologie usate per allietare il tempo libero (musica, video, giochi, fotografie, ecc.), si basano su dati digitali e sfruttano una notevole quantità di tecnologia informatica. Ultimamente è stato coniato il nuovo termine "*infotainment*" nato dall'unione di "informatica" e "*entertainment*". Questo termine indica i nuovi dispositivi in grado di integrarsi con preesistenti apparecchi per il divertimento, per offrire nuovi servizi una volta impossibili. Si trovano ad esempio sistemi di storage di musica o di film che possono risiedere in un vano della casa per poi essere utilizzati in qualsiasi ambiente della casa. Collegandosi poi in modo automatico a servizi particolari, messi a disposizione da fornitori specializzati, è possibile rifornire i depositi casalinghi di giochi, musica o film esattamente con i prodotti preferiti.

È inutile fare troppi esempi perché è evidente che una casa che permetta di trasferire audio, video e giochi da una stanza all'altra, di collezionare materiale ludico e di riprodurre qualsiasi cosa dove si vuole accresce moltissimo le possibilità di divertimento e svago.

1.2.5. Controllo remoto

Una certa importanza è rivestita anche dal controllo remoto della propria casa. Con le nuove tecnologie diventa semplice controllare la propria abitazione da lontano, sia per aspetti di sicurezza, sia per comandare azioni come l'accensione del riscaldamento, l'inizio della cottura di un arrosto o l'annaffiatura delle piante. Il controllo può essere fatto utilizzando metodi semplici come il telefono o mezzi più sofisticati e potenti come Internet o Wap. Questi sistemi aprono la possibilità di fornire, anche se non presenti fisicamente, aiuti a persone in difficoltà come anziani, disabili o persone colte da un malore temporaneo.

La domotica concentrando e integrando insieme tutti i controlli della casa rende semplice creare un unico punto di accesso dal quale è possibile gestire di tutte le funzionalità presenti nella casa.

1.2.6. Aperture ai servizi esterni

Alcuni dispositivi, i “*residential gateway*”, che possono essere inclusi in un sistema integrato domotico, facilitano l’accesso a servizi esterni, cioè servizi che possono essere offerti da fornitori specializzati sia per quanto riguarda il divertimento sia per quanto riguarda l’informazione. Collegare un sistema domotico con una rete esterna (per esempio Internet), permette la creazione di innumerevoli nuovi servizi. Ci potremmo immaginare un servizio di tele-diagnosi delle condizioni dei nostri elettrodomestici, una tele-guardiania, un sistema semplice per consultare la programmazione teatrale e cinematografica della città, *video on demand*, orari di treni/navi/aerei, ecc. Alcuni di questi servizi possono anche essere attivati utilizzando le normali procedure di Internet, ma non sempre l’utente è disposto ad accollarsi l’onere di imparare le procedure richieste per usufruire dei servizi. Altri servizi necessitano invece di poter accedere direttamente a sensori installati presso l’abitazione.

Da queste considerazioni ne discende che i *residential gateway* devono avere interfacce semplici ed efficaci. Talvolta devono anche agire senza l’intervento consapevole dell’utente così come viene attivata la rete di processori (denominata in sigla ABS) integrata con il sistema frenante di una automobile, quando l’utente ignaro preme sul pedale del freno.

Altra caratteristica dei *residential gateway* è quella di garantire la sicurezza. La loro installazione, infatti, “apre” una nuova porta che potenzialmente potrebbe permettere a malintenzionati di arrecare danni esattamente come riescono a fare gli *hacker* sui calcolatori collegati ad Internet. La tecnologia attuale però riesce a limitare i rischi e a rendere sicure queste applicazioni.

1.2.7. Maggiore indipendenza (anche per persone con necessità speciali)

Di fondamentale importanza è l’aumento del grado d’indipendenza che può derivare dall’uso delle tecnologie, per abitanti che hanno necessità particolari. L’aumento del Comfort per alcuni, può significare una accresciuta indipendenza per altri. Si parla di persone anziane o di persone disabili. La presenza di controlli automatici e d’interfacce facili da usare, ma al tempo stesso potenti ed efficaci, aumenta la sicurezza e facilita l’esecuzione di talune azioni rendendo possibile una vita autonoma anche in presenza di qualche difficoltà motoria o cognitiva.

Da diversi anni sono stati attivati appositi progetti per studiare ausili per disabili e applicazioni domotiche specifiche. Non di rado applicazioni nate in questi progetti sono poi state utilizzate anche da amanti del Comfort. In ambito europeo sono stati creati appositi filoni di ricerca in questo campo. Possiamo qui citare il programma TIDE (Technology Initiative for Disabled and Elderly people) che è stato attivo per vari anni e ha finanziato moltissime ricerche. Tra queste ricerche possiamo citare la definizione e realizzazione dello standard M3S (Multiple Master Multiple Slave) che permette di connettere le risorse di una sedia a rotelle con un sistema domotico. Successivamente i temi sono stati ripresi dai vari programmi quadro della UE, fino ad arrivare al 7° PQ e all’iniziativa AAL (Ambient Assisted Living)

Maggiore indipendenza può essere ottenuta permettendo un efficace controllo remoto dell’abitazione. Alcuni anni fa, in Norvegia era possibile visitare un villaggio per anziani che vivevano in modo indipendente. Le case però erano dotate di vari accorgimenti domotici ed erano controllabili a distanza. Tutti i possibili pericoli erano stati eliminati. Gli anziani più smemorati potevano utilizzare fornelli, il ferro da stiro e tutti gli apparecchi che potevano costituire un pericolo, solo perché dotati di timer che li spegneva automaticamente dopo un tempo giudicato ragionevole. Le case destinate agli anziani con problemi di equilibrio erano corredate con imbottiture nei punti critici. Una postazione di guardiania era sempre attiva e pronta ad entrare in funzione al minimo segnale di allarme. Molta cura era stata riservata alla privacy e all’indipendenza degli abitanti. Il controllo remoto entrava in funzione solo in caso

di vera necessità o di richiesta esplicita dell'abitante. In certi casi il sistema domotico controllava anche le assenze dal letto troppo prolungate in ore notturne. In questo caso però l'abitante veniva avvertito e poteva annullare l'allarme. Solo in caso di mancata risposta veniva allertata la guardiania.

1.3. Cenni ad alcuni aspetti tecnologici.

La domotica, per raggiungere gli obiettivi fissati, utilizza varie tecnologie dell'informatica, della comunicazione, della robotica e nuove tecniche studiate appositamente. Affinché un sistema domotico sia efficace deve essere facile da usare e sfruttare interfacce amichevoli e intuitive tali da non scoraggiare gli utenti poco avvezzi ad usare la tecnologia. Nella domotica si studiano continuamente nuove soluzioni che non richiedano troppi vincoli di complessi cablaggi; si privilegiano comunicazioni *wireless* (senza fili) specialmente per quei dispositivi che devono essere utilizzati direttamente dall'uomo. I cablaggi sono limitati a impianti fissi che non necessitano di spostamenti, come condizionatori, caldaie, servomeccanismi per l'apertura di porte e cancelli, ecc.

Un sistema domotico deve inoltre essere integrato ed estendere il controllo a tutti i dispositivi presenti nella casa. Sarebbe infatti una forte limitazione costringere chi si è dotato di un sistema domotico, a preoccuparsi di gestire in maniera tradizionale parte dei suoi dispositivi. L'integrazione deve permettere anche ai dispositivi di comunicare tra loro per rendere possibili automatismi che devono scattare anche quando si verificano eventi pericolosi provocati da azioni combinate.

Altra caratteristica di un sistema domotico è quella di facilitare il collegamento con servizi esterni e permettere un'interazione remota. Tutto questo deve essere realizzato con tecnologie più trasparenti possibili per l'utente e a basso costo. Spesso infatti un'automazione troppo spinta spaventa e dà l'impressione che limiti il controllo dei dispositivi da parte dell'utente. Per questo motivo i costruttori tendono a incorporare alcune funzioni domotiche in elettrodomestici o altri dispositivi nascondendole all'utente che potrà godere delle aumentate funzionalità senza esserne intimorito. Le nuove tecnologie e standard che permettono la comunicazione a basso costo tra le apparecchiature domestiche, permettono anche di realizzare maggiore integrazione e controlli automatici più sofisticati ed efficaci.

1.3.1. Interfacce domotiche

Il modo con cui l'uomo interagisce con le macchine è molto importante per una maggiore diffusione dei sistemi automatici e per incoraggiare un uso corretto delle nuove possibilità offerte. Si rischia infatti di creare meccanismi logici complessi che spaventano e che rendono preferibile un controllo meno automatizzato, ma più familiare e conosciuto. Ad esempio aprire un cancello dovendo azionare una complicata combinazione di tasti di un telecomando equivarrebbe ad aprirlo dovendo scegliere la chiave da un mazzo di oltre mille chiavi tutte simili sapendo che solo una di loro può aprire. Infatti le combinazioni di tre tasti di un telecomando con una dozzina di tasti sono 1.320 ($12!/9!=1320$). Lo studio dell'interfaccia deve essere basata su abitudini consolidate di chi deve usarla introducendo poche innovazioni alla volta. Per esempio possiamo analizzare il comportamento davanti a una lavatrice di una casalinga che si aspetta una manopola rotante per la scelta del programma di lavaggio e un pulsante per l'accensione. Inserire un interruttore ruotante per l'accensione e una serie di tasti per la scelta del programma potrebbe contrastare con le abitudini consolidate. D'altra parte una volta i televisori avevano manopole che ruotavano per la scelta dei programmi e per la regolazione del volume. Successivamente si è dovuto passare a tastiere di ridotte dimensioni per questi stessi controlli esigenze costruttive dei telecomandi. Nonostante qualche resistenza iniziale, la collettività si è presto adattata al cambiamento. Le interfacce domotiche sono

ancora oggetto di ricerca e al momento si cerca di far tesoro dell'esperienza maturata con i calcolatori e con Internet integrando norme derivate dalle abitudini consolidate.

Possiamo citare a questo proposito un fatto esplicativo: per anni sono state costruite lavatrici con evoluti controlli elettronici senza che gli acquirenti ne sapessero nulla. L'aspetto esterno di queste macchine era del tutto uguale a quello delle lavatrici elettromeccaniche delle generazioni precedenti: una grossa manopola simulava il vecchio timer meccanico per la scelta dei programmi di lavaggio e vi era la completa assenza di *display*. L'unica differenza consisteva nel fatto che il bucato veniva più pulito con minore consumo di elettricità e di detersivi. Non veniva messo in evidenza nella pubblicità del prodotto che la lavatrice poteva prendere alcune decisioni automatiche, basandosi sul peso della biancheria, sul grado di sporco (rilevato analizzando l'acqua prima e dopo un risciacquo), ecc.

1.3.2. Comunicazioni fisse e mobili – Wireless

Come emerso dalle considerazioni dei precedenti paragrafi la comunicazione tra dispositivi della casa riveste un ruolo fondamentale per la realizzazione di un sistema domotico integrato. Come verrà specificato in maggior dettaglio nel prossimo capitolo, oggi si può scegliere tra innumerevoli tecnologie per la comunicazione sia basate su cablaggi, sia senza l'impiego di fili (wireless). La scelta del tipo di collegamenti è un fattore critico per:

- ottimizzare i costi;
- ridurre al minimo l'uso di onde elettromagnetiche al fine di evitare possibili interferenze e la produzione di inquinamento elettromagnetico;
- semplificare le installazioni e l'interfaccia uomo-macchina;
- raggiungere tutte le parti dell'ambiente da automatizzare.

In linea di massima dovremmo prevedere per le nuove costruzioni cablaggi tali da raggiungere tutta la superficie da trattare. Come già accennato, il costo dell'installazione di un cavo al momento della realizzazione di un edificio è trascurabile rispetto ai costi di costruzione. Se invece vogliamo trattare un edificio esistente dovremo studiare tecniche per sfruttare al meglio i cablaggi presenti anche per la comunicazione domotica (maggiori dettagli sono esposti nel prossimo capitolo). Come ultima risorsa si possono utilizzare le radio-onde che però generano inquinamento elettromagnetico e, in genere, sono meno affidabili (mancanza di campo, interferenze, ecc.). Conviene invece utilizzarle insieme ai raggi infrarossi per l'interfaccia utente. Questa infatti, per comodità, risiede su un dispositivo mobile e non ha un uso così frequente da creare un inquinamento significativo.

1.3.3. Integrazione

Per realizzare sistemi domotici efficienti è necessario estendere il controllo al maggior numero possibile di risorse domestiche creando una integrazione dei dispositivi. Chiariamo questo concetto con un esempio. Una caldaia per il riscaldamento collegata ad un sensore di temperatura è in grado di decidere quando accendersi e spegnersi per rendere confortevole l'ambiente sotto controllo. Se però aggiungiamo altri sensori per altre stanze è possibile gestire il riscaldamento in modo che non si creino zone più calde e più fredde. Aggiungendo ancora un termostato esterno possiamo gestire ancora meglio la temperatura basandoci anche sui cambiamenti del tempo. Tutto questo diventa inutile se qualcuno inavvertitamente dimentica di chiudere le finestre; l'impianto di riscaldamento non è dimensionato per simili evenienze. Dotando il sistema di un controllo per rilevare lo stato delle finestre e delle porte potremo lanciare degli allarmi e disattivare l'impianto evitando inutili sprechi di combustibile. In questo esempio potremmo continuare ad aggiungere controlli (controllo della scorta di carburante, controllo di presenza per ottimizzare i consumi in caso di assenza, ecc.) per

rendere l'impianto di riscaldamento più efficiente. Ma ancora se gli altri elettrodomestici non vengono controllati, potrebbero tutti insieme far saltare il limitatore di energia elettrica provocando così anche il blocco del riscaldamento. Da questo esempio si evince che più esteso è il controllo e più sarà possibile aumentare l'affidabilità e l'efficienza di un sistema domotico. L'integrazione di tutto quello che è presente in una casa permette di controllare lo stato dell'intero sistema ottimizzando le risorse (ad es. evitare un consumo di energia elettrica superiore a quello consentito dal limitatore⁴, utilizzare gli stessi sensori di temperatura sia per il riscaldamento sia per il condizionamento, ecc.)

1.3.4. Reti locali, metropolitane, geografiche e “reti domotiche”

Quando si devono connettere due dispositivi, il tipo di metodologia è molto semplice. Quando invece il numero di dispositivi supera i due, come verrà descritto meglio nel seguito, avremo bisogno di utilizzare meccanismi che individuano esattamente il mittente e il destinatario di un messaggio (indirizzamento), l'infrastruttura adatta alla trasmissione dei dati, ecc.. Si parla cioè di *reti di comunicazione*.

Le reti si distinguono tradizionalmente in:

- Reti BAN (Body Area Network) – reti per collegare dispositivi (solitamente interface e sensori) solidali all'utente;
- Reti personali (PAN – Personal Area Network) – Reti per collegare dispositivi personali;
- Reti locali (LAN – Local Area Network) – Reti dati atte a collegare dispositivi⁵ che risiedono in uno stesso edificio (scuola, ufficio, abitazione, ecc.);
- Reti metropolitane (MAN – Metropolitan Area Network) – Reti dati atte a collegare dispositivi che risiedono in una stessa città con cavi e/o strutture wireless, che attraversano il suolo pubblico, ma non hanno problemi causati da lunghissime distanze;
- Reti geografiche (WAN – Wide area Network) – reti dati che coprono vaste aree di territorio come ad esempio Internet.

A queste tipologie di reti aggiungeremo quella di “rete domotica”. Queste distinzioni sono necessarie per caratterizzare le tecnologie più adatte ad ogni tipo di rete.

Nei precedenti paragrafi abbiamo cercato di far capire che la comunicazione tra dispositivi domestici è necessaria e permette di realizzare sistemi domotici efficienti e funzionali. Partendo da questa affermazione si deduce che è necessaria una rete (domotica) di comunicazione costruita seguendo specifiche esigenze:

- caratteristica di economicità per evitare di scoraggiare gli utenti non particolarmente amanti della tecnologia: una rete molto economica può essere venduta insieme ai dispositivi che deve connettere, caricandone il costo su questi ultimi, senza modificare molto il loro prezzo di acquisto⁶;
- se non si devono gestire apparecchiature audio/video, non serve una grande velocità di trasmissione: vengono trasmessi solo dati rilevati dai sensori e comandi destinati agli attuatori ;
- rete affidabile e sicura: i comandi devono essere eseguiti fornendo una risposta

⁴ Per questo controllo occorre che tutti i dispositivi che utilizzano la corrente elettrica siano collegati e che comunichino il loro consumo. Un controllo non esaustivo, ma comunque funzionale, si può ottenere se si collegano anche i soli elettrodomestici che richiedono molta energia (es. Lavatrici, forni, scaldabagni, stufe elettriche, ecc.)

⁵ Ci si riferisce a calcolatori, stampanti, registratori di cassa, *cache dispenser* (sportelli Bancomat), ecc.

⁶ La rete verrebbe così acquisita da un acquirente inconsapevole, ma contento delle possibilità che aggiunte.

dell'esito di esecuzione e i dati dei sensori devono essere veicolati in tempi ragionevoli e certi.

- rete formata da molti elementi in modo da comprendere la quasi totalità delle risorse domestiche;

Come verrà definito nel seguito, tradizionalmente le reti domotiche si differenziano dalle reti dati per varie caratteristiche che possono essere sintetizzate quindi con: economicità, bassa velocità, affidabilità, sicurezza.

Un famoso esempio che chiarisce questo concetto è illustrato nella letteratura con una piccola storia dove si narra che un signore, assolutamente ignaro della domotica, acquista una radiosveglia. In seguito sente il bisogno di acquistare anche una buona caffettiera. Leggendo le istruzioni si accorge che la radiosveglia può attivare anche la caffettiera senza ulteriori acquisti o particolari collegamenti: fornendo le opportune istruzioni si può programmare una sveglia con caffè e giornaleradio. Successivamente questo signore si dota di uno scaldabagno che comunicando con il contatore della luce riesce a risparmiare sul conto dell'energia elettrica. L'esempio continua fino a che questo signore si dota della migliore rete domotica senza saperlo e ottiene un perfetto sistema, basato su di una rete domotica piuttosto complessa, senza che non abbia mai fatto nulla in modo consapevole per ottenerlo.

1.4. La diffusione della domotica e il mercato

Attualmente la domotica sta progredendo in modo inesorabile, ma ancora non è matura per la diffusione che ci si aspetterebbe. Le case, intese come abitazioni, per il momento sono molto indietro rispetto alle aspettative e alle possibilità offerte dalla tecnologia esistente.

Purtroppo, specialmente in Italia, le abitazioni non adottano ancora una tecnologia paragonabile a quella delle automobili anche se i fornitori di domotica esistono e hanno fatto molti tentativi per introdurla. Vari sono stati i motivi che ne hanno rallentato lo sviluppo; possiamo elencare i principali problemi del recente passato:

- tecnologia non ancora disponibile per coprire tutti gli aspetti della domotica;
- costo dell'elettronica e dell'informatica ancora troppo alto per incoraggiare un utilizzo popolare;
- mancanza di standard di riferimento;
- costruttori che tentavano di introdurre soluzioni proprietarie e incompatibili con le altre sul mercato per escludere la concorrenza;
- innovazione troppo veloce che non trovava un'utenza ben predisposta ad accettarla.

L'utente, in questo contesto, ha reagito accrescendo la propria diffidenza. Oggi però questi problemi sono stati risolti o sono in via di soluzione:

- La tecnologia è disponibile e a buon mercato. Si deve solo scegliere quella più adatta.
- Da una situazione in cui mancavano gli standard, siamo passati ad una situazione in cui ce ne sono troppi senza risolvere il problema. Come vedremo nei prossimi capitoli, anche questo problema si sta risolvendo con sforzi per unificare la normativa e le tecnologie disponibili.
- I costruttori hanno capito che senza un'alleanza non sarebbe stato possibile introdurre nessuna innovazione nel mercato. Hanno quindi costituito varie associazioni per selezionare tutti insieme le regole per costruire i dispositivi domestici della prossima generazione.
- Anche l'utente si è abituato alle nuove tecnologie ed è pronto per un nuovo passo in avanti. Ha faticato ad accettare il forno a microonde, il passaggio dalle musicassette ai

CD musicali, è pronto ad abbandonare le vecchie videocassette VHS a favore dei DVD. Non poteva accettare una evoluzione troppo veloce (rivoluzione). Le premesse per un prossimo successo della domotica quindi ci sono tutte.

1.4.1 Alcune realizzazioni

In Italia, anche se nel campo della domotica non siamo all'avanguardia rispetto a molti paesi europei, sono stati fatti vari tentativi per offrire e promuovere prodotti domotici. Per i motivi sopra esposti alcuni di questi non hanno avuto successo. Oggi però il contesto è diverso.

Pochi anni fa il maggiore fornitore di energia elettrica (all'epoca unico e monopolista) decise di cambiare tutti i contatori elettrici: dal vecchio contatore di Galileo Ferraris⁷ ad un nuovo sistema elettronico, ottenendo quattro vantaggi principali:

- permettere la tele-lettura risparmiando sui costi di lettura "manuale" ed evitando le auto-letture o le letture presunte che producono enormi problemi di legalità e di diverse interpretazioni ai cambi di tariffe;
- permettere una differenziazione delle tariffe tra notturna e diurna inviando remotamente un segnale di sincronia per il cambio tariffa;
- Introdurre un elemento domotico nelle case degli utenti;
- ridurre i consumi del contatore (non addebitabili all'utente);

L'operazione ha interessato circa 27.000.000 di contatori. Questo cambiamento ha avuto non poche critiche, ma poiché non c'era possibilità di scelta tutti si sono adeguati al nuovo contatore. Le maggiori critiche sono dovute al fatto che mentre con i vecchi sistemi il limitatore aveva una certa tolleranza, chi ha installato il nuovo contatore si è attenuto alle regole: bastano pochi minuti di sovraccarico che il contatore interrompe la fornitura. In secondo luogo lo standard domotico utilizzato è uno standard americano che nulla ha a che fare con quelli suggeriti dalla Unione Europea. Ma era quello disponibile e più sperimentato. Alcune aziende hanno progettato sistemi domotici che tenessero conto del nuovo contatore. Descriviamo di seguito alcune delle offerte, non tutte hanno riscosso il successo sperato.

1) Acquisto di lavaggi di biancheria al posto di macchine lava-biancheria.

Partendo dal concetto che l'abitante di una casa acquista una lava-biancheria solo perché è interessato ai lavaggi che questo elettrodomestico esegue, è stato offerto di acquistare direttamente i lavaggi senza essere costretti a pagare l'elettrodomestico che li produce. L'utente riceve gratuitamente l'elettrodomestico e tutto ciò che serve ad eseguire il lavaggio (detersivo ed energia elettrica). Ad ogni lavaggio l'elettrodomestico comunica con il contatore che provvede ad addebitare il costo forfettario del lavaggio e non l'energia necessaria per ottenerlo. Nella successiva bolletta della corrente elettrica l'utente si vedrà addebitato il costo dei lavaggi eseguiti alla tariffa stabilita per contratto (stipulato con chi gli ha fornito gratuitamente l'elettrodomestico ed il detersivo). Il detersivo viene anch'esso spedito gratuitamente per posta ed è compreso nel costo del lavaggio. E' compreso nel prezzo anche il costo della manutenzione della lavatrice: quando il sistema di controllo dell'elettrodomestico diagnostica un pezzo difettoso, lo comunica al contatore e questo lo inoltra al centro assistenza che provvederà ad inviare un tecnico munito di pezzo di ricambio. Potrebbe verificarsi un'evenienza inconsueta. Suona il campanello di casa e si presenta un tale che potrebbe dire:

"Io sono un tecnico incaricato di cambiare il giunto 12 della sua lavatrice che sta per rompersi. Se ha qualche dubbio sulla mia identità preme il tasto arancione della lavatrice che potrà certificare la mia qualifica e il suo bisogno di manutenzione."

⁷ Livorno Vercellese 1847-Torino 1929

2) Un secondo esempio di prodotto è una completa cucina domotica. Partendo dal concetto che quando si decide di cambiare la cucina, spesso si cambiano anche tutti gli elettrodomestici (forno, fornelli, forno a microonde, frigorifero, televisione di cucina, lavastoviglie e lavatrice). L'offerta consiste nel proporre di sostituire tutti questi elettrodomestici con sistemi integrati che comunicano tra loro, ottenendo numerosi benefici. Questi infatti:

- si accorgeranno se i consumi globali di energia elettrica superano quanto ammesso dal contratto di fornitura e si spegneranno in accordo con le priorità stabilite;
- avvertiranno l'utente se si verifica qualche anomalia come il perdurare nel tempo di sportelli aperti di frigorifero, freezer o forno;
- manderanno avvisi scritti sul televisore per avvertire di vivande contenute nel frigorifero vicine alla data di scadenza;
- avvertiranno di eventuali provviste in quantità inferiore alla scorta minima stabilita a priori (sale, zucchero, ecc.);
- terranno sotto controllo eventuali situazioni di pericolo (incendio, fughe di gas, allagamenti, ecc.) e potranno sia avvertire l'utente, sia prendere decisioni atte a eliminare il pericolo (chiudere l'elettrovalvola del gas, azionare il sistema anti incendio, ecc.).

Il sistema prevede l'utilizzo di etichette (RFID) per ogni confezione che viene depositata in frigorifero. Con questo tipo di etichette infatti si può rilevare automaticamente il tipo di vivanda, la data di scadenza, la quantità, ecc. Attualmente però le confezioni in commercio sono etichettate con codici a barre che non espongono tutte le informazioni richieste. Questo implica che ogni volta che si carica il frigo, se vogliamo sfruttare tutte le possibilità, si devono integrare le informazioni mancanti con una tastiera. La limitazione di praticità è notevole, ma comunque è un buon esempio di uso della domotica.

3) Come terzo esempio citiamo il sistema che permette di gestire completamente la casa dall'esterno sia utilizzando una postazione Internet, sia utilizzando un telefono o un video telefono. Questo prevede l'uso di telecamere e di sensori che possono essere attivati da postazioni remote per accrescere il controllo della casa.

Gli standard disponibili fino a pochi anni addietro non permettevano una vera interoperabilità, cioè il poter scegliere un componente del sistema domotico in completa libertà senza doversi preoccupare del marchio del costruttore.

A questo scopo è nata l'associazione dei costruttori europei (CECED) che sta lavorando per uniformare gli standard degli elettrodomestici e unire gli sforzi necessari per conseguire il successo. Anche lo standard europeo Konnex ha permesso di unire lo sforzo di molti costruttori per contribuire ad aumentare una grande offerta di componenti per un unico sistema.

Nel Laboratorio di Domotica del CNR di Pisa, sono in corso ricerche che mirano a superare questi ostacoli, introducendo nuove soluzioni per l'interoperabilità.

2. Gli elementi base della domotica

Per automatizzare correttamente una casa occorre integrare quanto più possibile tutti i dispositivi che vogliamo includere e utilizzare componenti “intelligenti”. Tutti gli elementi devono far parte di un unico sistema in cui ogni componente viene gestito in accordo con gli altri e tenendo conto degli eventi e delle presenze dell’abitazione. Ogni parte del sistema deve quindi essere in grado di scambiare dati sia per fornire informazioni, sia per ricevere comandi ai quali dare un’esecuzione. Con il termine “*trasduttore*” possiamo indicare un dispositivo in grado di scambiare dati. A sua volta i trasduttori si distinguono in “*sensori*” e “*attuatori*”. I sensori sono quei dispositivi in grado di rilevare alcuni fenomeni (presenza di persone, fughe di gas, temperatura, ecc.) e trasmettere un segnale che indichi le caratteristiche del fenomeno analizzato. Il sistema di automazione nel suo insieme deve essere in grado di analizzare i segnali che vengono dai sensori e creare un modello di comportamento in base al quale verranno prese opportune decisioni. Ad esempio se si rileva una presenza anomala di gas si deve dedurre che da qualche parte c’è una perdita e deve essere intrapresa l’azione di attivare l’elettrovalvola centrale, per interrompere l’erogazione del gas, accompagnata dall’apertura delle finestre. All’esecuzione dei comandi provvedono gli “*attuatori*”. Questi sono quindi dispositivi come l’elettrovalvola del gas e dell’acqua, il servomeccanismo che apre/chiude una finestra, ecc.

L’intelligenza utilizzata per analizzare i segnali dei sensori e quella necessaria per organizzare le reazioni in un sistema domotico, è normalmente distribuita. Raramente ci si affida a sistemi “*general purpose*” adatti cioè a risolvere tutti i problemi dell’informatica moderna. La loro complessità li rende fragili: un blocco del sistema, una schermata “blu” o un “*Restart*” potrebbero compromettere la tempestività in un’emergenza e provocare danni incalcolabili. Per questo si preferiscono componenti distribuiti che incorporano l’intelligenza (microcontrollori specializzati) necessaria per “capire” le situazioni nelle quali sono coinvolti e quando devono intervenire. Un sistema “*general purpose*” potrebbe invece servire per fare da supervisore: come un’interfaccia con l’utente o come sistema che permetta la comunicazione con l’esterno.

Per permettere lo scambio di dati e ottenere funzionalità domotiche integrando le varie funzionalità occorre quindi creare una rete di comunicazione. Anche nei casi in cui non abbiamo a che fare con comunicazioni sonore o video, i dati rilevati dai sensori spesso si riducono a poche cifre e i comandi destinati agli attuatori sono brevi e semplici. Non occorre perciò in genere utilizzare mezzi di collegamento troppo sofisticati.

Le considerazioni che facciamo in questo capitolo non prevederanno la trattazione dei sistemi multimediali, che verrà affrontata separatamente in seguito.

Quando si costruiscono nuove case (o edifici) conviene prevedere anche i cablaggi necessari per l’integrazione di tutti i dispositivi che si intendono integrare. Nei progetti edilizi oggi si considerano:

- Rete elettrica (prese, luci e interruttori)
- Rete telefonica
- Rete antenna TV terrestre (analogica e digitale)
- Rete idrica (acqua calda e fredda)
- Rete fognaria (acque bianche e scure)
- Rete del sistema di allarme
- Rete antenna TV satellitare
- Rete per la diffusione della musica
- Rete locale (calcolatori)

Molte di queste reti sono rese obbligatorie dalla legge. Prevedere, in fase di progettazione edilizia, anche una rete domotica incide sui costi complessivi in maniera trascurabile. Perciò,

quando si tratta di una nuova costruzione o di una pesante ristrutturazione, conviene prevedere anche il progetto per i collegamenti domotici cablati. Quando invece si deve agire su case già costruite si possono studiare collegamenti senza fili o compromessi tra reti cablate e reti wireless utilizzando le tecnologie che saranno presentate nel seguito.

Integrare tutte le risorse di casa semplifica il loro utilizzo ed evita molti errori di gestione. Un



buon sistema infatti, segnalerà quando per errore accendiamo contemporaneamente condizionatore e riscaldamento e si preoccuperà che le finestre siano chiuse oppure quando nella stessa stanza avviamo la riproduzione di un brano musicale insieme con la televisione. Le nostre case finalmente saranno liberate da innumerevoli telecomandi: un'unica interfaccia amichevole ci guiderà e ci permetterà di regolare tutti i dispositivi nel migliore dei modi. L'interfaccia potrà usare tasti di forme adatte, la voce sintetica, il riconoscimento vocale,

varie spie luminose o tanti altri mezzi di comunicazione a secondo delle situazioni, dei gusti e delle esigenze dell'utente.

Aggiungere controlli che siano collegati a tutti i dispositivi della casa e collegamenti tra tutti i sensori e attuatori, appesantirebbe enormemente il groviglio di fili della casa con conseguente aumento dei costi. Per evitare ciò, sono stati introdotti i "bus" che permettono semplificazioni agli impianti, aumento dell'affidabilità (riducendo il numero dei cablaggi) e minori costi.

2.1. Caratteristiche e requisiti di un sistema domotico

Per sistema domotico⁸ si intende un insieme integrato di dispositivi eterogenei in grado di permettere la comunicazione e dotato, nel suo insieme, di capacità tali da elaborare, memorizzare e gestire (al meglio) i dati che vengono scambiati all'interno della casa.

Dicendo eterogeneo, si intende affermare che i dispositivi devono avere scopi e funzioni diverse. Questa definizione non è rigorosa, la useremo solo per dare un'idea più precisa dei sistemi domotici che intendiamo trattare e per evidenziarne alcune caratteristiche:

- i dispositivi di un sistema domotico devono essere in grado di comunicare tra loro, ognuno con la parte che gli compete (ad esempio un sensore di temperatura deve comunicare la temperatura, il frigorifero deve comunicare il suo stato: se ha il motore attivo o se ha uno sportello aperto, ecc.);
- il fatto che i dispositivi debbano essere eterogenei indica che un televisore insieme al telecomando del televisore non è un sistema domotico in quanto i due componenti hanno ambedue la funzione di permettere la visione di programmi televisivi. Allo stesso modo un sistema di allarme che fa comunicare i suoi sensori con una centralina non è un sistema domotico.
- I dispositivi si devono integrare e devono avere la capacità di elaborare utilizzare le informazioni scambiate. Un sistema di allarme che oltre a rilevare le intrusioni di

⁸ Nella letteratura inglese un sistema domotico è indicato con il termine "Home networking". Noi preferiamo parlare di sistema domotico e di rete domotica. La rete la consideriamo una componente del sistema.

maleintenzionati, rileva anche le perdite di gas, lo sportello del frigorifero lasciato aperto per errore, gli incendi e altri pericoli della casa può essere considerato un sistema domotico;

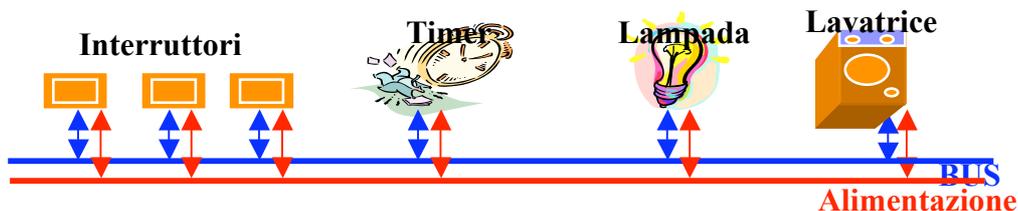
Occorre quindi che i dispositivi siano dotati di una “intelligenza” specifica per le loro funzioni e che esista una rete di comunicazione per farli colloquiare.

I sistemi domotici inoltre, devono rispondere a valide caratteristiche di sicurezza, di certezza delle informazioni fornite e di robustezza. Le funzioni critiche di un sistema domotico non devono essere messe a rischio da eventi avversi di ragionevole gravità. Il sistema di sicurezza ad esempio non deve smettere di funzionare se si verifica una interruzione dell’energia elettrica, un piccolo incendio, un allagamento o il taglio dei fili del telefono. Tutti eventi molto probabili in caso di un tentato furto o di un inizio di incendio.

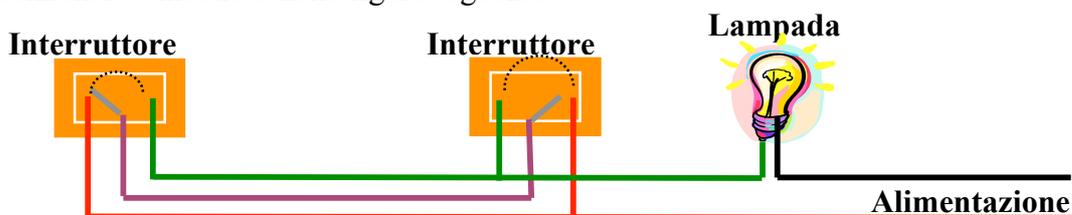
Inoltre per rendere il sistema “robusto” e “affidabile” si deve evitare di assegnare compiti fondamentali a calcolatori di tipo “*general purpose*” che potrebbero andare in blocco e richiedere un “*restart*”. E’ preferibile utilizzare tanti microprocessori specializzati in una specifica funzione: la probabilità che vadano in blocco è assai minore e la probabilità di malfunzionamento contemporaneo di più microprocessori è ancora minore.

2.2. Il sistema a bus

Si definisce bus domotico un sistema unico di comunicazione separato⁹ dalla linea di alimentazione, che opera a bassa tensione sul quale sono collegati in parallelo tutti i dispositivi. Questo significa che il bus consiste in un mezzo fisico che permette la comunicazione tra tutti i dispositivi, trasferendo i comandi agli attuatori e i dati rilevati dai sensori.

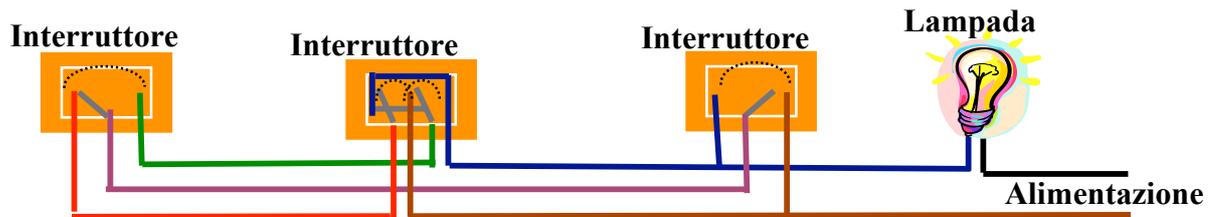


Utilizzando il bus ogni dispositivo può inviare e ricevere comandi e dati per e da tutti gli altri. In molti sistemi domotici, la quantità di dati che viene scambiata è relativamente bassa e anche in impianti abbastanza complessi, gli intervalli di tempo in cui non viene trasmesso nessun dato sono piuttosto frequenti. Anche nei casi in cui ogni dispositivo può trasmettere solo quando il bus è “libero”, i ritardi causati dall’attesa di momenti opportuni per la trasmissione sono irrilevanti. Per chiarire meglio le semplificazioni che possono derivare dall’introduzione di un bus facciamo alcuni esempi. Nel primo esempio consideriamo una lampada che deve essere accesa da due distinti interruttori. La realizzazione di un impianto tradizionale è mostrato nella figura seguente.

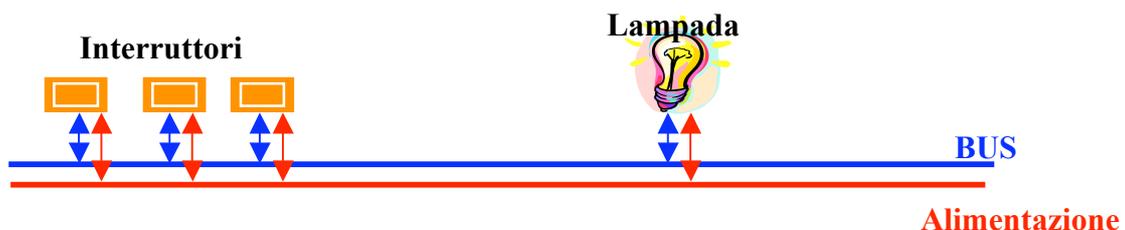


⁹ Per separazione si intende una separazione logica. Nel seguito verranno presentati casi in cui l’alimentazione utilizza gli stessi cablaggi del bus anche in questo caso le due funzioni saranno separate pur condividendo il mezzo su cui “viaggiano”.

I rettangoli indicati come “interruttore” in realtà sono di tipo speciale, chiamati “deviatore” dagli specialisti. Mentre all’esterno si presentano esattamente come tutti gli altri interruttori, all’interno hanno un meccanismo che in una posizione connette il filo centrale con un laterale e nell’altra posizione connette il centrale con il laterale opposto. Se gli interruttori diventano tre il circuito si complica ulteriormente. Al centro dei due deviatori occorre inserire un meccanismo ancora più complesso detto doppio deviatore. Questo infatti, nonostante che dall’esterno sia del tutto uguale agli altri interruttori, deve essere in grado di scambiare i fili laterali. Mentre i deviatori si collegano a tre fili, il doppio deviatore si collega a quattro fili. Come risulta evidente dalla figura che segue il doppio deviatore¹⁰ è un oggetto molto più complicato.



Nella figura che segue si possono vedere i circuiti precedenti realizzati con un sistema a bus.



Ecco quindi che anche considerando che in quest’ultima figura ogni linea (linea del bus e dell’alimentazione) in realtà rappresenta una coppia di fili, il circuito risulta più semplice da realizzare.

Si potrebbero considerare circuiti più complessi dove per taluni eventi si devono accendere tutte le luci (ad esempio in caso d’intrusione) mentre in altri casi si deve accendere solo un gruppo di luci e comunque ogni luce deve essere controllabile singolarmente. Si può tranquillamente affermare che senza l’utilizzo del bus le complicazioni potrebbero diventare troppo elevate e in alcuni casi impossibili, soprattutto se abbiamo a che fare con impianti ben più complessi del semplice sistema d’illuminazione. La soluzione a bus offre un altro enorme vantaggio: si possono apportare modifiche ad un impianto con estrema semplicità. Immaginiamo infatti di voler aggiungere un sensore di temperatura per migliorare la gestione del riscaldamento di alcune parti di un appartamento. In questo caso non deve essere creata una nuova linea tra il sensore e la caldaia, ma basterà collegare il sensore al bus. Lo stesso concetto si ritrova anche se per esempio vogliamo modificare l’accensione di un gruppo di luci che “dipende” da un interruttore.

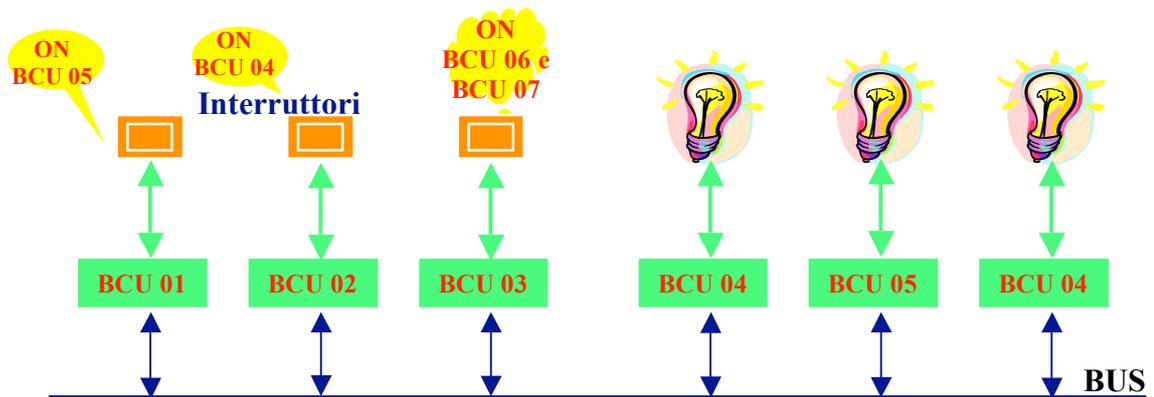
La storia del bus iniziò negli anni ’60 con lo sviluppo dei primi calcolatori. Il sistema a bus fu inventato per connettere tra loro i diversi componenti interni dei calcolatori e successivamente si cominciarono ad usare bus esterni per collegare tra loro vari calcolatori. Con l’avanzare della tecnologia, della progressiva miniaturizzazione dei componenti e con l’avvento dei personal computer, l’utenza cominciò a richiedere l’introduzione di bus standard non legati cioè al singolo costruttore. Molti dei principali fornitori, non recepirono questa esigenza, ma

¹⁰ Il doppio deviatore di figura collega il filo rosso con quello blu e quello verde con quello marrone. Se si scambia la posizione i collegamenti diventano: Rosso con marrone e verde con blu.

dall'alto della mole delle loro vendite, cercarono di imporre la loro tecnologia proprietaria, per escludere gran parte della concorrenza. Oggi esistono molte tecnologie basate sui bus sia proprietarie sia aperte. I bus si stanno specializzando in diverse aree; per esempio, un bus adatto al trasporto di dati all'interno di un computer ha esigenze molto diverse da quelle di un bus domotico (estrema velocità nel primo ed estrema economicità nel secondo). In alcuni casi potrà essere richiesta una portata di chilometri, mentre in altre situazioni possono essere necessari solo trasferimenti di dati di pochi metri.

2.2.1. Il Bus Coupling Unit (BCU)

Ogni dispositivo collegato al bus deve contenere l'“intelligenza” necessaria per “capire” l'informazione che transita, ed essere in grado di trasmettere i propri dati quando il bus è libero (*idle*). Esistono vari tipi di regole standard per la realizzazione di bus e le tecniche utilizzate possono variare molto, ma in ogni caso ogni dispositivo collegato deve avere una parte dedicata alla ricezione e una alla trasmissione. L'unità che si occupa di questo viene indicata con il nome di “Bus Coupling Unit” (BCU). Quindi ogni dispositivo collegato al bus deve essere interfacciato da un dispositivo elettronico, la BCU, che interpreta i dati presenti nel bus e li traduce in segnali interpretabili dal dispositivo e viceversa. Ogni BCU si attiva quando è interessata direttamente dall'informazione che transita nel bus e quando invece l'informazione è diretta a una diversa BCU, essa ignora il messaggio. Per identificare la destinazione e la provenienza dei messaggi, le BCU vengono associate ad un indirizzo (non necessariamente univoco). I meccanismi di indirizzamento differiscono tra i vari standard. Per chiarire meglio i compiti delle BCU esaminiamo il seguente esempio.



Ogni interruttore è predisposto per inviare un messaggio che può essere facilmente modificato dall'installatore. In genere si evita di dare questa possibilità anche all'utente finale per non caricarlo di compiti troppo complicati.

Quando si aziona l'interruttore 01, viene spedito il comando “ON BCU 05” e si accende la lampada centrale. Naturalmente se la lampada centrale è già ON, l'interruttore dovrebbe inviare il segnale di “OFF BCU 05”¹¹. Un doppio comando di ON non avrebbe nessun effetto. Analogamente quando si aziona l'interruttore 02, viene spedito il comando “ON BCU 04” e si accendono le due lampade laterali.

Il terzo interruttore non ha nessun effetto sulle lampade. Se nell'impianto non esistono dispositivi con indirizzo 06 e 07, potrebbe essere modificata la predisposizione del terzo interruttore e impostato per spedire il comando “ON BCU 04 e BCU 05”.

¹¹ ON sta per “acceso” e OFF sta per “spento”. Un installatore toscano spiegava che “ON” è l'abbreviazione di “hONcominciato” e OFF invece lo è di “hOFFfinito”.

Nei sistemi più completi le BCU 04 e 05 ogni volta che eseguono un ordine spediscono anche un messaggio che certifica l'avvenuta esecuzione. L'interruttore interessato potrebbe essere predisposto per inviare di nuovo il messaggio dopo qualche istante in caso di mancata risposta o di risposta negativa. In caso di risposta positiva l'interruttore potrebbe segnalare l'avvenuta accensione magari accendendo una spia.

Normalmente le BCU sono anche in grado di rispondere a interrogazioni sul loro stato. Ad esempio se un dispositivo ha necessità di conoscere lo stato della lampada "connessa con la "BCU 5", esso potrebbe inviare una richiesta del tipo: "Stato BCU 5?" e ricevere la risposta: "BCU 5 ON".

I messaggi che viaggiano nel bus sono in effetti piccoli pacchetti di informazione che nella letteratura specializzata vengono citati con il nome di "telegrammi", "messaggi" o "trame". Questi possono essere distinti in:

- Comandi da eseguire
- Segnali di stato
- Segnali per il riconoscimento di dispositivi
- Segnali di allarme
- Segnali di conferma di azioni eseguite (o non)
- Interrogazioni (di stato o altro)
-

2.3. I mezzi trasmissivi

Come è stato già accennato, quando si realizza un bus per una casa in costruzione conviene prevedere la messa in opera di un cavo che raggiunge tutte le postazioni della casa dove si pensa di poter collocare dispositivi da controllare. Il cavo può anche essere un semplice cavo bipolare detto "doppino" telefonico in grado di trasmettere messaggi per il controllo domotico. Se però prevediamo di trasmettere attraverso il bus anche musica e video, occorre in genere prevedere un cavo più "sostanzioso" come il cavo coassiale o una fibra ottica. In genere infatti i cavi coassiali e le fibre ottiche sono in grado di trasmettere informazioni a maggiore velocità anche se, in questi ultimi tempi, la tecnologia dei doppini si è fortemente sviluppata fino a rendere nella gran parte dei casi preferibile il doppino sia per ragioni economiche che di maneggevolezza e semplicità di installazione.

In caso di case già costruite e non predisposte per un impianto domotico, si possono scegliere altri mezzi che non comportano l'aggiunta di fili agli impianti esistenti. In alcuni testi si parla di bus solo se realizzato con un cavo classico, noi invece parleremo di bus indipendentemente dal mezzo trasmissivo adottato, in quanto le tecniche del bus sono logicamente identiche e non dipendono dal tipo di trasmissione. Di seguito elenchiamo i mezzi più classici adottati per realizzare un bus:

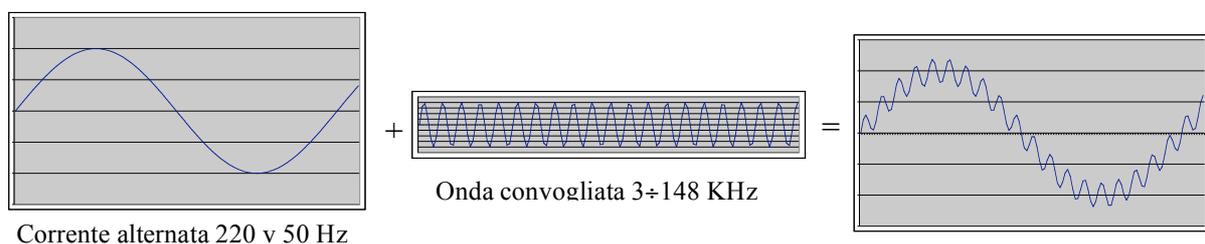
- Onde convogliate (PL - Power Line) onde trasmesse attraverso la rete elettrica 220 volt
- Doppino in rame (TP - Twisted pair) cavo bipolare intrecciato
- Cavo coassiale (CX - Coaxial cable)
- Fibra ottica (OF - Optical fiber)
- Radio Frequenza (RF - Radio frequency)
- Raggi Infrarossi (IR - Infra Red)

Le caratteristiche di ogni mezzo possono variare a seconda degli standard e delle tecnologie utilizzate. Prima di prendere in esame gli standard esistenti possiamo analizzare le differenze fondamentali tra i vari mezzi di comunicazione. Accenneremo nel seguito di questo capitolo agli standard nati per esigenze diverse, ma che possono essere adottati anche dalle tecnologie domotiche, rimandando all'apposito capitolo sugli standard, quelle tecnologie progettate esclusivamente per la domotica.

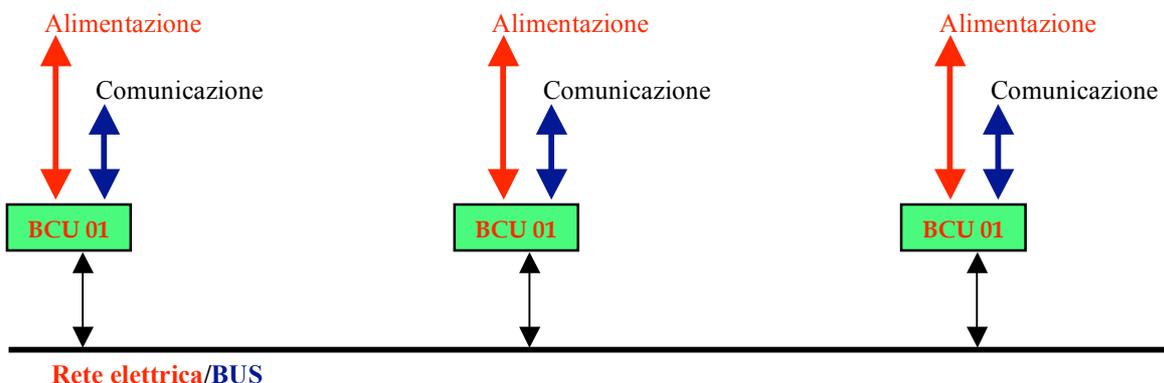
2.3.1. Le onde convogliate (Power Line – PL)

Per non aggiungere cablaggi in una casa e per evitare la circolazione di un'elevata quantità di onde elettromagnetiche si è pensato di sfruttare i cavi esistenti dell'energia elettrica per trasmettere anche i messaggi del bus. Ricordando la definizione di bus data al paragrafo 2.1, dove si definisce il "bus domotico come sistema unico di comunicazione separato dalla linea di alimentazione...", si può asserire che il bus logicamente rimane separato dalla alimentazione elettrica anche se condivide lo stesso cavo.

Come funziona la tecnica di trasmissione delle onde convogliate? Si utilizzano i cavi della rete che distribuisce l'alimentazione elettrica (in Europa corrente alternata 220 volt - 50 Hz) alla quale si aggiunge un basso voltaggio modulato (da 3 a 148 KHz) che non influisce in modo significativo sulla potenza distribuita. Possiamo dedurre (ricordando Fourier) che la somma di due onde crea un'unica onda influenzata da quelle di origine. Nella figura che segue viene mostrato il principio di funzionamento¹²:



Poiché le onde convogliate viaggiano nello stesso cavo che porta l'alimentazione elettrica, le BCU dovranno essere equipaggiate di una componente elettronica che separa la comunicazione del BUS dall'alimentazione 220 volt.



Le frequenze sono state regolamentate dal Comitato Europeo per la Standardizzazione Elettrotecnica CENELEC (Documento EN50065-1) e per i paesi membri del CENELEC è obbligatorio rispettare la normativa emessa.

Si trovano nel mercato dispositivi non conformi che possono creare interferenze e quindi impedire la comunicazione dei prodotti conformi. I regolamenti FCC (ente americano analogo al CENELEC) infatti, permettono l'utilizzo di bande più ampie (fino a 450 KHz) che però possono interferire con le trasmissioni radio sulle onde lunghe.

In ambito europeo la maggiore limitazione è dovuta all'ampiezza della banda ammessa dalla normativa. Le velocità che si raggiungono sono dell'ordine di qualche Kbps (Kilo bit per secondo - da distinguere dai Bauds): da 1,2 a 5,4 Kbps. Velocità superiori sono tecnicamente raggiungibili, ma non permesse dalle norme. Comunque, per la gestione di comandi non si

¹² Le proporzioni in figura non sono state rispettate per mettere in evidenza l'onda frastagliata risultante. Rispettando le proporzioni l'onda risultante non si distingue visivamente da quella di partenza. I dispositivi che utilizzano solo l'alimentazione non vengono disturbati dall'aggiunta del segnale che è trascurabile.

sente la necessità di velocità superiori se si esclude, come già detto, la trasmissione di audio/video.

Frequenza	Usabilità	Destinazione
3 - 95 KHz	Freq. Riservata	Fornitori energia elettrica
95 - 125 KHz	Accesso libero	Sistemi domotici
125 - 140 KHz	Accesso regolamentato CENELEC	Sistemi domotici
140 -148,5 KHz	Freq. Riservata	Allarmi Sicurezze

Quando si decide di usare un bus PL dovremmo considerare anche che:

- Non è garantito che le trasmissioni PL superino il confine del contatore della corrente elettrica (ma potrebbero)
- Quando si utilizza energia elettrica con varie fasi (es. Trifase) o si usa una fase per una zona e una diversa per un'altra zona si incontrano problemi che però possono essere risolti con appositi dispositivi (*Phase couplers*)
- Possono transitare disturbi o segnali spuri (meglio mettere un filtro subito dopo il contatore)
- Possono attenuarsi su grandi distanze (necessità di un ripetitore)

Riassumendo possiamo concludere che questo tipo di tecnologia permette di:

- Evitare cablaggi aggiuntivi (tutte le case posseggono una rete elettrica);
- Evitare inquinamento da onde radio;
- Raggiungere tutte le parti della casa dove esistono dispositivi elettrici, senza aggiunte di cablaggi o modifiche agli impianti esistenti.

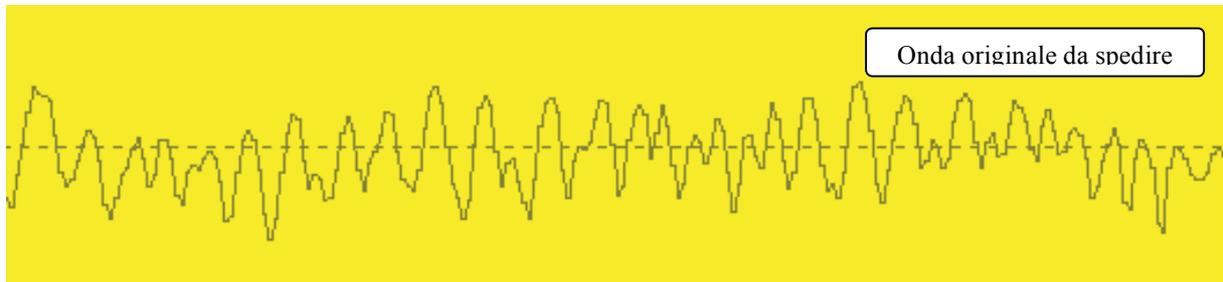
I bus a onde convogliate sono diffusi essenzialmente perché sono in genere economici, efficaci e possono essere installati facilmente anche dall'utente. Di contro le velocità di trasmissione sono limitate a causa delle basse frequenze utilizzate e talvolta, se le forme d'onda dell'alimentazione è irregolare, si potrebbero verificare delle criticità.

2.3.2. Il cavo bipolare intrecciato - doppino telefonico (*Twisted Pair - TP*)

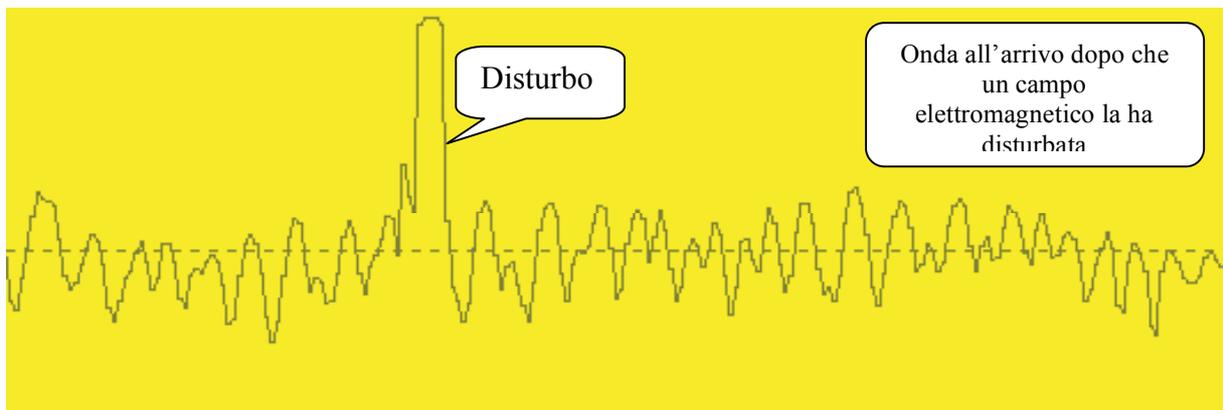
Il "doppino" (cavo bipolare intrecciato), come viene denominato nel gergo degli esperti, è il mezzo più semplice per comunicare. Anche questo mezzo di comunicazione non è indenne da problemi che si incontrano nei collegamenti a lunga distanza, dovuti alla resistenza e ai disturbi elettromagnetici. La resistenza del cavo può essere ridotta semplicemente aumentando la sezione del filo, ma per la praticità di un filo sottile e per il costo del rame non si può superare certi limiti. Si tende quindi a utilizzare tensioni opportune e forme d'onda che rendano trascurabile il decadimento del segnale. I disturbi elettromagnetici si attenuano intrecciando i fili, ma se si devono attraversare zone particolarmente disturbate da onde elettromagnetiche o da campi magnetici la probabilità



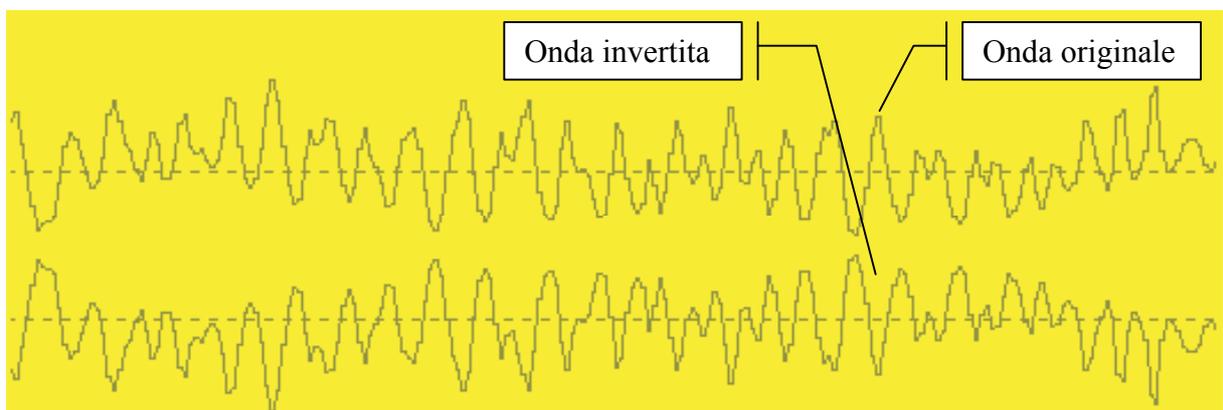
di avere segnali distorti diviene non trascurabile. Questa probabilità inoltre aumenta all'aumentare della lunghezza del filo. In alcune applicazioni si è pensato di utilizzare un terzo filo che trasporti il segnale invertito che con una tecnica piuttosto semplice, permette di bilanciarlo. Per spiegare questo semplice meccanismo immaginiamo di avere l'onda della figura seguente da trasportare con un doppino.



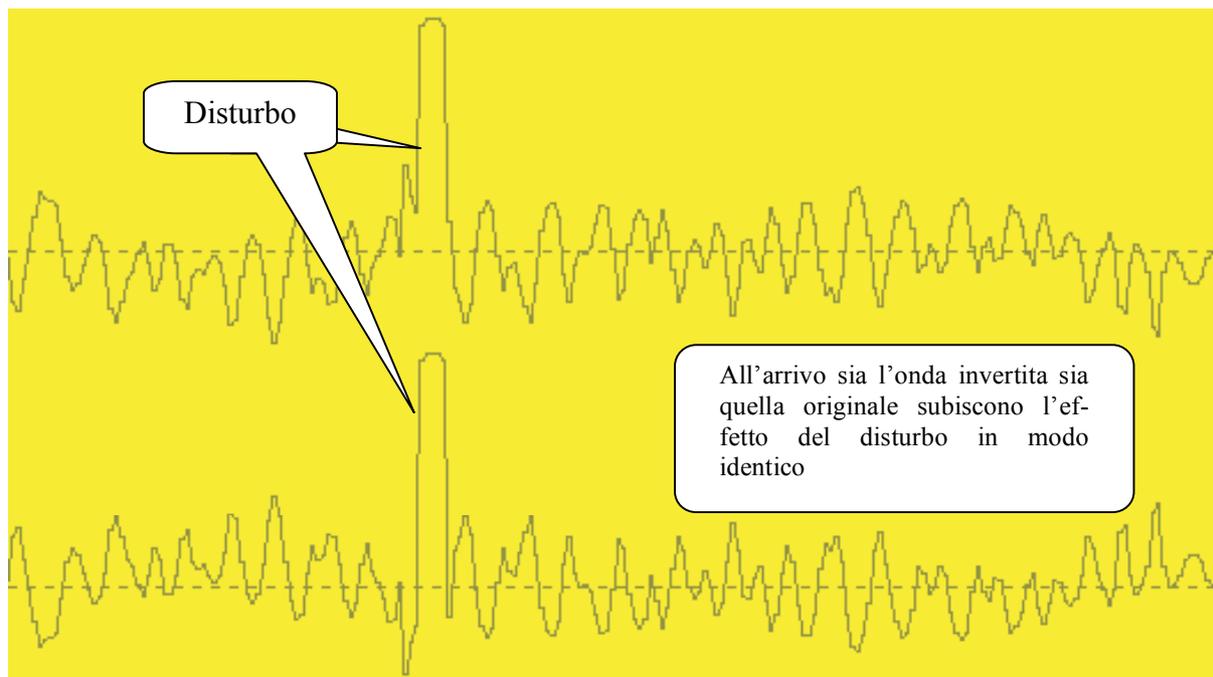
Immaginiamo anche che il cavo che la trasporta riceva un disturbo elettromagnetico che modifica l'onda e all'arrivo l'onda originale arrivi modificata come mostrato nella seguente figura.



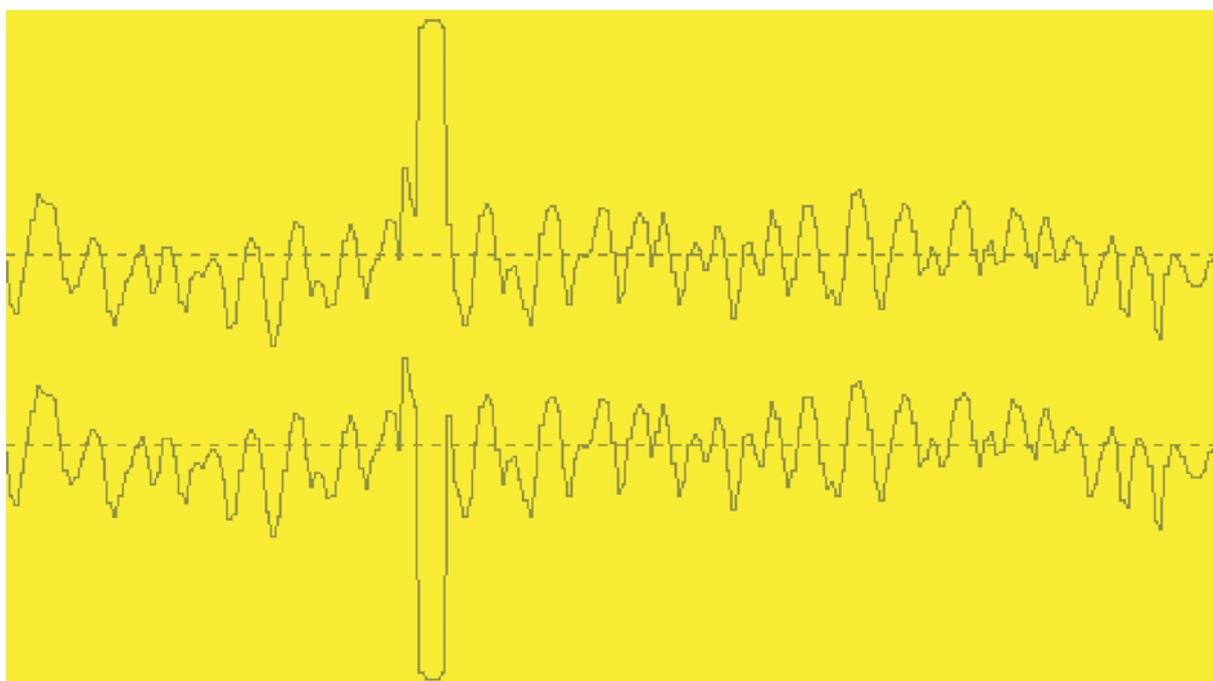
Se noi invertiamo l'onda originale da spedire con un apposito circuito elettronico, otteniamo due onde simmetriche come mostrato in figura.



Se spediamo con tre fili sia l'onda originale sia l'onda invertita otteniamo all'arrivo ambedue le onde con identici disturbi (dello stesso segno) come mostrato nella figura successiva. Infatti il disturbo influenza allo stesso modo le due onde con errori dello stesso segno.



A questo punto è sufficiente invertire di nuovo l'onda disturbata (che era stata invertita alla partenza) e sovrapporre le due onde: mentre tutti i punti dell'onda non disturbati coincidono, il disturbo sarà presente sia normale sia invertito (con segno opposto) come mostrato nella figura che segue.



La risultante delle due onde sovrapposte, quella originale e quella invertita, trasportata e invertita due volte, coincidono perfettamente, ma i disturbi essendo di segno opposto si annulleranno automaticamente.

Con tecniche più sofisticate si riesce a sfruttare principi analoghi trasmettendo un segnale doppio in modo sfasato sullo stesso filo.

Questa semplice tecnica viene utilizzata in modo particolare quando serve trasmettere un segnale analogico con una certa qualità¹³. Poiché con questo sistema si diminuisce molto la probabilità di distorsione del segnale da trasportare (probabilità che come già detto aumenta con la lunghezza del filo), si possono aumentare le distanze tra ricevitore e trasmettitore. Quando si trasporta un segnale digitale si utilizzano anche altre tecniche. Si suddividono le stringhe di bit da trasmettere in pacchetti. Ad ogni pacchetto si aggiungono alcuni bit di controllo. Ad esempio inserendo un bit di parità che vale 0 se la somma di bit del pacchetto è un numero pari e vale 1 se dispari. All'arrivo se si è trasmesso un bit errato il bit di parità indicherà una incongruenza rendendo palese che la stringa arrivata non è corretta. Purtroppo però se gli errori sono due (o comunque un numero pari di errori) il bit di parità non segnalerà nessun errore. Esistono vari metodi per il controllo automatico dell'integrità dei dati che introducendo più bit di controllo danno una ragionevole certezza di poter rilevare se il pacchetto è arrivato a destinazione integro e, in caso contrario, danno la possibilità di stabilire dove correggere. Combinando le due tecniche si riesce a coprire notevoli distanze anche con doppini abbastanza sottili.

Quando un segnale digitale è veramente troppo disturbato il ricevitore normalmente manda un segnale al trasmettitore con la richiesta di ritrasmettere tutto il messaggio ("Come hai detto?"). In questo caso si ha però un rallentamento della velocità di trasmissione.

I disturbi sono causati da campi elettromagnetici esterni. Anche la qualità del cavo utilizzato¹⁴, oltre che il tipo di segnale inviato, influisce sulla qualità del segnale in arrivo.

Le tecnologie del doppino telefonico si sono evolute in questi ultimi anni e sono state classificate e definite come standard da ANSI/EIA. Sono stati cioè descritti i sistemi di cablaggio (cavi, giunzioni, connettori, ecc.). Per i cavi utilizzati nelle reti locali sono state definite 7 categorie e i relativi Mbps (Mega bit per secondo) massimi raggiungibili:

Categoria	Velocità massima di trasmissione	Alcune applicazioni
CAT 1	1 Mbps	Linee telefoniche analogiche e digitali (POTS – ISDN)
CAT 2	4 Mbps	IBM Cabling System for Token Ring networks
CAT 3	16 Mbps	Ethernet 10Base-T (reti locali - voce e dati)
CAT 4	20 Mbps	IBM Token Ring 16 Mbps
CAT 5	100 Mbps	155 Mbps ATM – Gigabit Ethernet (4 coppie 1000 Mbps)
CAT 6	400 Mbps	(standard proposto)
CAT 7	6-700 Mbps	(standard proposto)

Per le reti domotiche normalmente si utilizzano cavi di categoria 5, ma non se ne sfruttano tutte le potenzialità così da rendere trasmettitori e ricevitori più economici.

In alcune applicazioni e in alcuni standard sono previsti cavi schermati per limitare i disturbi da induzione. Applicazioni critiche per la velocità sono tipicamente le trasmissioni audio/video, i collegamenti di dischi rigidi esterni di calcolatori, ecc..

Descriviamo qui sommariamente i bus USB e IEEE 1394 perché utilizzati in alcune applicazioni domotiche oltre che per le periferiche dei calcolatori.

¹³ Non mancano esempi di utilizzo del bilanciamento anche con segnali digitali. Lo standard delle porte seriali dei PC era RS 232. Lo stesso standard con aggiunta di segnali bilanciati prende il nome di RS 422. Quest'ultimo è stato utilizzato nelle configurazioni base delle macchine Apple prima dell'avvento delle porte USB. RS422 permette di utilizzare cavi più lunghi e velocità maggiori, ma ignorando il bilanciamento può connettersi con dispositivi RS323. Oggi la maggioranza delle tecniche di trasmissione (come per es. USB) utilizzano questi accorgimenti.

¹⁴ La qualità del cavo è determinata da vari fattori: tipo di materiale per l'isolamento, come vengono intrecciati i singoli fili, sezione, qualità della parte conduttrice, ecc

Il bus IEEE 1394 è stato progettato da Apple Computer che gli dette il nome “FireWire”. Successivamente è stato standardizzato dalla IEEE che lo denominò “IEEE 1394”. Questo bus è stato creato per connettere periferiche esterne, elettronica di consumo e calcolatori. La Sony lo adottò, rinominandolo “iLink” per equipaggiare le proprie telecamere digitali e permettere un riversamento dei filmati in un calcolatore. Non era all’epoca possibile utilizzare il concorrente USB (Universal Serial Bus), perché troppo lento (esistevano solo le versioni 1 dei due standard). FireWire in una prima versione poteva raggiungere velocità massime di 400 Mbs mentre oggi, nella seconda versione, arriva fino a 800 Mbps. USB invece nella prima versione permetteva una velocità massima di 12 Mbps che poi è stata portata a 480 Mbps nella seconda versione. Lo standard USB è nato per collegare periferiche al calcolatore e prendere il posto sia delle porte seriali¹⁵ RS232 e RS422, sia delle porte parallele Centronics e SCSI che erano divenute standard. In effetti questi bus hanno perso il loro predominio e stanno lasciando il posto ai nuovi arrivati.

Caratteristiche comuni ad ambedue gli standard, FireWire e USB, sono:

- bus seriali;
- possono fornire l’alimentazione a periferiche di basso consumo;
- si possono connettere/disconnettere a caldo (plug and play);
- sono studiati per distanze ridotte (4-5 metri);
- prevedono anche spinotti miniaturizzati¹⁶ oltre al normale spinotto.
- Permettono di collegare una catena di dispositivi (teoricamente 127 per USB e 63 per FireWire).

Le caratteristiche che invece li differenzia sono il costo più alto e la maggiore potenza di FireWire contro la maggiore diffusione di USB. Mentre FireWire si preferisce per connettere dischi rigidi esterni, scanner veloci, telecamere e in genere dispositivi audio/video, USB si utilizza per macchine fotografiche, memorie esterne, mouse, tastiere, stampanti e altre periferiche dove non è richiesta troppa velocità di trasmissione.

Le caratteristiche sono riassunte nella tabella che segue:

Versione / BUS	USB		FireWire	
	Velocità	Applicazioni	Velocità	Applicazioni
Versione 1	12	Dispositivi lenti Mouse, Modem,...	400	Audio, video, HD esterni, ecc.
Versione 2	480	Audio, video, HD esterni, ecc.	800	Collegamenti ancora più veloci

2.3.3. Il cavo schermato coassiale (Coaxial cable - CX)

Il cavo schermato coassiale permette trasmissioni dati molto più veloci in quanto è meno soggetto a disturbi dovuti da induzioni elettromagnetiche. Questo tipo di accorgimento rende questa categoria di cablaggio molto adatta quando abbiamo a che fare con frequenze molto alte e segnali deboli come nel caso delle antenne televisive e delle ricezioni satellitari. Il costo di questo tipo di cavo ne limita l’utilizzo a impieghi in cui la maggiore spesa è ben giustificata dalla necessità di avere maggiore velocità di trasmissione. I recenti sviluppi hanno

¹⁵ Seriali indica che i bit vengono trasmessi uno per volta da contrapporre a quelli paralleli che invece gestiscono cavi con molti fili (in genere 8 o 16) per la comunicazione dei dati, avendo così la possibilità di trasmettere in “parallelo” più bit.

¹⁶ Le spine FireWire miniaturizzate non forniscono l’alimentazione.

privilegiato sistemi di cablaggio con doppini schermati. Alcune applicazioni nate per utilizzare cavi coassiali, poi si sono evolute con l'utilizzo di doppini classificati nelle fasce alte¹⁷.

2.3.4. Il bus a onde radio (Radio frequency – RF)

Il bus a onde radio si va sempre più diffondendo in quanto economico e pratico anche se non esente da qualche inconveniente. In questi ultimi anni si sono basati su questo mezzo vari standard, la maggior parte dei quali non è nato per risolvere i problemi generali della domotica. Con sviluppi ed estensioni successive però questi standard hanno invaso anche il dominio della domotica. La ricerca in questo campo sta continuando a produrre sempre nuovi miglioramenti, necessari per la fragilità intrinseca di questo mezzo dovuta a facili interferenze e a possibili malfunzionamenti. Non è infrequente infatti che una casa sia su diversi piani e che si estenda oltre il campo di azione delle radio frequenze, rendendo potenzialmente inutilizzabili i collegamenti RF. Negli usi domestici i trasmettitori non possono infatti eccedere una certa potenza principalmente per tre motivi:

- La normativa vigente non permette l'uso di potenze elevate;
- Potenze eccessive possono interferire con i sistemi dei vicini di casa;
- Un inquinamento da radio frequenze potrebbe causare problemi agli abitanti.¹⁸

I collegamenti RF possono essere utilizzati con vantaggio sui dispositivi che interfacciano l'uomo: i telecomandi. È infatti scomodo essere costretti a operare su strumenti con posizione fissa o legati ad un cavo. Per le interfacce servono oggetti mobili e la RF è il mezzo ideale per realizzarle.

Le frequenze usate per le applicazioni domestiche RF usano prevalentemente la banda 2.4 GHz che non interferisce con altre radio frequenze di uso domestico¹⁹ (Radio, TV, Telefoni cellulari, telecomandi RF, ecc.).

In sintesi quando si usano le comunicazioni RF si deve considerare che:

- Possono essere impiegati da dispositivi mobili;
- Possono raggiungere tutte le zone della casa anche se non predisposte;
- Producono inquinamento RF;
- Sono decisamente economici;
- Sono sensibili alle interferenze;
- In particolari condizioni la comunicazione potrebbe non avvenire del tutto o essere molto disturbata a causa della presenza di locali schermati, eccessivo inquinamento da RF, campi magnetici variabili, errato orientamento delle antenne, ecc.;

¹⁷ Vedi nel seguito lo standard HAVi

¹⁸ L'effetto delle radio frequenze sull'uomo non è completamente conosciuto. Sappiamo che da anni siamo costretti a convivere tutto il giorno con potenti trasmettitori televisivi e radiofonici. Esistono rilevazioni non ufficiali che proverebbero un aumento di malattie in persone che abitano vicino a trasmettitori ultrapotenti (quelli radiofonici che coprono interi continenti) e che ora sono stati quasi del tutto smantellati. Ci stiamo abituando ai telefonini che trasmettono su bande di frequenza ben precise e a potenza variabile (con consumi di batteria pure variabili) per la necessità di utilizzare il segnale della cella anche quando è debole. Sappiamo che anche dal cosmo arrivano onde elettromagnetiche. Ma non sono conosciute rilevazioni scientifiche complete che chiariscano il problema nel suo insieme. Le potenze in gioco per le trasmissioni che stiamo trattando comunque sono irrilevanti e sono ritenute sicure.

¹⁹ I forni a microonde usano la banda 2,4 GHz (2.450 MHz) con potenze molto alte. I forni costituiscono delle "Gabbie" schermate che non permettono alle onde di uscire. Le onde elettromagnetiche provocano accelerazioni del movimento delle molecole e il loro conseguente riscaldamento.

Molte sono le applicazioni domestiche che sfruttano la radio frequenza (telecomandi per l'apertura di cancelli e porte, telefoni *cordless*, comandi di sistemi d'allarme, ecc.). La maggior parte di tali applicazioni è di tipo proprietario e non vengono comunicati i codici di trasmissione. Non prenderemo perciò in considerazione i sistemi proprietari e neppure il GSM, anche se si tratta di un grande successo europeo. Questi sistemi infatti investono la domotica solo in maniera marginale. Le tecnologie IR accennate nel seguito di questo paragrafo, pur non essendo degli standard della domotica, si stanno diffondendo in tutti gli ambienti compreso quello domestico.

2.3.4.1 Dect

Lo standard "Digital Enhanced Cordless Telecommunications" (DECT) è nato per uniformare i telefoni cordless. Usando DECT è possibile offrire un servizio cittadino di ripetitori per permettere all'utente di utilizzare il proprio telefono fisso anche quando si trova distante dall'abitazione. In Europa ci sono stati vari tentativi di istituire servizi simili (vedi Telecom Italia servizio "Fido"), ma l'avvento dei telefoni cellulari ha fatto fallire queste iniziative. Rimane comunque un buono standard che accomuna alcune caratteristiche dei telefoni *cordless* che lo adottano anche se offerti da costruttori diversi. Alcuni costruttori però sono riusciti a personalizzare lo standard e a rendere impossibile l'interazione con telefoni di marche diverse. Usa le stesse frequenze dei cellulari (anche se a potenze molto minori) e trasmette in digitale. Lo standard DECT è legato al GSM (alcuni servizi GSM potrebbero essere diffusi nella rete DECT). Sono allo studio integrazioni con ISDN, UMTS (DECT/UMTS documento "TS 101 863") e con vari servizi. Questo standard si sta sviluppando per diventare interoperabile anche con ISDN e UMTS. È completamente descritto nel documento "EN 300 175" e "EN 300 444".

2.3.4.2 WiFi (Wireless Fidelity) 802.11

WiFi è uno standard creato per realizzare reti locali di computer senza fili derivato dalla normativa 802.11. Lo standard conosciuto con il nome "802.11b" ha avuto molto successo sia per il suo utilizzo in luoghi pubblici sia in abitazioni private. Oggi è diffuso negli aeroporti e per fornire connettività in varie zone delle città. Ha avuto varie evoluzioni ("802.11a", "802.11g", "802.11i") che ne hanno aumentato la sicurezza (evitare che il vicino di casa entri nella privata rete domestica!) e la velocità di trasmissione. Alcuni comuni hanno tentato di diffonderlo in tutta la zona urbana del comune, ma si sono scontrati con le normative in continua evoluzione. Oggi molti costruttori di calcolatori prevedono a bordo anche delle configurazioni standard dei computer portatili il sistema 802-11g o sue evoluzioni. La velocità massima della versione b che utilizza la banda di trasmissione dei 2.4 GHz è 11 Mbps. Si raggiungono i 54 Mbps nella versione 802.11a che utilizza la banda dei 5 GHz, rendendolo compatibile anche per la trasmissione di video.

Nella tabella seguente sono state riportate alcune differenze tra le varie versioni considerando la 802.11 come versione base.

Standard	802.11	802.11a	802.11b	802.11g	802.11i
Nome commerciale		HyperLan 2	WiFi		
Velocità trasm. (Mb/s)	1-2	54	5-11	54	
Distanza max (metri)		20-300	100	100	100
Punti di forza		> Velocità	Versione base	> Sicurezza	
Banda trasm. usata		5 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz
Trasm. Audio		SI	SI	SI	
Trasm. Video		SI		SI	

2.3.4.3. Bluetooth

È uno standard nato in una azienda che produce telefoni cellulari per connettere periferiche (tel. Cell.) ad un calcolatore. Lo scopo principale di questo standard è di facilitare connessioni di dispositivi non distanti tra loro evitando complicati cablaggi. Anche Bluetooth è stato inserito nelle configurazioni base di alcuni calcolatori portatili, di telefoni cellulari e di PDA. Aumenta il comfort permettendo ad esempio di collegare senza fili un mouse al calcolatore, un cellulare al calcolatore per la sincronizzazione di rubriche e calendari, o per funzionare da modem. Inoltre si può collegare un ricevitore GPS ad un PDA, un auricolare a un telefono cellulare, ecc. L'utilizzo di Bluetooth si limita ad applicazioni che non richiedono elevate distanze²⁰ distanze superiori ai 10 metri. La comunicazione risulta particolarmente robusta per fronteggiare le interferenze (tecnica hopping).

Uso: trasmissione dati, canali vocali, telefonia fissa e mobile, applicazioni demotiche.

2.3.4.4. Zigbee e lo standard IEEE 802.15.4

ZigBee è un nuovo protocollo di comunicazione, studiato per essere complementare a Bluetooth. È basato sullo standard IEEE802.15.4, e viene promosso dalla ZigBee Alliance, un consorzio di aziende del settore che conta oggi circa 200 partner (promoters, participants e adopters). La mission di questa associazione è lo sviluppo delle specifiche per reti a basse velocità, con topologia libera "*peer-to-peer*" o anche ad albero con caratteristiche di basso consumo, che abbiano un alto livello di affidabilità e sicurezza. Al momento le aziende consorziate sono oltre 68. Mentre Bluetooth si propone come mezzo per semplificare le connessioni di dispositivi vicini eliminando i cablaggi, ZigBee nasce dall'esigenza di connettere sensori per il monitoraggio e il controllo che scambiano pochi dati, che possano operare a distanze maggiori di 10 metri (fino a 100 metri), ma con necessità di una lunga autonomia dal punto di vista dell'alimentazione. Si possono realizzare reti coordinate fino a 64.000 elementi e più reti coordinate possono essere connesse tra loro fino ad ottenere reti molto estese. Tipicamente utilizzando normali batterie alcaline per alimentare un dispositivo ZigBee, ci si può aspettare una durata di qualche anno. Lo sviluppo attuale lo pone tra i sistemi interessanti per la domotica.

2.3.4.5 RFID

Con RFID non s'intende parlare di un unico standard, ma delle tecnologie utilizzate per realizzare dispositivi atti a rispondere a segnali a radio frequenza con messaggi che identificano l'oggetto che li contengono. Sono composti da un trasponder o tag (dall'aspetto talvolta simile ad una carta di credito, talvolta ad un'etichetta di carta autoadesiva) e da un lettore. Il tag contiene un microcip in grado di contenere alcune informazioni e di trasmettere e ricevere dati, attraverso un'antenna, al lettore. Spesso il tag non ha un'alimentazione propria, ma viene alimentato in modo wireless dal lettore stesso.

Questi dispositivi trovano gli impieghi più vari: etichette per merce esposta in un supermercato (al posto dei codici a barre attuali), all'interno di giacche a vento antivalanga, tessere di abbonamento che vengono riconosciute automaticamente da scanner posizionati agli ingressi, ecc.

Gli RFID lavorano a varie frequenze e in base ad esse possono essere classificati come:

- basse frequenze (LF, tra 125 e 134 kHz)

²⁰ Nelle prima versione c'era il limite teorico di 10 metri che poi è stato portato a 100. Nella pratica le distanze devono essere molto inferiori ai limiti dichiarati.

- alte frequenze (HF, intorno ai 15 MHz)
- altissime frequenze (UHF, tra 860 e 960 MHz)
- micro-onde (superiori ai 2,45 GHz)

Ogni frequenza ha caratteristiche diverse sulla distanza tra tag e lettore, penetrazione liquidi, consumo energia, ecc. Ad esempio le soluzioni con tag a 2,45 GHz sono impiegate nei telepass, interporti e simili.

La tecnologia è attualmente in evoluzione ed è in atto uno sforzo per unificare i vari standard nati per questi dispositivi. Quando questi dispositivi avranno costi bassi (inferiori ai 5 centesimi di euro) e la tecnologia sarà assestata potranno essere utilizzati come etichette nei supermercati anche per oggetti poco costosi. Al momento il loro costo si aggira intorno al mezzo euro, troppo costosi per essere utilizzati come comuni etichette dei prodotti di un supermercato rendendo così automatico il conteggio e la contabilizzazione degli acquisti.

2.3.4.6 Standard Wireless a RF a confronto

Ogni standard di connessione in radiofrequenza è nato per risolvere una particolare esigenza ed è quindi adatto ad essere utilizzato in contesti specifici. Nella tabella che segue si riportano in modo sinottico alcune caratteristiche dei principali standard di trasmissione RF.

Nome commerciale	Bluetooth	ZigBee	WiFi	Dect	GPRS/GSM
Standard	802.15.1	802.15.4	802.11b		1Xrtt/CDMA
Utilizzo	Eliminare cavi	Monitoraggio e controllo	Web, E-mail, audio	Telefoni cordless	Tel. cellulari (voce e dati)
Risorse di sistema	> 250 KB	4-32 KB	> 1 MB		> 16 MB
Dutata batterie (giorni)	1-7	100-1000	5	2-7 giorni	1-7 giorni
Dimensione rete	7	No limiti prat.	32	6	1
Velocità trasm. (Kb/s)	720	20-250	11.000	-	N x 9.600
Distanza max (metri)	> 10	> 100	100	> 100	> 1.000
Punti di forza	Costo	Affidabilità, consumo, costo	Velocità, flessibilità	Uso telefonico, qualità	Uso telefonico, qualità
Banda trasm. usata	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	0,9-1,8 GHz	0,9-1,8 GHz

2.3.5. I raggi infrarossi (InfraRed – IR)

I raggi infrarossi possono essere trasmessi solo tra zone che si “vedono” l’un l’altra e non superano ostacoli non trasparenti. Vengono perciò utilizzati per telecomandi quando non si vogliono raggiungere tutti i ricevitori possibili, ma solo quelli di un singolo ambiente (es. si vuole comandare un televisore, ma non tutti i televisori della casa). La maggior parte dei telecomandi televisivi e apparecchiature HiFi utilizzano trasmissioni IR con codifiche proprietarie. In commercio si trovano “telecomandi universali” che hanno memorizzato centinaia di codifiche proprietarie e possono essere impostati per usarne un piccolo sottoinsieme selezionato in modo da potersi adattare a tutti gli apparecchi presenti in una casa. Purtroppo talvolta ci troviamo in presenza di dispositivi, costruiti successivamente al telecomando universale e che quindi utilizzano codifiche recenti non previste al momento della produzione del telecomando. Per questo sono nati telecomandi che “apprendono” da quelli originali la codifica di ogni tasto. L’operazione di impostare questi ultimi telecomandi è molto lunga: si devono prendere in esame tutti i tasti di tutti i telecomandi che vogliamo sostituire con quello universale. Una soluzione è stata fornita con i telecomandi universali misti: questi hanno memorizzate tutte le codifiche di trasmissione presenti alla data della costruzione e sono in grado di apprendere quelle realizzate successivamente.

In alcune realizzazioni domotiche sono stati installati trasmettitori IR in ogni stanza collegati tra loro e con il sistema centrale. In questo modo usando l'interfaccia del sistema è possibile comandare tutti gli apparecchi che ricevono segnali IR anche se non si trovano nella stessa stanza. Per esempio si potrebbe voler spegnere un televisore dimenticato acceso nel salotto e accendere il condizionatore della camera da letto qualche minuto prima di andarci.

2.3.5.1 IrDA

Nel 1993 a seguito di una sollecitazione della Hewlett-Packard fu fondata l'associazione "Infrared Digital Association" senza scopo di lucro (fine 1993), con 79 compagnie. Lo scopo era quello di stabilire e promuovere gli standard per la trasmissione a infrarossi di un largo spettro di piattaforme e dispositivi in modalità "punto a punto", con velocità di trasmissione fino a 4 Mbps. Questo tipo di trasmissione in genere richiede di non superare la distanza di un metro che ne rappresenta il limite. Lo standard prevede di essere conforme alle linee guida di sicurezza (*eye-safety*) IEC-825. Questo sistema è stato accettato da molti costruttori di calcolatori e inserito come standard nei loro modelli base. Sebbene alcuni costruttori di computer e di cellulari mantengano il trasmettitore IR oggi molti modelli di computer lo hanno sostituito con Bluetooth o WiFi.

2.3.6 Le fibre ottiche (Optical Fibre – OF)

Le fibre ottiche sono caratterizzate dal fatto che per trasmettere l'informazione non utilizzano l'elettricità e quindi nei cavi non passa una corrente elettrica. Usano invece la luce.

L'idea di trasportare la luce è antica²¹, ma problemi tecnologici ne hanno impedito la realizzazione pratica fino al 1970. I problemi erano derivati dalla difficoltà di utilizzare materiale vetroso abbastanza puro da rendere trascurabile l'attenuazione del segnale. Si arrivò a produrre fibre con attenuazione di soli 20 dB/Km mentre solo cinque anni prima le attenuazioni che si potevano ottenere erano dell'ordine di 1.000 dB/Km. Circa dieci anni dopo le fibre ottiche sono divenute una tecnologia matura e nel 1990 si è cominciato a pensare di utilizzarle anche per le reti locali.

Il vetro "stirato" a dimensioni micrometriche diventa un filo flessibile e robusto²², perdendo la sua fragilità. Un filo di vetro (*core*), rivestito da una calza (*cladding*), sempre di vetro, ma con diverso indice di rifrazione e protetto dalla luce esterna da appositi rivestimenti riesce a far transitare un raggio luminoso da un capo all'altro, facendolo rimbalzare sulla superficie esterna. L'attenuazione delle moderne fibre ottiche è molto bassa (dell'ordine di 0,2 dB/Km). Naturalmente la dispersione e la trasmissione dipendono non solo dai materiali, ma anche dal colore (frequenza) dell'onda luminosa.

I vantaggi derivanti dall'adozione delle fibre ottiche si apprezzano molto in collegamenti a lunga distanza (per le caratteristiche di dispersione attenuazione e distorsione dei segnali che permettono velocità molto elevate), mentre i costi di questa tecnologia sono ancora elevati per le reti locali e domotiche caratterizzate da breve distanza dei punti da collegare. Solo da pochi anni si stanno prendendo in considerazione le fibre ottiche anche per le reti domotiche.

²¹ Si trovano in letteratura cenni di Claude Chappe che realizzò un telegrafo ottico nel 1790. Solo molto tempo dopo si cominciarono ad utilizzare le fibre ottiche. Nel 1953 all'Imperial College di Londra fu realizzato un primo endoscopio con le fibre ottiche.

²² Ricordiamo che il vetro (come la pece) a temperatura ambiente è un liquido.

²⁴ Laboratorio di Domotica – Istituto di scienza e Tecnologie dell'Informazione (ISTI) – Area della Ricerca di Pisa

2.4. La rete domotica

Si considera una rete domotica tutta l'infrastruttura che permette la comunicazione tra i dispositivi di una casa integrandoli in un unico sistema. La rete domotica può essere realizzata utilizzando più mezzi di comunicazione, ma deve permettere l'interoperabilità e l'integrazione degli apparecchi. Oggi purtroppo si assiste ad una varietà di standard presenti nello stesso ambiente e all'impossibilità di ottimizzare le risorse. Spesso la cuffia che si utilizza per l'impianto ad alta fedeltà non può essere la stessa che si utilizza con il telefonino o con la televisione, perché mentre uno ha lo spinotto grande, l'altro ha il collegamento wireless bluetooth e l'altro ancora ha uno spinotto piccolo.

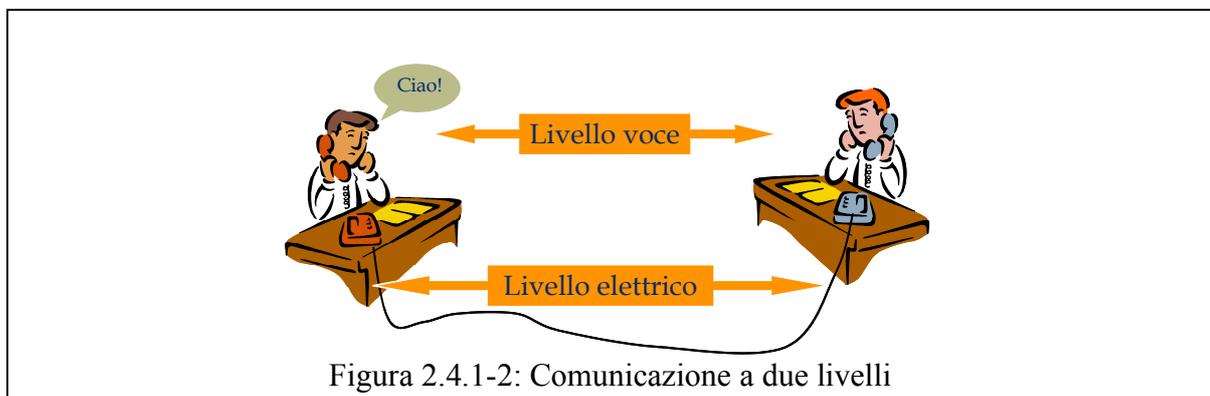
Con le dovute precisazioni accennate nel primo capitolo, le reti domotiche si aggiungono alle tradizionali reti dati (PAN, LAN, MAN e WAN), ma si differenziano per una caratteristica fondamentale: devono essere dimensionate per trasportare brevi messaggi (comandi, trame, telegrammi, ecc) a velocità ragionevolmente bassa e devono avere quindi costi appropriati. La gestione di queste reti, anche se complessa, deve essere automatizzata in modo tale da non richiedere l'intervento dell'utente. Per permettere la realizzazione di sistemi domotici robusti e affidabili (vedi paragrafo precedente) anche l'infrastruttura di rete sulla quale essi si basano, deve essere robusta e affidabile. Non sono ammessi messaggi che si perdono: potrebbero per esempio provocare una mancata risposta ad un segnale di allarme.

2.4.1. I livelli di comunicazione

Le reti digitali si basano sul concetto dei livelli protocollari stratificati che forniscono un modo naturale ed efficiente per strutturare i sistemi di comunicazione. Si stabiliscono i livelli in base a quali sono le esigenze di codifica dell'informazione.



Nella figura 2.4.2-1 identifichiamo per comodità un singolo livello perché non siamo interessati a indagare come la voce verrà trasportata al cervello. Nella prossima figura invece possiamo distinguere due livelli: livello voce e livello elettrico.



Il modello di riferimento “*Open Systems Interconnection*” (OSI) come definito dall’International Standards Organization (ISO) ISO/OSI prevede per le reti digitali, sette livelli di comunicazione:

7. Applicazione (<i>Application layer</i>)
6. Presentazione (<i>Presentation layer</i>)
5. Sessione (<i>Session layer</i>)
4. Trasporto (<i>Transport layer</i>)
3. Instradamento (<i>Network layer</i>)
2. Collegamento al dato della rete (<i>Data link layer</i>)
1. Mezzo fisico (<i>physical layer</i>)

L’architettura ISO-OSI usa una gerarchia di livelli, ciascuno dei quali costruito logicamente sopra il precedente. Lo scopo di ciascun livello è quello di offrire determinati servizi agli strati più alti schermandoli dai dettagli di come tali servizi sono realizzati. Tra ogni coppia di strati adiacenti vi è una interfaccia. L’interfaccia definisce quali operazioni primitive e servizi sono offerti dal livello inferiore a quello superiore. Il livello N-esimo di una macchina può concettualmente comunicare solo con lo stesso livello N-esimo su di un’altra macchina. Le regole e la comunicazione usate sono indicate come protocollo del livello N. In realtà i dati non sono trasferiti direttamente dal livello N di una macchina al livello N di un’altra macchina. Piuttosto ogni livello passa dati e informazioni di controllo al livello immediatamente inferiore fino a che il livello più basso (livello 1: il mezzo fisico) viene raggiunto. Il *mezzo fisico*, cioè il livello 1, poi è il responsabile della comunicazione “fisica”. Il livello 7, “*applicazione*”, offre le interfacce ai programmi applicativi.

- 7) Applicazione: in questo livello vengono fornite le capacità di trasmissione all’applicazione (es.: emulatore di terminale).
- 6) Presentazione: converte i dati in formato coerente con lo standard adottato. A questo livello sono anche demandati compiti di compressione dei dati e di crittografia.
- 5) Sessione: riguarda le funzioni di sincronizzazione ad alto livello. Si organizza in questo strato il modo di controllo del dialogo e si imposta la sessione.
- 4) Trasporto: si formano i “pacchetti” di informazione con il controllo di rispettare la lunghezza dei pacchetti spezzettando eventuali messaggi troppo lunghi, trasmissione di messaggi isolati, trasmissione “punto a punto” o di tipo *broadcast*, ecc.
- 3) Instradamento: questo è il livello responsabile di instradare i dati anche se la rete è composta con mezzi diversi (capacità di routing).
- 2) Collegamento al dato della rete: in questo livello ci si preoccupa di organizzare i dati in modo da permettere un controllo degli errori di trasmissione che possono verificarsi al primo livello, eventuale conferma di arrivo dei dati e eventuali ritrasmissioni di dati arrivati incompleti o errati.
- 1) Mezzo fisico: questo livello riguarda la trasmissione attraverso il mezzo di collegamento dei bit; si deve trattare con connettori, cablaggi, grandezze elettriche, ecc.

L’insieme di livelli e protocolli rappresenta l’architettura della rete.

Questo tipo di stratificazione ci servirà nel seguito per rendere più evidente le funzioni dei protocolli nelle reti domotiche. Negli standard domotici, che vengono esaminati nel prossimo

capitolo, non sempre sono stati definiti tutti i livelli. Per semplificare, in molti casi, alcuni strati vengono omissi.

2.4.2. Altre soluzioni

Per costruire un sistema domotico si può seguire anche un approccio diverso da quello descritto fino a questo punto. Invece di utilizzare una rete domotica si può utilizzare una rete TCP/IP (in questo caso una LAN). Le caratteristiche di una tipica LAN non corrispondono esattamente a quelle teorizzate in precedenza, ma se ben dimensionata possono avvicinarsi molto. E specialmente se non ci sono applicazioni critiche (allarmi o applicazioni similari), possiamo rinunciare alle caratteristiche offerte dalle reti domotiche e beneficiare della maggiore velocità disponibile nelle reti dati.

Un ulteriore approccio può consistere nell'integrare una rete dati TCP/IP con una rete tipicamente domotica e renderle "interoperabili".

Si giustificano questi approcci con la considerazione che spesso in famiglia esistono più persone che possiedono un calcolatore personale e tutti desiderano potersi scambiare dati e condividere le stesse periferiche (stampante, scanner, ecc.). Oppure con il fatto che quando si cambia calcolatore esiste un periodo in cui il vecchio calcolatore è ancora funzionante e si potrebbe continuare ad utilizzare collegandolo in rete con il nuovo.

In queste evenienze diventa utile e conveniente installare una rete locale e fare lo sforzo necessario (in termini economici e di tempo speso) per realizzare i collegamenti necessari. In questo caso non parleremo più di "utente ignaro".

Quando poi si possiede una rete locale potremo indagare le possibili applicazioni domotiche che sfruttano i collegamenti TCP/IP. E se abbiamo installato un sistema domotico, potremo indagare la possibilità di integrare rete domotica e rete TCP/IP.

Ci accorgeremo presto che esistono molti standard preparati per soddisfare tutte queste richieste. Potremo utilizzare la rete domotica per integrare dispositivi tipicamente domestici concepiti e costruiti in modo da poter funzionare solo con una determinata rete domotica e potremo tentare di integrare quest'ultima con quella dati. Il successo di quest'ultima operazione potrà dipendere dallo standard domotico utilizzato.

Nel capitolo dedicato agli standard verrà esaminata anche questa problematica.

Tra gli approcci non convenzionali accenniamo anche quello conosciuto con il nome di "*Power analysis*". Come abbiamo visto, per collegare elettrodomestici e altre risorse della casa tra loro con una rete domotica, occorre dotare tali dispositivi di una parte aggiuntiva (la BCU) per interfacciare il bus e di un minimo di intelligenza per impostare il colloquio e la gestione delle informazioni. Nonostante la continua riduzione dei costi dell'elettronica in genere, quello che dobbiamo inserire in un apparecchio domestico, ha un costo non del tutto trascurabile. Questo costo del costruttore si amplifica quando arriva al venditore al dettaglio e rende meno competitiva la merce agli occhi dell'acquirente che nella maggior parte dei casi non è in grado di apprezzare le maggiori funzionalità dell'oggetto che deve acquistare. La maggiorazione del costo di acquisto di un oggetto domotico in valore percentuale rispetto all'acquisto dello stesso oggetto senza capacità domotiche può far propendere l'acquirente per la soluzione più economica.

Seguendo questa filosofia, si è pensato che se il costo della rete domotica e della intelligenza per gestirla fosse caricata sull'impianto elettrico, l'utente potrebbe fare la sua scelta consapevole sapendo che con una spesa maggiorata si può dotare la casa di funzionalità domotiche. La spesa aggiuntiva delle capacità domotiche, verrà paragonato agli alti costi di costruzione e percentualmente sembrerà più accettabile.

Ma come è possibile aggiungere funzioni domotiche senza modificare i dispositivi da collegare in rete? Analizzando ogni singola presa dell'impianto ed inserendovi un po' di

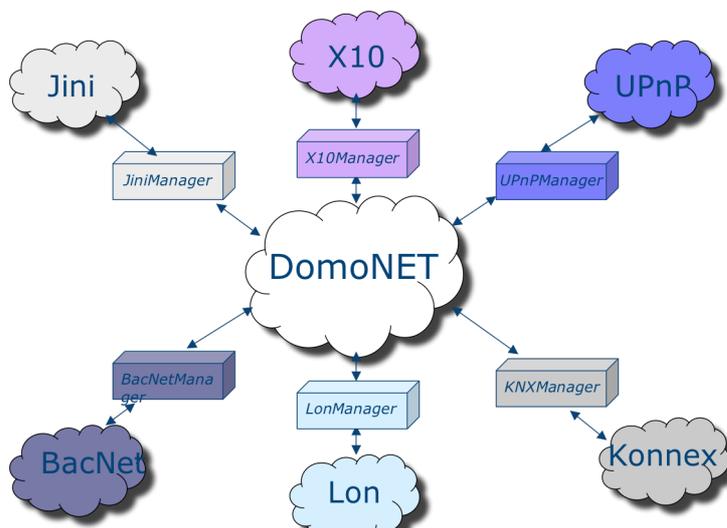
elettronica che ha la funzione di esaminare come viene modificata l'onda della corrente elettrica dal carico. Infatti da questo tipo di analisi è possibile stabilire il consumo, la partenza di un motore, l'azionamento di una elettrovalvola, ecc. Ogni presa ha quindi il controllo del dispositivo che sta alimentando. Naturalmente non tutte le funzioni domotiche sono possibili attuando questa teoria, ma chi la sostiene, afferma che questo sarebbe sicuramente un primo passo per tanti utenti e che comunque le funzionalità che si possono ottenere sono quelle più richieste e più importanti.

2.4.3. Interconnessione e interoperabilità

Nei paragrafi precedenti si è accennato alle molteplici possibilità di approccio per realizzare un sistema domotico. Come verrà approfondito nel prossimo capitolo esistono anche molti standard che spesso sono incompatibili tra loro. Questo significa che se si acquista un oggetto domotico costruito seguendo le norme dello standard "A" e uno che invece prevede lo standard "B" non è detto che sia possibile metterli in comunicazione tra loro. Parlano due lingue diverse. Questo tipo di problematica ha rallentato moltissimo la divulgazione della domotica. Un problema molto sentito attualmente è quello di uniformare gli standard e renderli compatibili tra loro anche se prodotti da costruttori diversi. Si dice in questi casi che due reti domotiche realizzate con standard diversi, ma compatibili tra loro sono "interoperabili". Descriveremo nel seguito alcune azioni promosse dalla U.E. e alcuni progetti del CNR volti a risolvere il problema della interoperabilità.

2.4.3.1 DomoNET

Il compito di un sistema domotico è quello di integrare tutti i vari dispositivi di cui una casa è dotata per ottenere tutti i vantaggi che sono stati descritti fin qui. Quando però in una stessa abitazione convivono più sistemi che sono incompatibili tra loro, si perdono numerosi vantaggi. Non è in questi casi possibile fruire dell'informazione globale fornita da tutti i sensori presenti e agire con tutti gli attuatori disponibili essendo questi appartenenti a diversi sistemi che non comunicano tra loro. Al Laboratorio di Domotica²⁴ del CNR di Pisa sono



state svolte varie ricerche su come risolvere il problema di rendere interoperabili le reti domotiche. Anche con l'aiuto di veri studenti e che svolgevano tesi di laurea alla fine è stato realizzato il sistema di nome DomoNET²⁵ che permette una completa interoperabilità dei vari standards. È stato definito il linguaggio DomoML (Domotic Markup Language), una sorta di esperanto, nel quale vengono automaticamente tradotti tutti i messaggi espressi nei differenti idiomi dei vari standard.

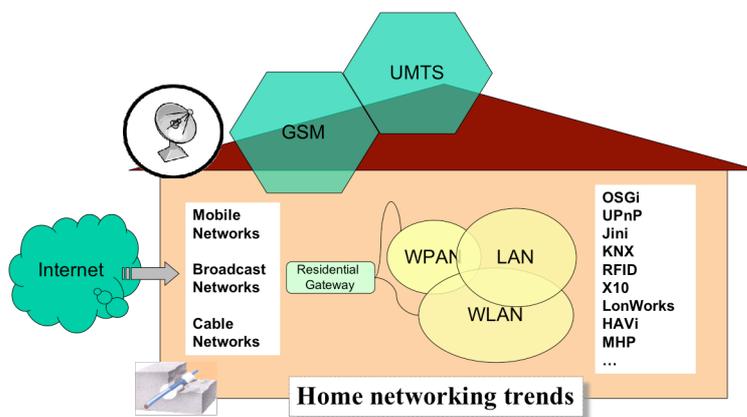
Domonet così rende visibile a tutti i sistemi la globalità dei sensori e attuatori realizzando così un sistema allargato alla totalità dei componenti domotici installati nella casa. Con DomoNET si realizza l'integrazione completa creando un unico sistema anche se composto da

²⁵ DomoNET è stato presentato in modo ufficiale per la prima volta ad un convegno IEEE di Las Vegas nel gennaio 2006. Successivamente sono state pubblicate in riviste internazionali, tutte le caratteristiche tecniche e le sue evoluzioni. Oggi è distribuito come "Open Source" ne siti Internet ufficiali .

sottosistemi che in origine potrebbero essere stati creati da costruttori con l'intento di essere incompatibili con gli altri sistemi concorrenti in modo da confinare l'utenza nelle proprie forniture. Con DomoNET si libera l'utente nella scelta dei componenti che non devono seguire necessariamente un unico standard, ma possono così essere selezionati in base alle loro funzionalità, efficacia, al costo e altri criteri decisi dall'utente e non dal costruttore. Un altro vantaggio importante di DomoNET è quello di permettere la creazione di un'unica interfaccia dalla quale è possibile controllare completamente il sistema globale semplificando moltissimo la gestione e rendendo più facile la vita all'utente. Sono così state realizzate vari tipi di interfaccia sia locale (con interruttori, con touch screen, con un telecomando, vocali, ecc) che remoti attraverso Internet, palmari e telefoni sia cellulari che fissi. È possibile visitare una realizzazione sperimentale del sistema presso il Laboratorio di Domotica del CNR situato nell'Area della Ricerca di Pisa.

2.5. Residential Gateway

Con i sistemi domotici riusciamo ad integrare tutti i dispositivi della casa e poterli gestire in modo unitario sia localmente che in modo remoto. Rimane però il problema di includere nel



nostro sistema i servizi che vari fornitori ci offrono all'esterno. I *Residential Gateway* sono apparecchiature nate con lo scopo di risolvere la necessità di connettere tutta la rete domestica al mondo esterno, e quindi alle reti di pubblico dominio, così da permettere agli operatori di telecomunicazione di fornire servizi avanzati e agli utenti domestici di usufruirne.

Un altro aspetto molto importante è quello del controllo, della manutenzione, e della gestione delle risorse a distanza.

I problemi che si creano per assolvere a questi compiti non sono del tutto semplici da risolvere: i servizi che vengono offerti sono i più vari e non rispondono a precise regolamentazioni (esempio: telelettura dei contatori, film a richiesta, shopping virtuale, tele-manutenzione di elettrodomestici, ricerca di articoli in biblioteche pubbliche, ecc.). Vari approcci sono stati studiati e molteplici soluzioni sono state proposte come per esempio OSGi (vedi paragrafo 3.6.1)

3. Standard domotici

Sono stati illustrati nei capitoli precedenti i vantaggi di utilizzare un bus per far comunicare il maggior numero possibile dei dispositivi della casa con l'intento di risolvere il problema dell'integrazione. Abbiamo anche accennato alla necessità di utilizzare un unico standard per ogni installazione allo scopo di permettere il colloquio tra le componenti del sistema. Devono insomma parlare tutti la stessa lingua.

Abbiamo anche notato che esistono due approcci diversi per creare il bus: le reti locali TCP/IP (reti dati) e le reti domotiche vere e proprie che trasportano comandi (o messaggi o

telegrammi o trame). Esamineremo in questo capitolo gli standard domotici veri e propri, rimandando al successivo le tecniche da usare con le reti dati TCP/IP.

Si è sempre parlato di standard domotici senza distinzione. Anche in questo caso si deve distinguere tra standard *de facto* e standard ufficiale approvato dagli enti preposti. Nel primo caso qualcuno ha progettato e realizzato un sistema domotico che poi si è affermato commercialmente. Gli acquirenti di un dispositivo o di un sistema di questo tipo si legano alla tecnologia che di solito non è compatibile con le altre, contribuendo ad ampliare il successo di questi prodotti. È il caso dello standard X-10 nato dalla necessità di produrre prodotti a basso costo da offrire in una catena americana di negozi specializzati in fornitura di elettronica di consumo. Una volta acquistato un componente X-10 se in seguito vogliamo integrare un altro componente saremo costretti ad usare ancora tecnologia X-10 perché quelli con diversa tecnologia non sono compatibili.

Altro approccio è quello di definire un protocollo che poi viene sottoposto agli enti preposti per il riconoscimento degli standard. Successivamente chi vuole produrre qualche dispositivo deve attenersi scrupolosamente alle norme approvate dagli enti istituzionali. Questo è il caso di EHS che fu definito in un progetto “*Esprit*” finanziato dall’U.E.

In altre situazioni può succedere che uno standard *de facto* che ha avuto un certo successo, venga poi sottoposto all’approvazione come standard. Come esempio di questo modo di procedere possiamo citare quello di Echelon (LonWorks). Nato come protocollo proprietario, ha poi ricevuto alcuni riconoscimenti ufficiali.

È opinione condivisa da molti che la grande abbondanza di standard diversi e incompatibili tra loro, ostacola la diffusione della pratica di automatizzare le abitazioni. I motivi sono vari, alcuni sono già stati esaminati nei capitoli precedenti, altri possono essere:

- l’utente non è uno specialista e viene condizionato dal primo acquisto di un dispositivo domotico. I successivi dispositivi che dovrà acquistare dovranno comunicare con quelli già in possesso e quindi seguire lo stesso standard anche se si è scoperto che altre tecnologie potrebbero essere più adatte in quella particolare situazione;
- l’industria, quando offre un prodotto, si rivolge solo ad una parte di mercato. Chi ha già installato sistemi con standard incompatibili con il prodotto offerto, non è interessato;
- la moltitudine di prodotti incompatibili tra loro disorienta e scoraggia l’utenza;
- la frammentazione del mercato in tante fette (una per ogni standard) limita la concorrenza, diminuisce la dimensione delle aspettative di vendita. Con conseguente maggiore costo di produzione (meno economia di scala) e minore sforzo destinabile alla ricerca.

Verranno esaminati solo alcuni standard che interessano l’Europa. Alcuni di essi sono nati negli Stati Uniti d’America dove si sono diffusi e successivamente hanno riscosso successo anche in Europa, mentre altri si sono diffusi solo nei paesi di origine. A differenza degli standard dei telefoni cellulari, dove il GSM nato nella U.E. è stato il sistema che ha avuto un enorme successo in tutta Europa e nessun altro sistema si è potuto affermare; nel campo della domotica gli standard europei non hanno ancora riscosso una diffusione tale da impedire l’introduzione di quelli extra-europei. Ci troviamo così nella situazione in cui è ancora incerto quale scelta farà il mercato e quale standard si affermerà nel prossimo futuro. Una situazione analoga si presentò vari anni fa con gli standard dei videoregistratori. Esistevano varie sigle: VHS, Betamax (Sony) e Video2000 (Philips). Era opinione comune che la tecnologia VHS fosse decisamente inferiore alle altre due. Betamax copriva la fascia degli utenti più esigenti e professionali, Video 2000 copriva la fascia economica anche se aveva caratteristiche molto evolute accompagnate da un’ottima resa qualitativa. VHS fu la tecnologia che sconfisse le altre due e a nulla valse l’introduzione di una tecnologia ancora più moderna e funzionale

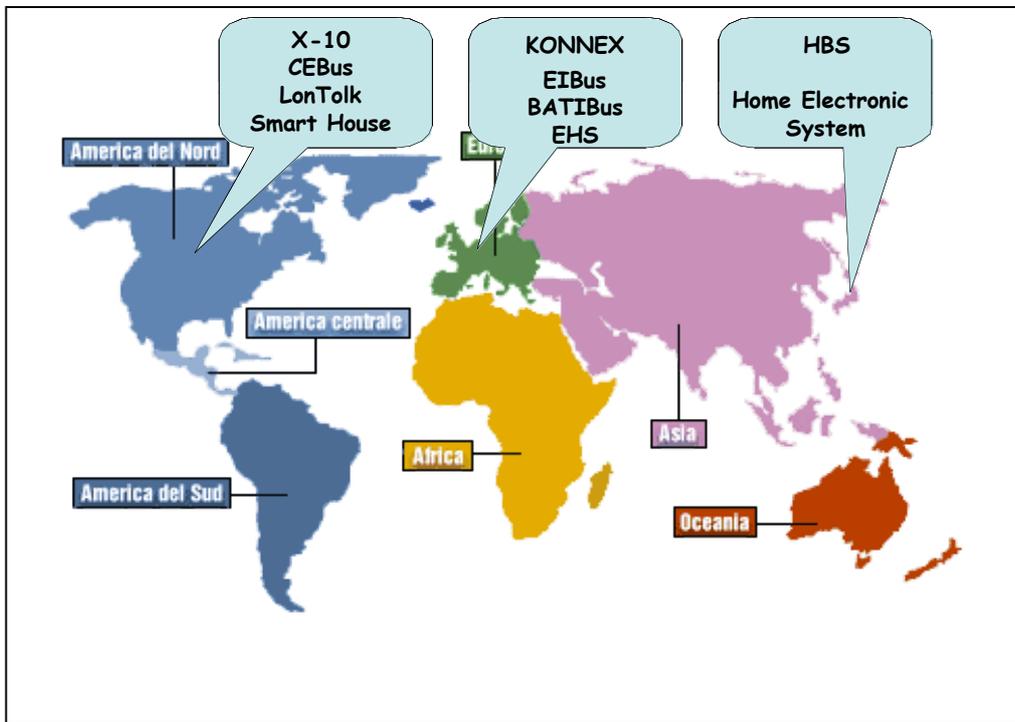
come “Video 8”. La Video 8 si diffuse solo nel mercato delle telecamere elettroniche (camcorder). Questo settore si era sviluppato in ritardo, rispetto a quello dei videoregistratori, in quanto si utilizzavano ancora le pellicole “super 8” che avevano una qualità superiore. La tabella che segue riporta gli standard più utilizzati nel mondo.

Nome dello Standard	Anno	Paese di origine	Chi produce e/o certifica	Associazione
X-10	1978	USA	Sears Home Control System & Radio Shack Plug ‘n Power System	X-10
LonWorks	1988	USA	Echelon (ANSI/EIA 709)	Echelon
CEBus	1984	USA	Electronic Industries Association (EIA)	
Smart House	1984	USA	National Association of Home builders (NAHB)	
HES		UE	ISO + IEC (International Electronic Commission)	
BatiBus		UE	Batiment BUS - Francia	Batibus Club International
EIB		UE	Germania (Siemens)	EIBA
EHS		UE	European Commission -Esprit Project 6782	EHSA
KonneX (KNX)	1996	UE	Konnex Association (Certificazione) Numerosi produttori di varie nazioni	Butibus Club Int. + EIBA + EHSA
HBS		Japan	Consorzio di industrie	
HAVi	1999	Japan	Consorzio HAVi	
BACnet	1987	USA	ASHRAE's BACnet committee	
ZigBee	1998	USA	ZigBee Alliance association	
UPnP	1999	USA	UPnP Forum	
Jini	1998	USA	Jini.org	

Selezioneremo qui gli standard X-10, Echelon, Konnex che sono quelli più diffusi in Europa.

- X-10 è quello che ha componenti a basso costo, semplice da programmare, di facile uso ed è diffuso per questo motivo anche in Italia;
- Echelon è stato usato in Italia per la prima versione dei contatori elettronici dell’energia elettrica (i successori dei contatori elettromeccanici che impiegano la tecnologia di Galileo Ferraris); alcuni componenti sono realizzati in Italia e la società italiane hanno investito cifre significative su partecipazioni della Echelon. Il costo dei componenti è abbastanza alto, ma è uno dei sistemi più sperimentati e completi.
- Konnex raggruppa gli standard EIBus, Batibus ed EHS che hanno fatto un’azione di convergenza per divenire compatibili tra loro. È il sistema sul quale punta l’Unione Europea ed oggi è il più completo (oltre 10.000 articoli in listino), l’unico standard

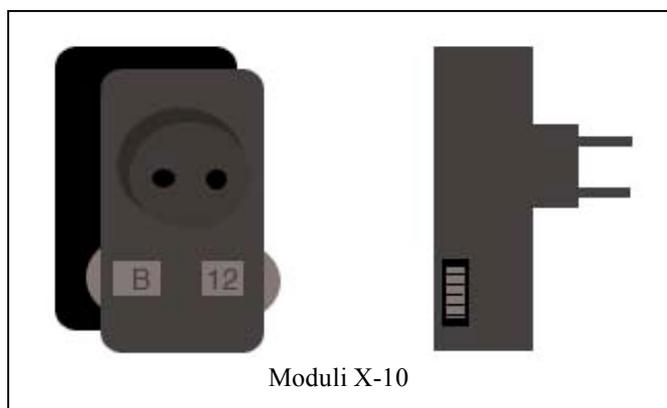
mondiale il cui protocollo è completamente riconosciuto come standard e il più diffuso in Europa.

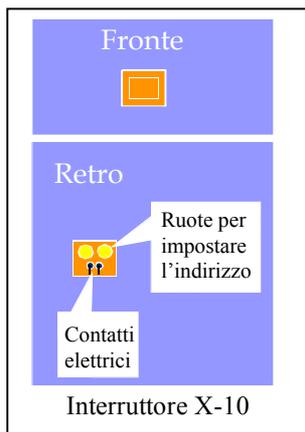


3.1. X-10

L'azienda scozzese Pico Electronics (Glenrothes 1970) creata da un gruppo di ingegneri, cominciò a progettare circuiti integrati per macchine calcolatrici con cui realizzò 8 diversi modelli di calcolatrici e l'elettronica per il cambiadischi (dischi di vinile) Accutrac. Il progetto Accutrac si chiamava X-9. Nel 1975 nacque il progetto X-10: si trattava di studiare come sfruttare le onde convogliate sulla rete dell'energia elettrica per comandare l'accensione di 16 lampade (Power Line). Nel 1978 il prodotto (un modulo presa, un modulo lampada e una consolle con 16 interruttori) si trovava in vendita presso un'importante catena americana di negozi specializzati in elettronica di consumo.

Negli anni '80 non era ancora stata rilasciata un'interfaccia ufficiale per calcolatori dalla casa madre, ma terze parti avevano già prodotto varie interfacce e il successo fu enorme. Successivamente furono usati 256 canali (al posto di 16) e vennero aggiunte varie altre componenti. Lo scopo era quelli di offrire interruttori a basso costo che potessero essere installati direttamente dall'utente, anche inesperto, per controllare l'accensione di luci, stufe, impianti per annaffiare, ecc.. L'installazione non comportava nessuna modifica all'impianto elettrico: si connettevano le spine dei vari moduli e tutto era pronto per funzionare. Questi componenti oggi sono stati ancora perfezionati e ne è cresciuto il numero. È ancora un sistema economico di largo



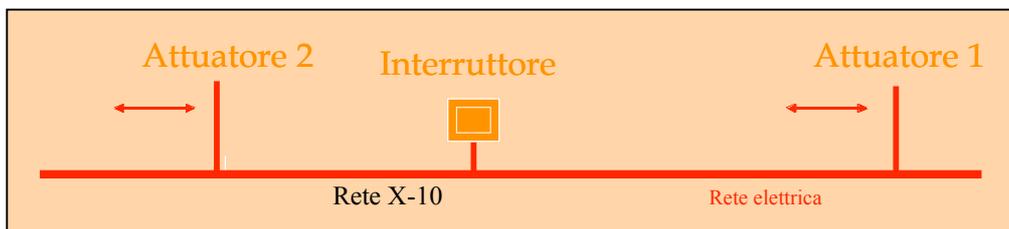


consumo anche se non è funzionale, sicuro e sofisticato come quelli più moderni. Oggi sono state costituite le compagnie X10 Inc. (USA) e X10 Ltd. che si occupano dello sviluppo dei sistemi e dei componenti X10.

Il concetto è molto semplice: un interruttore X10 si può attaccare ad una comune presa di corrente e attraverso le onde convogliate comunica con le applicazioni (luci, ecc.) attaccate ad un'altra presa, nello stesso impianto elettrico. Oggi si può scegliere tra interruttori, variatori, quadri con vari interruttori, timer, ecc.

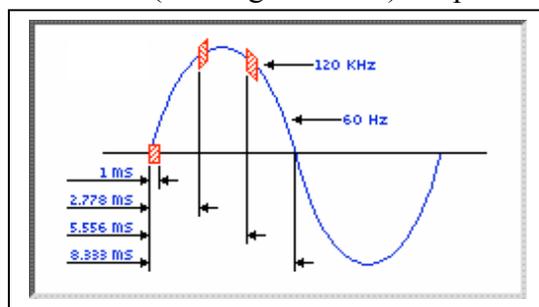
L'unica cosa che si deve impostare è l'indirizzo. Per fare ciò si agisce sulle due rotelle che sono presenti su tutti i moduli X-10: con una si imposta una lettera (da "A" a "P") e sull'altra si imposta un numero (da 1 a 16). Si possono formare in totale 256 combinazioni diverse (16 lettere e 16 numeri – $16 \times 16 = 256$). Ogni interruttore comanda i moduli che sono impostati sullo stesso indirizzo. Ad esempio se un interruttore è impostato con indirizzo "B-12" agisce su tutti i moduli controllati che hanno "B-12" impostato come indirizzo.

Il sistema è nato senza prevedere nessun segnale di ritorno. Se da un interruttore inviamo il comando al modulo con indirizzo B-12 e nessun modulo con questo indirizzo è presente, o se il modulo con l'indirizzo B-12 non è attaccato alla presa, non abbiamo nessun segnale che ci avverte dell'inefficacia del nostro comando. Quando vogliamo controllare moduli che non stanno nella stessa stanza o che comunque non sono visibili dall'utente, non c'è nessuna sicurezza dell'avvenuta esecuzione del comando. Ultimamente sono stati anche prodotti moduli che forniscono una risposta relativa all'esito della esecuzione del comando. Nel mercato esistono però ancora i vecchi moduli che continuano ad essere i più usati.

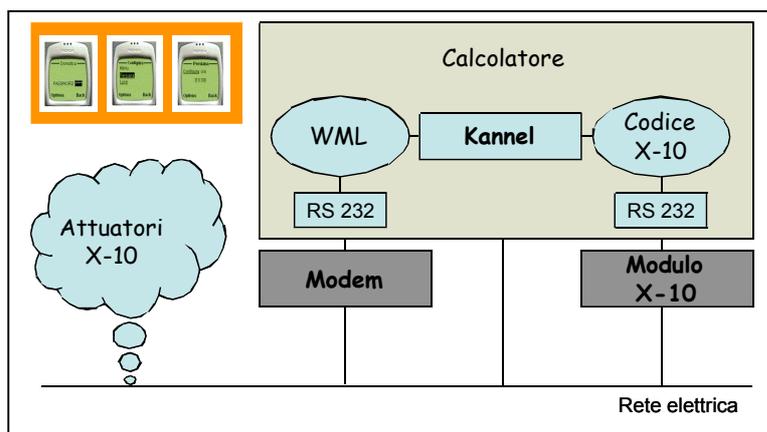


I prodotti sono predisposti per l'elettronica di consumo del mercato americano e per tale ragione funzionano sulla rete elettrica a 110 volt e 60 Hz. In Italia è possibile acquistarli a costi leggermente più alti, ma già adattati alle reti elettriche europee. È possibile trovare anche moduli compatibili con le serie di interruttori e prese italiane (di design italiano). Si possono quindi inserire alcuni moduli X-10 in un impianto elettrico esistente senza che l'utente finale se ne possa accorgere.

Sono stati prodotti anche moduli che si collegano alla porta seriale (o USB) di un computer. Questi moduli sono in grado di ricevere dal computer telegrammi attraverso la porta seriale (RS 232) e di convertirli in messaggi a onde convogliate. È quindi possibile scrivere un codice che controlli vari moduli (attuatori) X-10. Il programma dovrà quindi aprire la porta seriale (RS232), preparare il telegramma (pacchetto) contenente l'intestazione ("start code"), l'indirizzo (House code e Key code cioè la codifica della lettera e del numero che compongono l'indirizzo), il comando e la chiusura. Il modulo attaccato alla porta RS232 si preoccupa



però di tradurre il telegramma in onde convogliate da diffondere nella rete elettrica. Si può quindi comandare l'accensione o lo spegnimento di luci, la variazione di intensità di una lampada, l'impostazione di un timer, ecc. Il programma può contenere una interfaccia personalizzata e facilitare la gestione di una serie di apparecchiature elettriche presenti nella casa. Impostando opportunamente i timer, si può realizzare un sistema automatizzato che funziona anche senza



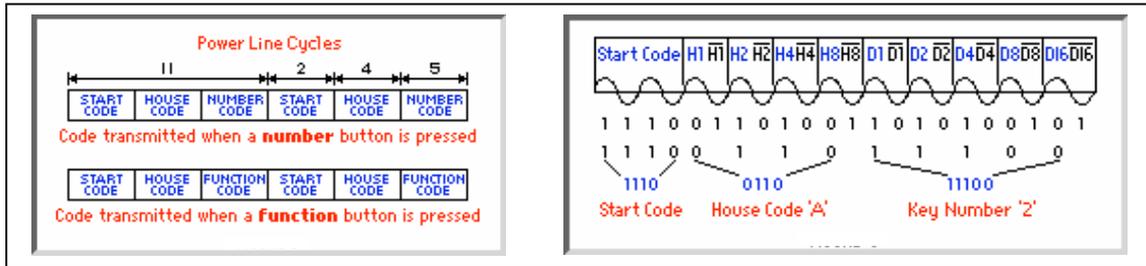
la presenza del calcolatore (a calcolatore spento).

Una pratica diffusa è quella di abbinare l'uso dei sistemi X-10 dove sia presente un calcolatore, con i comandi impartiti in modo remoto (telefono cellulare, internet, ecc.). Si realizza così un sistema gestibile da lontano. L'utente, agendo sul proprio cellulare, può comandare il funzionamento delle applicazioni della propria abitazione anche quando si trova all'altro capo del mondo. Il metodo più immediato è quello di installare sul calcolatore che gestisce il collegamento X-10 un server WAP²⁶. Il linguaggio che si usa per gestire il colloquio con il telefono WAP è il WML, un linguaggio molto semplice e con pochi comandi derivato direttamente da XML. Si possono usare però anche sistemi come Microsoft ".net" che, offre un'ampia possibilità di sfruttare una notevole quantità di automatismi.

House	Codes				Key	Codes					COMMANDS	COMMANDS				
	H1	H2	H4	H8		D1	D2	D4	D8	D16		D1	D2	D4	D8	D16
A	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	All Units Off	0	0	0	0	1
B	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0	All Lights On	0	0	0	1	1
C	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0	On	0	0	1	0	1
D	0	0	1	0	4	0	0	1	0	0	Off	0	0	1	1	1
E	0	0	0	1	5	0	0	0	1	0	Dim	0	1	0	0	1
F	1	0	0	1	6	1	0	0	1	0	Bright	0	1	0	1	1
G	0	1	0	1	7	0	1	0	1	0	All lights Off	0	1	1	0	1
H	1	1	0	1	8	1	1	0	1	0						
I	0	1	1	1	9	0	1	1	1	0						
J	1	1	1	1	10	1	1	1	1	0						
K	0	0	1	1	11	0	0	1	1	0						
L	1	0	1	1	12	1	0	1	1	0						
M	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0						
N	1	0	0	0	14	1	0	0	0	0						
O	0	1	0	0	15	0	1	0	0	0						
P	1	1	0	0	16	1	1	0	0	0						

È riportata in tabella la lista delle codifiche e il formato dei pacchetti necessari per scrivere il codice per la gestione X-10.

²⁶ In genere si sceglie Kannel perché tra i più usati e di tipo Open source. Anche altri server possono servire allo scopo come quello messo a punto da Nokia che però viene dato in prova gratuita solo per 30 giorni e poi viene richiesto il pagamento di un importo per l'acquisto.



Rimandiamo all'abbondante e dettagliata manualistica disponibile in rete per ulteriori informazioni

3.1.1. Sistema Casa

Il Sistema Casa 2000 utilizza la tecnologia X-10 e la integra con una tecnologia cablata. Con queste tecnologie è in grado di gestire la sicurezza antintrusione, l'impianto HVAC, i sistemi di illuminazione e molte altre applicazioni dell'ambiente domestico. È stato uno dei primi sistemi specializzati nella home automation ad essere diffuso in Italia, con costi ragionevolmente accessibili. La sua programmazione e installazione è normalmente eseguita da installatori esperti, ma in talune condizioni, può essere fatta anche da utenti che hanno una predisposizione per il "fai da te".

Il sistema può essere programmato tramite consolle o personal computer, sia in collegamento locale che remoto, in cinque modalità di funzionamento, adattabili agli stili di vita: spento, giorno, notte, fuori, assenza.

La programmazione delle unità collegate è estremamente flessibile e può avvenire su base oraria e giornaliera, oppure secondo particolari eventi (scenario buongiorno, buonanotte, vacanza, serata con gli amici, ...). I programmi permettono: l'accensione e lo spegnimento di luci ed elettrodomestici, la variazione dell'intensità luminosa delle lampade, temporizzazioni on/off, variazione della temperatura di funzionamento degli impianti termici, ecc.

Possono essere programmate oltre 30 funzioni utente, costituite da sequenze di operazioni attivabili con un solo comando.

Gli ultimi 100 eventi riguardanti inserimenti/disinserimenti, allarmi guasti, ecc. vengono registrati con data e ora. Il sistema può gestire in modo indipendente due unità abitative contigue.

Il sistema può essere dotato di un ricevitore radio, per il collegamento dei sensori, per potere effettuare l'attivazione delle funzioni anche tramite un pulsante radio e per il telesoccorso. Possono essere collegate sirene sia all'esterno che all'interno.

2.3.3.1 HAVi

HAVi è uno standard che permette di collegare tra loro prodotti elettronici di consumo e vari elettrodomestici. Applicazioni particolari come una televisione a comandi vocali o un collegamento del telefono alla televisione in modo che ad ogni chiamata il televisore diventi muto e permetta di rispondere con comandi vocali a viva voce sono possibili con lo standard HAVi.

Otto delle maggiori compagnie produttori di elettronica di consumo hanno sviluppato lo standard che permette la modalità "plug and enjoy" e la facile interoperabilità. Le compagnie sono: Grundig AG, Hitachi Ltd., Matsushita Electric Industrial Co. (Panasonic), Royal Philips Electronics, Sharp Corporation, Sony Corporation, Thomson Multimedia e Toshiba Corporation.

Lo standard è stato sviluppato per fornire alle reti audio/video casalinghe capacità di trasmissioni a largabanda di pacchetti audio e video e per realizzare una facile funzionalità "plug-and-enjoy" attraverso interfacce digitali IEEE-1394 (i.LINK™ or FireWire™).

Le specifiche HAVi definiscono un insieme di API (Application Programming Interfaces) e un middleware capace di individuare i dispositivi nella rete, coordinare le funzioni dei vari dispositivi installare applicazioni e interfacce amichevoli negli apparecchi e assicurare l'interoperabilità sulle apparecchiature anche se provenienti da costruttori diversi.

L'organizzazione HAVi promuove l'architettura HAVi e lo sviluppo di "interconnecting bridges" come ad esempio Jini and Universal Plug and Play (UPnP).

Partendo dal concetto che gli oggetti elettronici più usati sono quelli dedicati al divertimento, sarebbe interessante che ognuno di questi fossero gestibili da ogni posizione usando quelli più a portata di mano.

Con l'arrivo delle comunicazioni a larga banda e la digitalizzazione degli apparecchi audio e video è arrivato il momento di rendere disponibile un sistema che offra un semplice e completo controllo di una tecnologia complessa.

HAVi è una rete AV digitale che fornisce specifiche software ad una rete casalinga per una spinta interoperabilità senza la necessità di aggiungere pezzi di hardware tra le apparecchiature domestiche per il divertimento. Lo sviluppo delle specifiche HAVi è stato centrato sull'audio/video potendo così soddisfare tutte i requisiti di questo settore. Un apposito middleware (sistema operativo) gestisce segmenti AV multidirezionali, schedula gli eventi, gestisce i registri e fornisce API per la generazione in tempo reale di una nuova generazione di applicazioni. Il software HAVi, indipendentemente da costruttore, ha il vantaggio di basarsi su potenti controllori presenti all'interno del modem AV. La scelta delle trasmissioni attraverso sistemi con tecnologia IEEE 1394 (i.LINK® or FireWire®) è stata particolarmente felice in quanto questo sistema è in grado di supportare simultaneamente un intenso traffico audio/video anche superiore a quello necessario al sistema.

I maggiori fornitori sono oggi in grado di produrre apparecchiature di questo tipo.

HAVi fornisce istantaneamente le funzionalità per il completo controllo del sistema senza costringere l'utente a definirsi "Amministratore di sistema". Tutti i dispositivi che vengono aggiunti alla rete automaticamente si installano da soli le applicazioni software e l'interfaccia che serve. La complessità e la sofisticazione è stata costruita all'interno dei prodotti come corredo in modo tale che non necessiti nessun adattamento esterno e risulti semplice per l'utente.

Ogni applicazione che viene collegata alla rete HAVi è automaticamente registrata in modo tale che le altre apparecchiature possano conoscere e usufruire delle funzionalità aggiunte. Infatti i dispositivi HAVi automaticamente pubblicano la loro presenza e le loro funzionalità. La diversità delle funzionalità è gestita dalle API che possiedono la definizione di tutte le

funzioni AV. Questo significa che un videoregistratore può trovare autonomamente nella rete un orologio sul quale sincronizzare i suoi timer. Il sistema è aggiornabile e le funzionalità dei dispositivi possono venire aggiunte mano a mano che si rendono disponibili. In questo modo il sistema manterrà la sua validità anche nel futuro.

Sono disponibili adattatori per sistemi di controllo della casa (domotici), sistemi di sicurezza, sistemi di comunicazione e applicazioni basate su calcolatori.

3.2. EHS

3.2.1 EHS Versione 1.1

Riportiamo in questo trattato brevi cenni ad alcune caratteristiche di questo standard anche se sostituito dalla successiva versione 1.3. La versione 1.1, infatti, era molto più estesa e completa e può servire come riferimento per la comprensione di un protocollo potente, ma allo stesso tempo semplice per l'utente. Lo standard EHS nato per sostituire tutti i protocolli europei prevedeva di utilizzare tutti i mezzi possibili di comunicazione: definizioni complete

Medium	Sigla	Velocità
Power Line	PL	2.400 bit/sec
Twisted pair 1	TP1	9.600 bit/sec
Twisted pair 2	TP2	64.000 bit/sec
Coaxial cable	CX	9.600 bit/sec
Radio Frequency	RF	1.200 bit/sec
InfraRed	IR	1.100 bit/sec

sono state realizzate per i mezzi PL, TP, CX, RF e altre erano state considerate come sviluppo futuro (ad esempio le fibre ottiche). Le definizioni sono complesse ma molto potenti. Nella tabella a fianco sono riportate le velocità massime relative ad ogni mezzo di trasmissione.

Il protocollo si ispira ai livelli OSI dei quali ne

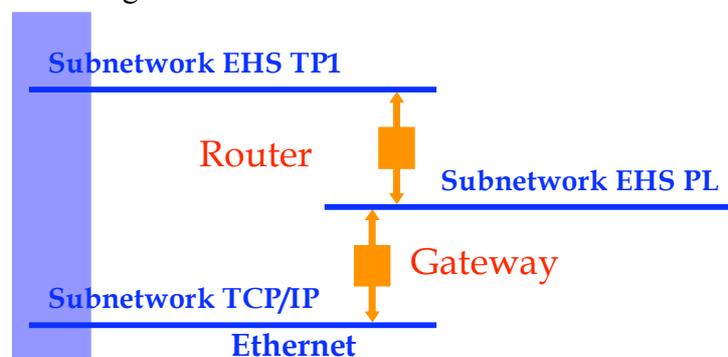
utilizza solo 4:

- 1) il mezzo fisico
- 2) il collegamento al dato della rete (link)
- 3) l'instradamento (Network);
- 7) Livello applicazione.

I livelli 4, 5 e 6 sono vuoti.

Per realizzare il sistema Plug & Play vengono realizzate varie sottoreti collegate tra loro da router. Non sono permessi collegamenti ciclici. Per esempio ipotizziamo che la sottorete 1 sia collegata con la sottorete 2 e questa a sua volta sia collegata alla sottorete 3. Un ulteriore collegamento tra sottorete 1 e sottorete 3, collegamento ciclico o doppia possibilità di instradamento, provocherebbe l'arrivo di doppi messaggi nella rete, creando condizione di errore. E' anche prevista la presenza di Gateway che collegano la rete EHS a reti esterne che comunicano con differenti protocolli e *router* che collegano invece sottoreti con lo stesso protocollo. Ad esempio è possibile collegare due sottoreti EHS attraverso una linea telefonica o una rete locale Ethernet.

Queste possibilità aumentano la potenza e la flessibilità del sistema. Ogni sottorete può utilizzare un unico mezzo di comunicazione tra quelli previsti. I dispositivi collegati alla sottorete, per il tramite del router, ha completa visibilità di tutto il sistema. In un sistema convivono diverse applicazioni che non interferiscono tra loro anche se possono condividere i dispositivi. Un termostato, ad



esempio, può essere utilizzato sia dall'impianto di riscaldamento, sia dall'impianto anti-incendio, sia da quello preposto al condizionamento dell'aria. Il sistema è espandibile in ogni momento con l'aggiunta di dispositivi nella sottorete.

Il sistema EHS 1.1 adotta il modello *Client/server*. I dispositivi che forniscono i dati (tipicamente i sensori) sono *server* e le apparecchiature domestiche che si servono dei valori dei sensori sono *client* (es.: il *client* condizionatore si serve dei valori forniti dai *server* termostati). Più *client* possono condividere un *server*.

Molte applicazioni sono state definite per questo standard per quanto riguarda le telecomunicazioni, audio/video e la gestione della casa. Per la scrittura delle applicazioni è stato definito un linguaggio *Object Oriented*. Il linguaggio considera oggetti i dati forniti dai *server* come ad esempio la temperatura misurata da un termometro EHS o l'angolo e il fattore di zoom di una telecamera EHS. Alcuni oggetti sono in sola lettura mentre altri possono essere impostati dall'applicazione. Ad esempio l'oggetto *telecamera.angolo* e *telecamera.zoom* sono in lettura/scrittura mentre *termometro.temperatura* è un oggetto in sola lettura.

Una applicazione EHS (modello base CoD) si compone di due tipi di entità che comunicano tra loro attraverso la rete EHS:

- Entità di controllo o "Feature Controller" (**FC**). È il cuore dell'applicazione e si basa sugli oggetti messi a disposizione dalle risorse. Mandano richieste per l'accesso alle risorse
- Entità risorsa o "Complex Device" (**CoD**). Ciascuna risorsa è descritta in due byte detti *Device Descriptor* (**DD**)
 - o 1° Application Area
 - o 2° Type of Device

Le entità di controllo ricevono le richieste di accesso da parte dei controlli e possono:

- Accettare la richiesta
- Rifiutare la richiesta
- Accodare la richiesta

Per permettere di ottimizzare i costi e distribuire meglio i compiti tra i dispositivi (modello "Simple mode"), un CoD può essere suddiviso in;

- Device Coordinator (**DvC**)
- Simple Device (**SiD**)

L'indirizzamento in EHS si basa sulle "unità" (FC, DvC, SiD, ecc) e sulle "stazioni", dispositivi fisici allacciati alla rete che possono essere composti da più unità. Per indirizzare una unità B da una unità A si deve specificare

- l'indirizzo di B (relativo alla sottorete di B),
- Il numero di router che devono essere attraversati
- Gli indirizzi di tutti i router nelle relative sottoreti (max 8)

Gli indirizzi vengono assegnati in modo univoco nella sottorete con un complesso meccanismo di registrazione

- CASO 1: in ogni sottorete esiste una speciale unità detta *Medium Controller* (**MdC**) in grado di assegnare un indirizzo alle unità al momento del Plug-in
 - o La funzione di MdC può essere inclusa nei dispositivi più sofisticati (esempio un sistema di allarme, una caldaia, ecc.)
 - o Soluzione più efficiente
- CASO 2: Distributed Address Assignment (DAA) - al momento del Plug-In una unità prova a mandare un messaggio ad un indirizzo casuale e se non riceve "conferma" assume l'indirizzo utilizzato, altrimenti ne prova un altro.
 - o Tutte le unità devono includere questo meccanismo (CoD, SiD,...)

Il meccanismo di registrazione prevede vari altri casi:

- Meccanismi sofisticati per evitare di dover ri-assegnare l'indirizzo ogni volta che un dispositivo viene spento (o scollegato)
- Il modello "Simple mode" non prevede indirizzamento variabile, ma una impostazione iniziale (es.: con dip switch)
- Utilizzo di un codice di quattro byte che ogni unità ha memorizzata in modo permanente (sempre diverso per definizione)
- Fase di enrolment per costruire percorsi utili alla cooperazione di unità
- Scambio (o pubblicazione in rete) dei Device Descriptor per attivare cooperazioni utili

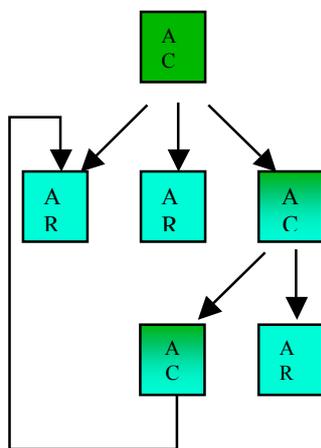
3.2.2 EHS Versione 1.3

La versione 1.3 di EHS è un sottoinsieme della versione precedente. È studiato per l'integrazione con lo standard Konnex con il quale è possibile coprire la totalità dei domini di *home* e *building automation*. Il settore del building automation viene meglio gestito da protocolli che permettono sofisticate configurazioni statiche di componenti (non *plug & play*). La possibile integrazione con i protocolli KNX rende inutile l'utilizzo di tutti i mezzi di comunicazione meno comuni. Si è pensato quindi di limitare questa nuova versione al mezzo PL che nel dominio "*home automation*" rende tutto più facile e immediato. Lo standard EHS 1.3 permette l'interoperabilità tra dispositivi di diversi costruttori che si basano su questo protocollo.

Questo protocollo permette di mettere in comunicazione tutti i dispositivi domestici e basandosi su:

- applicazioni basate su di un modello client-server;
- una rete PL Plug & play - nessuna necessità di installatori esperti: i dispositivi vengono installati direttamente dagli utenti;
- il "device type" per identificare le applicazioni;
- un protocollo per configurare automaticamente i collegamenti – dispositivi e server web vengono predisposti dall'utente
- comandi predefiniti per la comunicazione tra dispositivi;
- un gateway che permette la connessione al mondo Konnex e attraverso quest'ultimo avviene la possibilità di interagire con sottoreti TP, RF, ecc.
- altri gateway che possono connettere reti EHS/KNX al mondo esterno: telefono, internet, ecc.

I singoli prodotti sono parte di un'applicazione e sono distinti in sistemi di controllo, elettrodomestici, sensori gateway e router. Il client del sistema controlla (application Controller – AC) gli altri dispositivi e fornisce l'"intelligenza" al sistema: attiva luci ed elettrodomestici, fa aumentare la temperatura ambiente all'occorrenza, ecc. I server (application resource – AR) invece sono controllati e offrono i servizi richiesti: forniscono l'indicazione della temperatura, lavano la biancheria, ecc.



Un AC non ha uno specifico "type" in quanto può controllare tutti gli AR. Al contrario un'AR è identificata da un "device type" (del tipo "Lavatrice", "TV", "Caffettiera", ecc.) che è descritto nel "functional block type" (FB type). Ogni FB type ha uno specifico insieme di comandi e funzionalità definite dalle specifiche per l'interoperabilità. Ad esempio una lavatrice è predisposta per "ON", "OFF", "WASH", "RINSE", "SPIN". Un AC può controllare

contemporaneamente vari AR e i possibili conflitti che possono sorgere sono risolti dal protocollo. Sono stati previsti anche dispositivi che per alcune funzioni sono AC e per altre sono AR. Si può prendere ad esempio un telecomando (AC) che controlla un televisore (AR). Il televisore a sua volta controlla (AC) un paio di casse acustiche (AR) dove invia il suo audio. In questo caso abbiamo i tre dispositivi:

- AC Telecomando
- AC/AR Televisore
- AR Casse acustiche.

Si può quindi creare una gerarchia di dispositivi AC – AR dove alcuni dispositivi possono assolvere ambedue le funzioni. Poiché più controller possono controllare una stessa risorsa e un controller può controllare più risorse la struttura di un'applicazione può divenire piuttosto complessa.

Un linguaggio “*Command level*” permette lo scambio di messaggi ad alto livello coprendo un vasto campo di applicazioni. Le specifiche delle applicazioni definiscono il formato dei comandi e forniscono i codici necessari. I comandi hanno il seguente formato:

- Oggetto – sono due byte con i quali si seleziona la categoria degli oggetti destinatari (es.: luci, audio/video, elettrodomestici bianchi) e il tipo di variabile, stato o evento che si vuol trasmettere (es.: dimming, volume, temperatura). I due byte contengono una codifica definita nelle specifiche (es.: 15=”audio” e C0=”Volume” o 46=”ventilazione e C0=”fattore di flusso dell’aria”). Possono essere aggiunte alcune codifiche specifiche di un costruttore.
- Servizio – 1 byte con il quale si specifica l’azione da intraprendere (es: valore da impostare, valore da rilevare, notificare un evento);
- Dati – E’ l’eventuale valore (i) che si vuol trasmettere (es.: valore di dimming, valore del volume, stato).

Il metodo di indirizzamento prevede tre tipi di indirizzi:

- Indirizzo individuale: questo indirizza un singolo dispositivo (es.: una particolare lampada)
- Indirizzo di gruppo: con questo tipo si indirizzano tutti i dispositivi di un determinato tipo.
- Indirizzo per prenotazione – Con questo sistema si possono raggiungere tutti i dispositivi che si sono prenotati per quel messaggio (es.: tutti i controllori che sono interessati alla temperatura di una particolare stanza).

Il protocollo EHS 1.3 si ispira al modello OSI del quale implementa i livelli 1, 2 e 7. Ai vari livelli può comunicare con il protocollo KNX tramite un apposito “*frame converter*”.

3.3. Konnex (KNX)

Lo standard Konnex è nato nel 1999 come convergenza di tre principali standard europei con lo scopo di renderli compatibili tra loro: Batibus (*Batiment Bus* - Francia), EIBus (*European Installation Bus* - Germania) e EHS (*European Home System*). L'unione delle tre forze permette ad un'unica organizzazione di convogliare maggiori sforzi nella ricerca con maggiore probabilità di successo. Il vantaggio è stato anche quello di cogliere gli aspetti migliori da ciascuno dei tre standard, definire una piattaforma comune e coprire le richieste di ciascun settore prima coperto singolarmente dalle tre diverse specifiche.

EIBus era nato in Germania come tecnologia proprietaria della Siemens con l'intento di automatizzare grandi complessi come aeroporti, grandi edifici, ecc.. Batibus invece era il sistema francese di Schneider. In seguito la Commissione Europea spinse per la definizione di un nuovo standard europeo per la domotica che fosse innovativo che potesse sostituire tutti i precedenti. Nacque così un consorzio con tutti i maggiori costruttori di elettrodomestici che partecipò all' "Esprit Project 6782" nel quale fu definito lo standard e la tecnologia EHS. Le caratteristiche innovative e la potenzialità facevano intravedere un grande successo dell'EHS. Si prevedeva di utilizzare tutti i mezzi possibili²⁷. Una serie di circostanze²⁸ fece cadere in disgrazia EHS tanto che anche la Commissione Europea smise di spingerlo. Le tecnologie non furono del tutto abbandonate in quanto varie industrie le avevano adottate e non volevano perdere gli investimenti fatti. Ci si rese conto però che tre sistemi da proporre ad un mercato che non era ancora decollato erano troppi. Ci fu così la convergenza e la nascita di Konnex.

Il nuovo standard è aperto nel senso che appartiene all'associazione degli utenti. È inizialmente nato sull'impronta della tecnologia di EIB al quale si sono aggiunte le possibili configurazioni di Batibus e di EHS. EIB era nato con lo scopo di coprire le esigenze di automatizzare grossi edifici ma prevedeva di coprire anche l'area di impianti più semplici. Si basava su configurazioni complesse e stabili impostate da un installatore professionista. Batibus invece aveva come scopo quello di permettere realizzazioni a basso costo e di dimensioni non troppo grandi. EHS invece prevedeva soluzioni "Plug and play" (configurazioni automatiche) che non sempre si possono adattare a tutte le richieste specialmente nella versione attuale che ha ridotto le possibilità di espansione. La convergenza delle tre soluzioni è stata necessaria per creare una unica tecnologia capace di adattarsi a tutte le esigenze e coprire il mercato europeo con maggiore autorità.

Konnex quindi prevede tre modalità:

- **A-mode** (*Automatic mode* derivato da EHS) dedicato alle abitazioni: Elettrodomestici bianchi, riscaldamento, condizionamento (HVAC) e altri elettrodomestici. Con questo sistema la configurazione viene creata dinamicamente e automaticamente dal sistema e non necessita di interventi per l'installazione.
- **E-mode** (*Easy mode* derivato da Batibus) dedicato alle abitazioni e a piccoli edifici; HVAC, illuminazione, sicurezza. La configurazione prevista con questo sistema viene definita con una procedura molto semplice: premendo cioè appositi pulsanti e con tag logici.

²⁷ Erano stati definiti per EHS i protocolli per TP, PL, RF CX e si aspettava a breve anche l'estensione alle fibre ottiche. Aveva la possibilità di essere plug & play (configurazione automatica) e un sistema di indirizzamento dinamico e potente

²⁸ Philips smise di occuparsi di elettrodomestici bianchi vedendo tutta la linea all'americana Whirlpool (i marchi Philips, Ingnis, ecc e le fabbriche di Varese, Trento, Siena, Napoli e altre fabbriche europee). Il gruppo Zanussi fu assorbito da Electrolux. SGS Thompson (oggi ST Microelectronics) si dedicò alla produzione di altri microcontrollori. Siemens valutò che in quella circostanza le conveniva spingere il proprio EIB.

- **S-mode** (System mode derivato da EIB) dedicato a: illuminazione, HVAC, sicurezze. Per creare le configurazioni si utilizza un'applicazione di un computer (programma ETS che può essere scaricato in versione demo direttamente dal sito Internet di Konnex). La configurazione così creata si scarica (*download*) sul sistema installato.
- EHS nella vers. 1.3a continua ad esistere, solo per il mezzo di trasmissione PL, ed è compatibile con i protocolli KNX. Mentre gli oggetti KNX nelle tre modalità si interfacciano automaticamente, gli oggetti EHS vers. 1.3a hanno bisogno di un modulo aggiuntivo "*Frame Converter*" che è stato definito all'interno del protocollo KNX.

L'esecuzione delle applicazioni viene definito e realizzato dai rispettivi costruttori²⁹; Konnex si occupa della comunicazione tra dispositivi. Il protocollo è definito in conformità con i livelli OSI. I mezzi previsti dal protocollo sono PL, TP e RF.

Sono riportate nella tabella le definizioni usate nell'architettura Konnex che derivano da quelle definite nei protocolli EHS ed EIB:

EHS terminologia della prima versione		terminologia attuale	
Feature Controller	FC	Application Controller	AC
Complex Device	CoD	Application Resource	AR
Device Descriptor	DD	Functional Block type	FB
Device Descriptor list		Linked Functional Block type	
House Address	HA	Domain Address	DoA
Location Id		Device Number	
Table Selector	TS	Object 1	
Operator Code	OPC	Object 2	
Service		Service	
TS+OPC+Service		Message Topic	MT

²⁹ Vedere le specifiche dell'associazione CECEDE dei costruttori europei di elettrodomestici

3.4. LonWorks

Alla fine degli anni 80 l'azienda americana Echelon mise sul mercato un sistema domotico, il LonWorks, che si basava su di un protocollo proprietario di rete, il LonTalk, su una architettura a intelligenza distribuita e su un microchip che racchiude il protocollo stesso, il NeuronChip.

Il sistema era stato progettato per automatizzare grandi complessi, aerei, navi ecc. Si basa su intelligenza distribuita e su reti P2P (peer to peer). L'utilizzo massiccio di questa tecnologia nei moderni contatori elettrici italiani (si parla di 27.000.000 di contatori installati con questo protocollo) permette una importante riduzione dei costi dei componenti che si basano su questo standard. Questa riduzione è fondamentale per la diffusione di questa tecnologia nelle applicazioni di home automation, che è particolarmente influenzata dall'economicità dei sistemi.

Il sistema, nato come proprietario, oggi è stato reso pubblico ed è stato riconosciuto come standard (ANSI/EIA 709.1 Control Networking Standard). Attualmente è possibile acquistare il NeuronChip o creare un Chip equivalente riscrivendo tutto il codice che è diventato pubblico ed è possibile ottenerlo facendone semplicemente richiesta (<http://global.ihs.com/>). Naturalmente la prima scelta risulta molto più conveniente dal momento che i NeuronChip sono stati prodotti in grande numero e tuttora se ne producono. Usa un bus "aperto" (Rete di controllo aperta o Open Control Network) che significa che ogni applicazione può comunicare con un'altra applicazione senza l'intermediazione di un supervisore.

Il protocollo fornisce servizi che abilitano la comunicazione di un'applicazione (residente dentro un dispositivo) con un'altra attraverso una rete; può fornire se richiesto Acknowledgment dei messaggi, Autenticazione, Gestione delle priorità

LonWorks, come tutte le tecnologie moderne, utilizza vari mezzi di comunicazione. Nella tabella che segue sono stati riportati i principali con le relative velocità, numero massimo di dispositivi e distanze massime copribili,

Tipo canale	Medium	Bit rate	N° Max Dispositivi	Distanza in metri
TP/FT-10	TP	78 Kbps	64-128	500-2200
TP/XF-1250	TP	1,25 Mbps	64	125
PL-20	PL	5.4 Kbps	Dipende ...	Dipende ...
IP-10	LonWorks over IP	Dipende da IP	Dipende da IP	Dipende da IP

Data networks vs Control Networks

Mentre Ethernet è una rete Ottimizzata per scambiare un grosso quantitativo di dati, e i ritardi occasionali sono accettabili la rete LonTalk è ottimizzata per messaggi brevi, costi, prestazioni, tempi di risposta

Il modello LonWorks è strutturato secondo le raccomandazioni OSI;

- tutti i sette livelli OSI sono utilizzati ed ha le seguenti caratteristiche:
- a pacchetto (packet based)
- peer-to-peer
- un algoritmo MAC (Media Access Control) permette di eliminare (o meglio minimizzare) le collisioni

All'interno della rete LonWorks transitano quattro tipi di messaggi (LonWorks Message service):

2. Acknowledged messaging – Messaggi con conferma (max 64 dispositivi alla volta)
Se la conferma non arriva dopo un ritardo prestabilito, il messaggio viene ripetuto (Ritardo e numero di ripetizioni sono configurabili)
3. Repeated messaging – Messaggi ripetuti (usati talvolta al posto delle richieste di conferma)
4. Unacknowledged messaging – Messaggi senza richiesta di conferma
5. Authenticated messaging – Si usa una password di 48 bit attribuita all'installazione ad ogni dispositivo per prevenire accessi non autorizzati

Esistono vari tipi di indirizzo:

- Physical address – Ogni dispositivo nasce con un indirizzo di 48 bit
- Device address – Indirizzo attribuito da un “network installation tool” al momento della connessione di un dispositivo a una rete – viene creato con:
 - Domain ID – Max 32.385 dispositivi nel domain e max 255 subnet nel domain
 - Subnet-ID – Max 127 dispositivi nel subnet
 - Node ID – individua il dispositivo nel subnet
 - Group address – Max 256 gruppi in un dominio e max 64 devices in un gruppo (nessun limite di dispositivi in un gruppo se si usano messaggi senza richiesta di risposta)
- Broadcast address – tutti i dispositivi di un dominio o di un subnet

LonWorks - Variabili

Possono essere definite una serie di variabili che vengono gestite automaticamente dal sistema come temperatura esterna, posizionamento di un interruttore, impostazioni di un attuatore, ecc. Queste variabili vengono mantenute nel sistema e vengono segnalate le loro variazioni. Si usano quando serve conoscere un valore, ma non importa conoscere la posizione del dispositivo che le rileva

La rete lonworks è un insieme di variabili connesse tra di loro come le sinapsi dei neuroni
Lonworks consente lo scambio di messaggi tra devices senza conoscere la topologia della rete, il nome del device o l'indirizzo

Configuration Process

1) System design

- Selezione dei device (lonPoint) e canali

2) Network configuration

- Assegnazione dei Domain ID, indirizzi logici ai devices
- Binding delle SNVTs (connessioni logiche)
- LonTalk protocol parameters in ogni nodo

3) Application configuration

- SCPTs + Plugin

4) Installation

- attach devices, commissioning

3.5. M3S (Multiple Master Multiple Slave)

M3S è stato disegnato come un'interfaccia intelligente per l'ambiente riabilitativo (*general-purpose Multiple Master Multiple Slave*). È un sistema intelligente e le sue specifiche sono disponibili come standard aperto (open standard). Il sistema è in grado di gestire la comunicazione e il controllo in tempo reale dei vari ausili tecnologici. Nel mondo si sono sviluppati svariati ausili adatti alle numerose tipologie di disabilità. Spesso un ausilio viene progettato per risolvere un caso isolato e successivamente viene adottato anche da altri disabili che hanno esigenze simili. La progettazione degli ausili raramente tiene conto degli standard esistenti e di un impiego generalizzato. Spesso un ausilio progettato ad hoc è più efficace di uno studiato per diverse esigenze. In questa situazione però troppo spesso non si tiene conto della sicurezza e del coordinamento delle apparecchiature e della interoperabilità tra strumenti. La flessibilità di questi dispositivi e la loro adattabilità a situazioni diverse diventa perciò difficile e costosa. Anche la manutenzione e durata della validità in ambienti in continua evoluzione (causati spesso da malattie che progrediscono) divengono incerte. Lo standard M3S si propone di rendere integrabili tutti gli ausili necessari, renderli di facile utilizzo, più flessibili (adattabili alle singole esigenze) e offrire condizioni di sicurezza migliorate.

3.5.1 Storia dello standard M3S

Le specifiche M3S sono state prodotte da molti gruppi di lavoro, programmi della Unione Europea e persone individuali. Vengono elencati di seguito i principali contributi:

- Il gruppo di lavoro ISO/TC 173/SC 1/WG-7 ha prodotto lo standard preliminare ISO 7176-17 (Serial Interface for Electric Wheelchair Controllers) che successivamente ha costituito la base per i successivi sviluppi.
- Il programma di ricerca europeo TIDE-M3S creò la fase pilota delle specifiche M3S. L'intenzione era quella di testare soluzioni diverse e dimostrare la fattibilità delle specifiche.
- Il successivo programma SPRINT-IMMeDIate ha rappresentato una fase "ponte" per le specifiche M3S. Furono fatti alcuni miglioramenti delle specifiche, molte realizzazioni e raccolte numerosissime valutazioni degli utenti.

Il programma TIDE-FOCUS realizzò il nucleo principale delle specifiche M3S. Basandosi su ulteriori commenti, regole per la realizzazione e risultati di nuove valutazioni furono aggiornate e completate le specifiche e prodotto il chip-set.

Il mese di ottobre del 1992 fu rilasciato la versione definitiva "Version 1.0 Released October 1992". Queste specifiche preliminari servirono come documento per commenti e discussioni. La versione 1.1 rilasciata nell'aprile 1993 fu considerata la prima vera versione delle specifiche M3S accettata come "*Working Draft by ISO/TC-173/SC-1/WG-7 under number 7176-17*".

Seguì la versione 1.1 revisione B rilasciata in marzo 1994. Specifiche di M3S migliorate che includevano estensioni per un display separato, caratteristiche aggiuntive per il controllo della sicurezza, convenzioni per la terminologia e specifiche meno restrittive per le tempificazioni

La versione 2.0 fu rilasciata nel giugno 1995. Specifiche M3S riscritte per includere l'identificazione di sistemi interamente automatici, possibilità *plug and play*, sicurezze globali migliorate e *links wireless*.

3.5.2 Architettura e principi di funzionamento

Le specifiche M3S sono basate sul modello di riferimento OSI così come definito dall'ISO (Open Systems Interconnection). Questo modello tratta la connessione dei sistemi aperti alla comunicazione con altri sistemi ed è perciò abbastanza adatto per un sistema aperto come M3S. Il modello di rete adottato specifica:

- M3S architecture
- M3S application layer
- M3S data link layer
- M3S physical layer

L'architettura M3S specifica i concetti base mentre gli altri tre elementi fanno parte dell'architettura di rete. Il livello "applicazione" contiene una definizione di come la comunicazione e i dati degli oggetti devono essere interpretati. Il livello "Collegamento al dato di rete" (*data link*) caratterizzano gli oggetti coinvolti nella comunicazione. Il livello fisico è una descrizione a basso livello dei segnali elettrici, dei circuiti di interfaccia, dei connettori e dei cavi.

I sistemi M3S si basano su di un bus e sui dispositivi.

Il bus fisicamente è composto di tre parti il CAN bus per la comunicazione (due fili), POW bus per la distribuzione dell'alimentazione (due fili), e il SAF bus dedicato alla sicurezza. I dispositivi sono modulari, possono cioè presentarsi al bus come più entità diverse. Sono previsti anche più tronconi del bus (tronconi remoti) che possono essere collegati tra loro attraverso speciali dispositivi che fanno uso di comunicazioni wireless. Questa caratteristica è sfruttata quando si vuole connettere il bus di una carrozzina al bus della casa. Si possono anche inserire dispositivi che creano un "ponte" con altri Bus funzionanti con standard diversi (es.: Batibus, EHS, ecc.). Sono definiti di conseguenza gli ambienti:

- *locale/mobile (MLE)*: l'ambiente più vicino all'utente Il sistema viene acceso e spento da questo ambiente e questa parte contiene il dispositivo che ha la funzionalità di gestire la configurazione e il controllo.
- *fisso/remoto (FRE)*: è l'ambiente immediatamente periferico all'utente. Contiene i dispositivi che possono essere controllati dall'ambiente *locale/mobile*.
- *Distante (DE)*: questo ambiente comprende collegamenti che superano la periferia immediata dell'utente e che possono anche coprire il mondo intero; ad esempio: Collegamenti tramite rete telefoniche, telefoni portatili GSM, rete Internet, ecc.

I dispositivi che si utilizzano in M3S sono di 4 tipi:

- Controllo e configurazione
- Input
- Output
- Intermedio

Le funzionalità dei dispositivi possono essere suddivise in 6 tipi

- Generiche - tutti i dispositivi
- CCF - Funzionalità di controllo e configurazione (dinamica basata sulla descrizione contenuta da ogni dispositivo) - Deve esistere almeno un dispositivo con funzione CCF

- Arbitro - deve esistere almeno un dispositivo di questo tipo (i dispositivi CCF normalmente fungono anche da arbitro)
- Batteria - ne deve esistere almeno una
- Transceiver - per connettere più “sottoreti” di M3S
- Feedback - non obbligatorio

Gli utenti previsti sono di 4 tipi con diverse possibilità di operare:

- Utenti disabili o anziani - può effettuare tutte le operazioni tra quelle previste dall’assistente o dal configuratore
- Assistente (es.: terapeuta, parente, ecc.) - Può regolare il sistema sulle necessità e capacità del disabile, può accedere alle sole funzionalità stabilite dal configuratore
- Tecnico di manutenzione - Può accedere a tutte le funzionalità necessarie alla manutenzione (ricerca dei guasti, sostituzioni di componenti, ecc.)
- Configuratore di sistema - Stabilisce limiti e configurazioni corrette e sicure; ha accesso a tutto il sistema

3.6. Standard basati su TCP/IP

Verranno esaminate in questo paragrafo alcune tecnologie e standard in uso con reti dati TCP/IP. Queste reti si stanno imponendo anche in ambienti domotici perché le case, le fabbriche e gli uffici sono sempre più dotati di reti per la trasmissione dati. I costi delle reti si stanno abbassando e il loro impiego diviene sempre più facile per quanto riguarda l’installazione, la manutenzione e l’utilizzo. È facilmente immaginabile che i doppini esistenti rimangano, ma che nel futuro verranno affiancati se non rimpiazzati da collegamenti senza fili, a onde convogliate e a fibre ottiche. A monte di questi sistemi potranno essere inserite infrastrutture per permettere di comunicare via TCP/IP. Si renderanno allora necessari meccanismi per la ricerca dei servizi (*service discovery*), per la negoziazione delle proprietà e per la segnalazione di eventi (es: “la mia casa sta bruciando, interessa a qualcuno?”). A questo scopo sono state studiate alcune tecnologie che si possono classificare con il nome di sistemi di ricerca e comunicazione con i servizi (*Services discovery systems*). Tra queste tecnologie si possono citare JINI, UPnP, SLP, JXTA³⁰.

3.6.1. OSGi

La *Open Services Gateway Initiative* nacque nel Marzo del 1999 ad opera di un gruppo di oltre 60 compagnie tra le quali giganti nel settore della comunicazione come Sun Microsystems, Ericsson, Cisco, Nokia, Siemens, IBM, Motorola, Nortel, Philips, Oracle, Alcatel, Lucent, Toshiba, Texas Instruments, e altri³¹.

È attualmente una società indipendente, non a scopo di lucro che lavora per definire un’interfaccia tra gli apparati domestici intelligenti e le reti dati. Fanno parte di questa associazione circa una settantina di compagnie (tra le quali vi sono: ABB Corporate Research Ltd, Alcatel, Deutsche Telekom, Ericsson, Hewlett-Packard, IBM Corporation, Motorola, Nokia Corporation, Panasonic, Philips, Samsung Electronics, Siemens AG, Sony Corporation, Whirlpool Corporation).

E’ stata fondata con l’obiettivo di creare un *forum* per lo sviluppo delle specifiche, di tipo aperto, per la distribuzione di servizi sia su rete geografica che su reti locali e *device*. OSGi ha

³⁰ Vedi “Fundamentals of Service Discovery Systems” di Kevin L. Mills

³¹ “OSGi Specification Overview” – OSGi (2000)

inoltre il compito di promuovere la domanda di prodotti e servizi che si basano su tali specifiche, attraverso la sponsorizzazione del mercato e un programma di educazione utente.

L'idea di base che accompagnò fin dall'inizio il progetto fu quella di standardizzare un Residential Gateway capace di connettersi con un vasto spettro di applicazioni per lo scambio di informazioni, in modo da fornire una interfaccia tra gli apparati domestici e le reti dati esistenti. La distribuzione delle specifiche fornite da questo gruppo avviene in modo libero ed indipendente. L'OSGi cerca di coinvolgere non solo le case produttrici, ma anche l'utenza finale mediante la pubblicazione di articoli informativi e testi di riferimento o con attività educative. La ricerca si è concentrata fin da subito su una soluzione end-to-end fra i dispositivi della rete domestica ed i provider dei servizi.



È un piano industriale creato per connettere *device* (come per esempio le apparecchiature domestiche e i sistemi di sicurezza), alla rete Internet in modo standard. Con l'utilizzo di tale standard, gli utenti domestici possono per esempio installare un sistema di sicurezza ed essere un grado di cambiare, da un servizio di monitoraggio ad un altro, senza dover installare un nuovo impianto di cavi e *device*. Questo "*service gateway*", è in sostanza una applicazione lato *server*, residente in un computer che funge da *gateway* tra Internet e la casa (o in genere una piccola rete di *device*).

Il componente centrale di questa struttura è il *service gateway* che funziona da piattaforma per tutti quei servizi basati sulla comunicazione. Il *service gateway* permette la gestione di audio, video, dati Internet e multimediali provenienti dalla rete domestica o ad essa destinati. Può inoltre funzionare come un application server per una vasta serie di servizi ad alto livello come la gestione dell'energia, della sicurezza, della manutenzione, commercio elettronico e quant'altro. Il *service gateway* rappresenta per i provider il punto focale di riferimento al quale mirare per fornire tutte quelle tipologie di servizi avanzati nuovi o già esistenti.

La comunicazione tra provider ed abitazione è permessa grazie alla specifica di una *Application Program Interface* (API), messa liberamente a disposizione dei programmatori e scritta in linguaggio JAVA e che quindi può, almeno in teoria, essere esportata su qualunque tipo di piattaforma. Come si può ben capire le caratteristiche che rendono forte ed universale l'iniziativa dell'OSGi sono l'indipendenza da ogni tipo di supporto e la standardizzazione degli aspetti legati alla comunicazione.

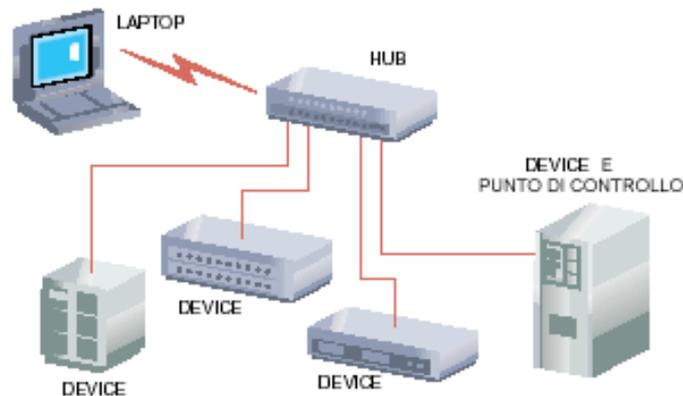
Questa strategia offre, virtualmente a tutte le piattaforme domotiche emergenti, protocolli e servizi per l'interoperabilità di servizi finali e permettendo l'utilizzo di circuiti telefonici, elettrici o di TV via cavo, già esistenti.

3.6.2. UPnP

UPnP (Universal Plug and Play) è una architettura che realizza l'estensione distribuita del Plug and Play, meccanismo proprietario Microsoft, utilizzato nei sistemi operativi da windows-95 in poi. Esso permette la connettività *peer-to-peer* di computer di costruttori diversi, apparecchiature intelligenti, *device* mobili o apparecchiature all'interno della casa.

Lo sviluppo di tale protocollo è effettuato dal UPnP Forum (UPnPF), che è un comitato fondato e diretto da Microsoft, a cui aderiscono anche IBM, Ericsson, Cisco Systems, e Intel.

UPnP permette di scoprire e identificare in modo automatico le risorse connesse in rete, senza necessariamente dover effettuare interventi manuali alla configurazione del sistema. Il funzionamento del protocollo si basa sull'implementazione di protocolli aperti e ampiamente diffusi e ciò per rendere tutto il meccanismo indipendente dal sistema operativo, dal linguaggio di programmazione e dal mezzo fisico utilizzato. Tali protocolli sono IP, TCP, UDP, HTTP e XML. Il protocollo utilizzato dai dispositivi ai fini della rappresentazione delle proprie strutture dati è di tipo dichiarativo ed è l'XML, mentre il protocollo di comunicazione è l'HTTP. Il controllo dei dispositivi di rete non richiede *drivers* specifici ed avviene attraverso l'utilizzo di *browser* o di applicazioni costruite ad hoc.



I *device* UPnP, possono essere implementati utilizzando un qualsiasi linguaggio di programmazione e in qualsiasi sistema operativo. Essi comunicano con il punto di controllo UPnP, il quale può essere una stazione operatore oppure in qualsiasi altro *device* della rete. L'UPnP Forum è preposto inoltre alla standardizzazione delle interfacce di dispositivi comuni (stampanti, fax, scanner, ecc.) e ciò allo scopo di garantire l'interoperabilità tra i dispositivi di produttori diversi ed allo stesso tempo per permettere un abbattimento dei tempi di sviluppo. Non appena un dispositivo viene connesso alla rete, esso ottiene un indirizzo IP, pubblica le proprie caratteristiche ed ottiene le informazioni circa le caratteristiche degli altri dispositivi presenti. Dopo che è avvenuta tale sequenza di operazioni, i dispositivi possono comunicare direttamente tra loro e sebbene non sia espressamente richiesta la presenza di server DNS (RFC1034) e DHCP (RFC2131), se questi sono presenti vengono utilizzati.

Architettura

L'architettura UPnP è a livelli ed è basata sull'utilizzo di standard internazionali, allo scopo di garantire l'iteroperabilità tra i vari costruttori e UPnP Forum di preoccupa della definizione dei tre livelli più alti.

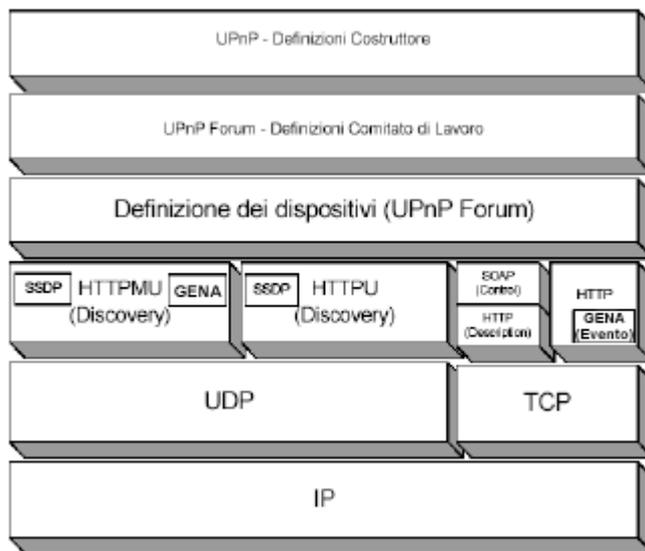
E' utilizzato lo *stack* dei protocolli TCP/IP per garantire il livello base di connessione tra i vari dispositivi UPnP e la comunicazione avviene via HTTP. Più esattamente, i datagrammi che vengono inviati in rete per il *discovery*, sono di tipo UDP e conseguentemente vengono utilizzati i protocolli HTTP di tipo HTTPU e HTTPMU. Viene utilizzato UDP al posto del tradizionale TCP poiché, essendo di tipo *multicast*, permette di avere un basso carico di lavoro per lo scambio dei messaggi, dato che non viene attivata la connessione virtuale come nel caso dell'utilizzo di TCP. TCP invece viene utilizzato per i livelli descrizione, controllo e presentazione.

Per il *discovery* dei servizi, viene utilizzato il protocollo SSDP (Simple Service Discovery Protocol) che viaggia la di sopra di HTTP e HTTPMU (o HTTP multicast UDP). Quando

viene aggiunto un *device* alla rete il livello *discovery* avvisa della presenza del nuovo dispositivo utilizzando HTTPMU, mentre il punto di controllo risponde utilizzando la variante di HTTP denominata HTTPPU (o HTTP unicast UDP) di tipo unicast. HTTPMU e HTTPPU non sono HTTP standard e sono stati creati appositamente per l'utilizzo in UPnP.

L'implementazione combinata di queste due caratteristiche permette, secondo l'UPnP Forum, di eliminare il sovraccarico che si avrebbe nel caso di utilizzo di due metodi separati per il *discovery* e per il *join* dei dispositivi. Di contro però tale soluzione limita la scalabilità del protocollo all'aumentare sia del numero di *device* presenti su una rete locale, sia nel caso di utilizzo in una rete geografica. In quest'ultimo caso, il non poter filtrare i pacchetti *multicast*, necessari per il funzionamento dell'HTTPMU, può creare problemi di traffico sulla rete.

SSDP è molto simile a SLP (Service Location Protocol), un protocollo di basso livello che prevede solo il supporto per il *discovery* e un limitato modello di sicurezza, il che si traduce



però nel vantaggio di permettere l'utilizzo di dispositivi poco complessi e di non richiedere pressoché alcun tipo di amministrazione. SSDP rispetto a SLP, non possiede inoltre la facoltà di creare servizi specificando attributi.

La gestione degli eventi è affidata al protocollo GENA (Generic Event Notification Architecture), una estensione di HTTP, definita da IETF, che invia e riceve notifiche usando HTTP sopra TCP e UDP. Quando un *client* è interessato ad un determinato servizio, esso invia una richiesta in formato GENA, contenente l'indicazione di tale servizio ed il tempo della sua

durata. GENA usa il formalismo XML per la struttura dei dati ed il protocollo HTTP per il trasporto. Un altro protocollo utilizzato nell'architettura UPnP è SOAP (Simple Object Access Protocol), che viene utilizzato per eseguire le chiamate a procedure remote (RPC).

SOAP, a sua volta si basa su XML per la descrizione dei dati e su HTTP per l'effettuazione delle connessioni. Si può rimarcare che l'uso di HTTP non richiede la riconfigurazione dei *firewall* e permette l'utilizzo di SSL per le comunicazioni in sicurezza.

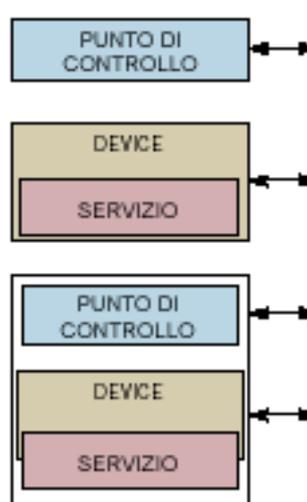
La procedura di connessione di una nuova periferica UPnP alla rete locale segue sei livelli base di funzionamento:



I livelli 0 e 1 e 2 sono quelli fondamentali e sono presenti in tutti i *device* e tutti i punti di controllo, mentre i livelli 3, 4 e 5 sono opzionali. I punti di controllo possono iniziare una

azione direttamente al livello 3 di un *device* e molti *device* offrono solamente gli eventi di tipo messaggio (livello 4) in cui il *device* crea un evento e il punto di controllo ascolta tale evento. alcuni dispositivi possono funzionare da punto di controllo con esclusivamente l'interfaccia di presentazione (livello 5). Il livello di presentazione è sempre richiesto quando il puntatore all'URL di presentazione fa parte della descrizione del *device*. Se invece il punto di controllo interfaccia il *device* via programma e non servendosi del *Web browser*, allora il livello di presentazione non è richiesto.

0. *Indirizzamento* - Per prima cosa è necessario che la periferica possieda un indirizzo di rete IP valido. L'assegnazione di tale indirizzo può essere fatto servendosi di un server DHCP (RFC2131), qualora esso sia presente, oppure attraverso il protocollo *AutoIP* che definisce il modo in cui un *device* sceglie un indirizzo IP, tra una serie di indirizzi riservati.
1. *Discovery* - Un volta in possesso dell'indirizzo IP, i dispositivi fanno parte della rete e devono notificare la propria presenza ai punti di controllo. Questo tipo di notifica è chiamata "messaggio di evento" ed è basata su un modello base di evento *push*. Per fare ciò viene utilizzato il protocollo SSDP con il quale si inoltrano informazioni quali il tipo di *device*, le URL per il controllo e gli eventi,



la tipologia di servizio messa a disposizione e una URL di riferimento per maggiori informazioni sul servizio (presentazione), il tutto presentato in un documento XML. I *deviceUPnP* hanno incorporate delle funzionalità chiamate "servizi" che possono includere funzioni come lo spegnimento del *device*, il controllo dei dati in ingresso e similari.

2. *Descrizione* - Quando un punto di controllo ha scoperto l'esistenza di un servizio, esso si preoccupa di accedere alle ulteriori informazioni, accedendo l'URL contenuta nel messaggio di *discovery*. A tale indirizzo si trova la descrizione del dispositivo espressa in XML e contiene informazioni quali il numero di serie, il nome del costruttore, il codice prodotto, il nome del *device* e altri dati sul funzionamento del dispositivo stesso.
3. *Controllo* - Dopo aver ottenuto le informazioni descrittive del dispositivo, il punto di controllo ha bisogno di richiedere informazioni dettagliate necessarie all'effettivo utilizzo del servizio. Anche tali dettagli sono espressi in XML e comprendono i comandi, le azioni e i parametri per l'utilizzo del dispositivo. Alcune variabili contengono poi la descrizione dello stato del servizio in tempo

reale. Ai fini del controllo del dispositivo, il punto di controllo invia comandi all'URL del servizio, utilizzando il protocollo SOAP.

4. *Eventi* - Il punto di controllo può richiedere di ricevere notifica di ogni cambiamento di stato delle variabili di servizio. Il formato di scambio anche in questo caso è XML e il protocollo utilizzato per la gestione del compito è GENA.
5. *Presentazione (human interface)*- Il *device* può possedere una sua pagina di presentazione che permette al punto di controllo di caricare la relativa pagina in un *browser*. Tale modalità permette all'utente di poter controllare il dispositivo e controllare il suo stato, utilizzando un *browser*.

3.6.3. Web Services

Secondo la definizione data dal W3C (World Wide Web Consortium) per “Web service” si intende una componente software progettata per supportare l’interoperabilità tra sistemi che interagiscono su una rete. Tali componenti di applicazioni, basate su XML (EXtensible Markup Language), HTTP (HyperText Transfer Protocol), UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) e il linguaggio WSDL (Web Services Description Language), comunicano usando protocolli aperti come SOAP (Simple Object Access Protocol). Gli Web services usano XML per codificare e decodificare i dati e SOAP per il trasporto. Con gli web services un’applicazione può pubblicare le proprie funzionalità o messaggi mettendoli a disposizione dell’intera comunità che usa internet. È possibile così rendere disponibili come servizi parti di un’applicazione (ad esempio la conversione di valute, bollettini meteorologici, traduzioni automatiche, ecc.) o addirittura intere applicazioni. È possibile quindi scambiare dati tra diverse applicazioni e diverse piattaforme risolvendo così alcuni problemi dell’interoperabilità.

SOAP è un protocollo standard W3C usato per accedere un web service su HTTP facilitando lo scambio di dati. Ha le seguenti caratteristiche:

- è un protocollo di comunicazione
- è un formato per inviare messaggi
- è stato progettato con l’intento di comunicare via Internet
- è indipendente dalla piattaforma
- è indipendente dal linguaggio di programmazione
- è basato su XML
- è semplice ed estendibile
- permette di superare i firewall

WSDL è un linguaggio standard W3C basato su XML progettato per localizzare e descrivere Web services

3.6.4. Jini

Jini nacque dai primi lavori nel mondo Java allo scopo di rendere più facile il calcolo distribuito. Con questa tecnologia si possono realizzare “dispositivi di rete” (*network devices*) e il calcolo distribuito in rete (*network computing*) costruendo componenti standard in grado di funzionare in qualsiasi ambiente. L’idea è quella di ampliare le funzioni di oggetti comuni come una lampada da tavolo o una sveglia e aggiungere alle funzionalità tradizionali, nuove possibilità che derivano dal collegamento ad una rete. Possono quindi fornire servizi alla rete (ad esempio la sveglia può fornire l’ora) o usufruire di servizi esistenti (esempio la sveglia può rimettersi all’ora esatta fornita dalla rete e la lampada potrebbe spegnersi da sola quando i sensori in rete segnalano che al tavolo non c’è nessuno).

Jini è un ambiente di programmazione distribuita di tipo *plug & play*. Un dispositivo Jini o un servizio software Jini quando connessi ad una rete si annunciano automaticamente e possono essere acceduti immediatamente da altri dispositivi per sfruttare i servizi o per affidar loro un

lavoro appropriato. Queste caratteristiche rendono i dispositivi Jini adatti ad essere utilizzati in varie situazioni come in presenza di reti mobili che variano la loro configurazione frequentemente, nei casi in cui il tempo di connessione è breve o in generale, in tutte quelle reti che non hanno una configurazione statica.

3.7. Cenni ad altre tecnologie

Moltissime altre tecnologie sono state diffuse con successo. Anche se tendenzialmente vengono consigliate tecnologie standard (vedi paragrafo 3.6 conclusioni) non devono essere ignorate le tecnologie proprietarie che spesso per volere del “Mercato” diventano standard de facto o, per volontà del costruttore, vengono presentate come standard riconosciuti da autorevoli enti di standardizzazione, europei o americani (vedi il caso di Echelon – LonWorks).

3.7.1. Andover Control

Andover Control è un sistema proprietario basato sulla rete BACnet (rete realizzata con Bus di Andover Control), specializzato nella Building Automation e automazione industriale. Vengono enfatizzate le doti di semplicità di uso del sistema nonostante la complessità di installazioni possibili con questo sistema. Vengono anche messe in luce le possibilità di interoperare e integrare altre tecnologie con quella di Andover Control. Oltre al bus BACnet questa tecnologia fa largo uso di comunicazioni TCP-IP, RS-232 e RS-485³².

3.7.2. Profibus

Se in Andover si enfatizza la semplicità, in Profibus l’accento è sulla comunicazione. Nata nel campo della automazione industriale e di processo, Profibus è maggiormente adatta in tutti quei contesti critici e in tempo reale dove la tempistica è un elemento critico. Profibus utilizza mezzi di comunicazione come Ethernet e RS-485. I protocolli di comunicazione usati sono contenuti nelle specifiche IEC 61158 e IEC 61784.

3.7.3. My Home

“My home” è il sistema proprietario della ditta BTicino (fatte salve alcune estensioni per l’interoperabilità) che si basa sul di un bus anch’esso proprietario. Il sistema, orientato alla domotica dell’abitazione (home automation) può controllare tutti i dispositivi dell’appartamento e può essere comandato a distanza attraverso un telefono (fisso o mobile) o attraverso Internet.

Il sistema è modulare e può essere installato con un numero limitato di controlli, con la previsione di un successivo eventuale ampliamento (nonostante che il sistema sia proprietario, il successo di questo prodotto e la dimensione dell’azienda che lo produce non fanno prevedere discontinuità nella produzione).

3.7.4. ByMe

ByMe è il sistema proprietario della Vimar. By-me è un sistema Bus facilmente programmabile da un’unica centrale, che permette di tenere sotto controllo tutti gli impianti di casa, dall’illuminazione alla gestione del clima, dall’antintrusione alla videocitofonia. Il

³² RS-485 è una comunicazione seriale del tutto simile a quella effettuata da RS-232, ma con caratteristiche tali che la rendono particolarmente adatta ad essere utilizzata per realizzare reti di dispositivi. Fu sviluppata principalmente da Texas Instruments.

sistema vanta una certa compatibilità con il protocollo Konnex e per l'installazione si ispira a Konnex E-mode. Ogni impianto può essere installato a seconda delle proprie reali esigenze, senza sprechi, e può essere esteso nel corso del tempo al mutare delle esigenze. Inoltre, grazie all'apertura allo standard europeo Konnex, anche dispositivi di altri produttori possono essere installati con By-me, rendendo di fatto illimitata la disponibilità di funzioni a propria disposizione.

3.7.5. BACnet

BACnet è un protocollo standard di Comunicazione Dati per l'automazione di edifici e per le reti di sensori³³, sviluppato dalla società American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) [44].

BACnet nasce dalla frustrazione causata dall'inadeguatezza dei sistemi di controllo (proprietary) nel comunicare con altri sistemi all'interno di un edi cio o con i sistemi di altri produttori[46]. Per questa ragione fornisce [45] l'infrastruttura di comunicazione necessaria per:

- integrare prodotti realizzati sia da di erenti case produttrici, sia per target di erenti;
- integrare servizi o erti in modo indipendente da ciascun prodotto.

Il protocollo BACnet oggi è:

- uno standard nazionale in America;
- uno standard Europeo;
- uno standard adottato in oltre 30 paesi;
- uno standard ISO 2 globale;

BACnet fornisce un modello per trasferire dati come:

- valori di binary input e output;
- valori presi dall'Hardware come analog input e output;
- informazioni come allarmi ed eventi;
- quelli contenuti all'interno di un le, o quelli ricavati dalla logica di controllo.

BACnet non definisce né la configurazione interna, né le strutture dati, e tanto meno la logica di controllo dei controllori o dei dispositivi su cui viene eseguito il protocollo.

Il focus è spostato sull'informazione che necessita essere visibile sulla rete di comunicazione astraendo dai dettagli implementativi. Il tutto si realizza attraverso l'uso di oggetti standard. Il mapping tra oggetti standard e i dati o i processi sottostanti è lasciato a carico del produttore del dispositivo.

Un ricco insieme di servizi è definito dallo standard ma sono definite anche una serie di specifiche, cosicché lo standard può essere implementato dai dispositivi, anche quelli con un ampio numero di funzionalità.

3.7.6. Gewa

Gewa, sistema pensato principalmente come ausilio per disabili, si basa su di un telecomando universale ad infrarossi. È dotato della funzione di autoapprendimento e di una quantità di memoria che gli permette di memorizzare numerosi comandi. L'utilizzo di un sistema di trasmissione a raggi infrarossi (IR) garantisce alti margini di sicurezza in quanto la radiazione infrarossa non attraversa ostacoli quali le pareti e risulta quindi impossibile attivare le funzioni delle stanze attigue. Inoltre tale tipo di radiazione è immune da disturbi di natura elettromagnetica.

³³ 1BACnet è l'acronimo di Building Automation and Control Networks.

Oltre al trasmettitore IR che accompagna l'utente, è possibile installare un ricevitore in ogni stanza e una o più centraline di controllo. Il trasmettitore IR consente così di inviare molte decine di comandi diversi in ciascuna stanza; tali comandi possono essere inviati ai ricevitori del sistema di controllo ambientale o direttamente ai dispositivi che normalmente possono essere comandati da telecomando come il televisore, il videoregistratore e l'impianto Hi-Fi. Questa possibilità è legata alla funzione di autoapprendimento del trasmettitore che consente di "replicare" buona parte dei telecomandi IR normalmente in dotazione agli elettrodomestici. L'utente disabile può agire sul trasmettitore con modalità diverse in base alle proprie capacità residue presenti. In situazioni particolari, si può ricorrere all'uso della tastiera a membrana integrata nel telecomando che utilizza, nei casi di limitate capacità motorie, un sistema a scansione (selezione sequenziale temporizzata di riga e tasto della riga del trasmettitore) attivato tramite sensori personalizzati (meccanici, a tocco, pneumatici, acustici, piezoelettrici, sensibili al movimento delle palpebre). Nei casi di tetraplegia grave si può ricorrere ad un sistema di riconoscimento vocale implementato su personal computer (in questo caso i comandi vengono dati direttamente a voce). Gewa consente di variare in qualsiasi momento l'interfaccia utente, adattandola alle necessità, senza necessità di modifica del sistema (eccetto che nell'interfaccia stessa).

Le funzioni controllabili dalle centraline sono:

- accensione e spegnimento di luci, controllo prese, controllo impianto riscaldamento e condizionamento e in generale qualsiasi dispositivo che richiede per il funzionamento la chiusura di un contatto elettrico,
- l'apertura e chiusura di porte, finestre, tende e tapparelle.

La necessità di controllare dispositivi dislocati in punti diversi dei locali comporta la predisposizione di una canalizzazione adeguata che, a partire dalla centralina, raggiunga sia i ricevitori dei segnali IR (connessione lineare in quanto servono più centraline) che i dispositivi stessi (connessione a stella).

Si osserva che la predisposizione non limita in nessun modo le prestazioni dell'impianto elettrico normale, fatto salvo per fatto che il controllo delle prese di rete che non possono erogare correnti superiori a sette ampere su carico resistivo (ma non necessariamente tutte le prese devono essere controllabili a distanza).

Per completare la gamma dei servizi di questo sistema di controllo ambientale si può utilizzare un telefono a viva voce dotato di un ricevitore IR integrato, consentendo perciò di inviare comandi da carrozzina o da letto, e un citofono che permetta di pre-registrare dei messaggi standard (per persone che presentano difficoltà di comunicazione). In questo modo è possibile la connessione di unità di controllo in più stanze (fino a quattro), abilitare l'apertura della porta di ingresso e l'invio di un avviso se quest'ultima è rimasta aperta. L'utente del sistema potrà pianificare l'aggiunta di nuove funzionalità in base alle proprie esigenze, secondo una graduatoria personale di utilità, iniziando con l'inserimento delle funzioni considerate più importanti (il telefono ad esempio). L'installazione delle centraline rende disponibile fin da subito il controllo delle luci e delle prese mentre, per quanto riguarda l'automazione degli infissi e delle porte, è compito del serramentista installare un meccanismo adatto. Si noti, a tal proposito, che i meccanismi di apertura per porte scorrevoli sono più economici rispetto a quelli per porte ad anta.

3.8. Conclusioni

Peter Colebrook fu uno dei pionieri e un personaggio importante per la domotica. Lavorò per Echelon (compagnia dove era nato il sistema domotico LonWorks) e per Siemens (compagnia

dove era nato il sistema domotico EIB, successivamente confluito in Konnex). In ambedue le compagnie ebbe importanti incarichi. Nel 1993 scrisse un articolo intitolato "Bus Systems for Building Control" nel quale confrontava tra l'altro EIB e LonWorks. Già all'epoca i due sistemi risultavano quelli più promettenti. Oggi, infatti, sono quelli che si sono maggiormente evoluti. EIB è confluito in Konnex subendo un riassetto e acquisendo nuove funzionalità. LonWorks è diventato uno standard e molti costruttori americani hanno sviluppato dispositivi ad esso conformi.

Sul mercato si trovano innumerevoli sistemi domotici che fanno uso delle più recenti scoperte dell'elettronica e dell'informatica, ma sono proprietari e non seguono uno standard. Questo significa che la loro produzione è legata ad una sola, o comunque ad un numero molto ristretto di aziende che ne producono i componenti. Può succedere perciò che la produzione di questi sistemi venga interrotta in ogni momento, se per esempio le aziende produttrici decidono che quel tipo di mercato non è più di loro interesse o se dovessero chiudere per un qualsiasi motivo (difficoltà economiche, anzianità dei proprietari, ecc.). La cessazione della produzione potrebbe avvenire anche perché, per il normale evolversi della tecnologia, il sistema può essere prodotto con tecniche più innovative o più economiche. Chi si fosse rivolto a questo tipo di sistemi domotici, si troverebbe allora nell'impossibilità di sostituire un qualsiasi componente difettoso o di ampliare il proprio sistema. Al contrario, sistemi che seguono uno standard ben definito e pubblico non corrono questi rischi. Infatti molti costruttori utilizzeranno lo standard per produrre componenti concorrenziali sul mercato, creando un'offerta ridondante. In questo caso, quando un qualsiasi produttore interrompe la produzione, altri concorrenti cercheranno di colmare il vuoto lasciato e comunque, se lo standard è di successo, sarà sempre possibile trovare il componente necessario presso un concorrente. Possiamo quindi concludere che gli standard creano un mercato fatto da molti concorrenti che quindi mantengono prezzi e qualità concorrenziali. Non sempre però i sistemi standard costano meno di quelli proprietari. L'evoluzione di uno standard avviene con minore velocità e quindi può succedere che in determinati momenti i sistemi proprietari utilizzino tecnologie più innovative e più costose. Ci sono poi i costi della certificazione dei componenti e quelli per il riconoscimento dello standard.

4. Domotica e Multimedia

4.1 Gli standard audio/video analogici e digitali

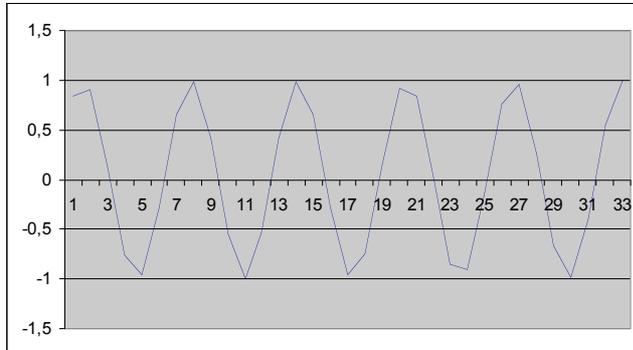
4.2. compressione audio/video

Molte tecnologie viste nei capitoli precedenti usano bus economici, ma efficienti per trasmettere dati audio e video digitali. Questi dati sono legati sia ai tipici strumenti domotici per la sicurezza come i videocitofoni, le telecamere di controllo, ecc, ma anche a sistemi pensati per tempo libero come la diffusione audio, la trasmissione di film, ecc. All scopo di aumentare l'efficienza di tali trasmissioni, spesso si ricorre alla compressione audio e video. Descriviamo in questa parte i principi di queste tecniche senza approfondire nessun approccio

in particolare. Queste pagine potranno rivelarsi utili per avere la chiave di lettura di articoli specializzati.

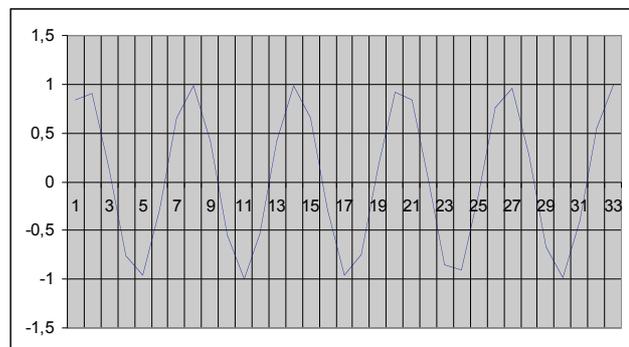
4.2.2. Introduzione all'audio digitale

In figura è riportato un frammento di un'onda sonora tratta da una comune registrazione. Il



suono si propaga con variazioni di pressione dell'aria provocate da una sorgente sonora come l'apparato vocale umano, uno strumento musicale o un altoparlante. Il grafico riporta la pressione dell'aria (ordinate) che varia nel tempo (ascisse). Se noi vogliamo descrivere in modo numerico l'onda riportata nel grafico (descrizione digitale dell'onda sonora) in modo da poterla successivamente ricostruire potremmo misurare l'altezza

della curva presa a intervalli di tempo regolari (un centesimo di secondo, un millesimo di secondo, ecc.). Potremmo cioè utilizzare una griglia come è mostrato nella figura che segue. Risulta evidente che tanto più restringiamo l'intervallo di tempo (la griglia), aumentando il numero delle misure, tanto più la grafica che potremo ricostruire sarà somigliante a quella di partenza. Otterremo perciò un'onda fedele a quella originale e se tradurremo l'onda ottenuta con i numeri che rappresentano le misure in una musica, potremmo affermare che la fedeltà della musica riprodotta potrà avere una migliore qualità. Il problema sta quindi nel valutare quante misure dobbiamo prendere ogni secondo per ottenere una riproduzione di buona qualità. Poche misure al secondo produrranno una riproduzione di scarso livello mentre troppe misure forniranno una qualità ottima, ma saranno difficili da gestire a causa della grande quantità dei dati da trattare.



Nella figura che segue possiamo vedere un esempio di misure effettuate sull'onda. Anche l'accuratezza delle misure influiranno sulla qualità del risultato. Maggiore sarà il numero dei decimali considerati (o numero di bit se usiamo un calcolatore) maggiore sarà la fedeltà.

Nell'esempio sono stati utilizzati cinque decimali.

Si definisce "frequenza di campionatura" il numero di misure effettuate in un secondo e "profondità di campionatura", il numero di bit (decimali del numero) usati per le misure.

Partendo dal concetto che vogliamo riprodurre un suono udibile dall'orecchio umano, dobbiamo considerare che le frequenze udibili dall'uomo vanno da circa 20 Hz³⁵ a circa 20.000 Hz. Queste frequenze variano con l'età: si avvicinano ai 20.000 Hz soggetti molto giovani con udito perfetto.

³⁵ Herz: unità di misura della frequenza ovvero numero di cicli al secondo.

Per definire un ciclo di sinusoida occorrono 2 punti (massimo e minimo - Fletcher & Manson). Per descrivere quindi un'onda da 20.000 Hz occorrono 40.000 punti (misure dell'onda per ogni secondo).

1	0,841471	17	-0,9614
2	0,909297	18	-0,75099
3	0,14112	19	0,149877
4	-0,7568	20	0,912945
5	-0,95892	21	0,836656
6	-0,27942	22	-0,00885
7	0,656987	23	-0,84622
8	0,989358	24	-0,90558
9	0,412118	25	-0,13235
10	-0,54402	26	0,762558
11	-0,99999	27	0,956376
12	-0,53657	28	0,270906
13	0,420167	29	-0,66363
14	0,990607	30	-0,98803
15	0,650288	31	-0,40404
16	-0,2879	32	0,551427
		33	0,999912

Misure dell'onda sonora

Perdendo però qualche punto potremmo arrivare ad avere un disturbo udibile. Per prudenza è stato aggiunto un semitono arrivando così ad una frequenza di 22.050 Hz e quindi 44.100 campioni per ogni secondo. Un CD audio standard usa numeri di 16 bit e una griglia di 44'100 Hz (44'100 misure al secondo).

Indicheremo con il termine “dinamica” la differenza tra il valore massimo e quello minimo di un programma sonoro. Così ad esempio diremo che la dinamica del suono che può emettere una chitarra è meno dinamica di quello di un pianoforte che a sua volta è meno dinamico di un tamburo. La dinamica di un supporto musicale (audio cassetta, disco di vinile, CD, DVD) è data tra la differenza tra il rumore di fondo (fruscio) proprio del supporto e il volume massimo che può emettere senza distorcere. Un “tutto” [ffff fortissimo orchestrale] può arrivare a 120 dB spl (Sound Pressure Level). L'orecchio umano ha circa 20

dB di rumore interno (rumore del cuore e della circolazione sanguigna, ecc.). Per creare un supporto che si avvicini al valore del “tutto” orchestrale occorre ottenere una dinamica di circa 100 dB che sommato ai 20 dB (rumore di fondo dell'orecchio) si arriva appunto ai 120 db

Da queste considerazioni (e svariati calcoli calcoli) si deriva che 16 bit sono sufficienti per ottenere una buona dinamica.

La dinamica di alcuni supporti musicali di uso comune:

- audio cassetta è circa 60 dB (deci Bell)
- disco di vinile è circa 76 dB
- CD (Compact disk) è esattamente 96 dB (ottenibili con 16 bit)

A titolo di esempio possiamo esercitarsi a eseguire qualche calcolo sui supporti musicali più usati: il CD.

Per un secondo di audio (qualità standard di un “CD audio”) occorrono 44'100 misure ciascuna di 16 bit (2 byte)

Un'ora di audio risulta quindi $44'100 \times 3'600 \text{ sec.} \times 2 \text{ byte} = 317'520'000 \text{ byte}$

Un'ora di audio stereofonico (2 canali – destro e sinistro) = $635'040'000$. Ovvero 606 MB

Un CD standard contiene 650 MB = 74 min. Ultimamente sono stati messi sul mercato CD più capienti per superare l'ora di registrazione (fino a 90 minuti), ma non tutti i lettori sono in grado di leggerli.

Per bitrate si intende il numero di bit che ogni secondo di suono consuma e si indica con la sigla Kbps

Per un secondo di audio (qualità CD standard) occorre:

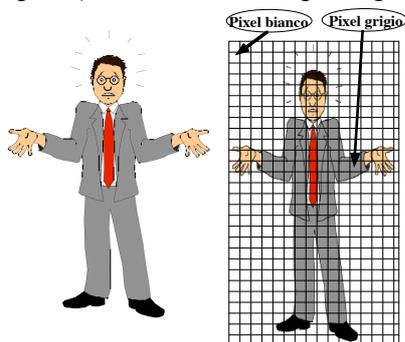
44'100 misure ciascuna di 16 bit per 2 canali (stereo) cioè 1.411.200 bps ovvero circa 1.378 Kbps

Per memorizzare audio digitale si utilizzano diversi valori per la profondità e per la frequenza di campionatura. Il formato utilizzato ha assunto il nome di AIFF o Wave.

Profondità	Frequenza di campionatura	Utilizzo
16 bit	22 KHz	qualità "Radio FM"
16 bit	44,1 KHz	qualità "CD audio"
16 bit	48 KHz	qualità "DVD Video"
24 bit	192 KHz	qualità "Dvd audio"

4.2.3. Introduzione alla grafica digitale

Analogamente a quanto fatto per l'audio, per digitalizzare un'immagine, la inseriremo in una griglia come mostrato nelle figure che seguono, e considereremo il colore di ogni quadratino detto "pixel". L'immagine della figura è formata con quattro colori (rosso, nero, grigio e color pelle). Per descrivere pixel potremo codificare i colori con due bit associando 00 al rosso, 01 al nero, 10 al grigio e 11 al color pelle.



Come approssimazione potremo considerare il colore prevalente di ogni pixel. Con la sequenza formata da tante coppie di bit quanti sono i pixel dell'immagine potremo avere una rappresentazione digitale della figura. Naturalmente se la griglia ha pixel molto grossi, l'immagine che deriva dalla sua rappresentazione digitale sarà molto brutta e poco fedele all'originale, ma infittendo la griglia possiamo arrivare a rappresentazioni della copia indistinguibili dall'originale con l'occhio umano.

Di solito le figure che vogliamo codificare non sono formate solo da quattro colori. In questo caso non basteranno solo due bit per rappresentare tutti i colori necessari. In campo fotografico i colori e le sfumature sono milioni.

Analogamente ai file audio, definiamo "profondità del colore" il numero di bit usati per memorizzare il colore di un pixel.

Un uso abbastanza comune è quello di considerare i tre colori fondamentali rosso, verde e blu. Così la mancanza dei tre colori rappresenterà il nero mentre la quantità massima dei tre colori (mescolati) daranno il bianco. Per formare le tonalità necessarie si indicherà quanto di ogni colore fondamentale è necessario per formarla. La misura comunemente adottata per il colore va da 0 a 255. Questi valori sono comodi perché sono esprimibili con un solo byte. Così ad esempio:

- Per formare il rosso si indica: 255 rosso, 0 verde e 0 blu. (esadecimale "FF0000")
- Analogamente per formare il blu si indica: 0 rosso, 0 verde e 255 blu. (esadecimale "0000 FF")
- Per il viola impiegheremo 127 di rosso, 0 verde e 127 di blu. (esadecimale "7F007F")

Con questo sistema con 3 byte (profondità di colore 24) possiamo indicare $256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$ colori diversi. Questo sistema è conosciuto come RGB (Red, Green, Blue). Altri sistemi sono in uso che, invece di considerare il rosso, verde e blu usano altri colori fondamentali. Il CMYK (Ciano, Magenta, Giallo, Nero), ad esempio, usa quattro colori e la percentuale di ciascun colore. In questo caso il nero è indicato come la presenza di tutti i colori. Questo sistema è utilizzato spesso per stampanti di una certa qualità.

4.2.4. Introduzione alle animazioni

Come nelle soluzioni tradizionali, le animazioni vengono ottenute con rapide sequenze di immagini (fotogrammi o frame). La quantità di fotogrammi al minuto (tipicamente da 20 a

30) e la qualità di ogni fotogramma varia molto per assecondare le varie esigenze. Una grande sala cinematografica con un grande schermo ha bisogno di qualità molto elevate perché i forti ingrandimenti di ogni fotogramma mette in risalto la qualità. Un filmato destinato ad un televisore che, per quanto grande, è sempre molto inferiore allo schermo di un cinema, non ha bisogno di definizioni particolarmente spinte.

Il cinema professionale usa pellicole di 35 millimetri con risoluzioni altissime e una velocità di scorrimento dei fotogrammi di 24 Fps (Fotogrammi per secondo).

Il cinema non professionale utilizza pellicole da 16 millimetri o quello domestico 8 millimetri con 18 o 24 Fps. Questo tipo di formati è destinato a sale cinematografiche di periferia con schermi piuttosto piccoli o, nel caso degli 8 mm, agli schermi domestici. Questi tipi di pellicole amatoriali tendono oggi a scomparire perché le telecamere digitali stanno prendendo il sopravvento. Telecamere digitali stanno comparando in modo sensibile anche per il cinema professionale.

Gli standard televisivi, l'europeo PAL e l'americano NTSC (inferiore al PAL come qualità), usano definizioni abbastanza basse e normalmente non sfruttano neppure tutte le potenzialità che hanno. Per il sistema PAL si hanno 576 linee visibili (625 teoriche) con 25 Fps mentre il sistema NTSC usa 480 linee visibili (550 teoriche) e 30 fps. I sistemi televisivi utilizzano la tecnica dell'interlacciamento; si rinnovano separatamente le righe pari e successivamente quelle dispari. Il numero di pixel per ogni riga è 720.

Con il crescere delle dimensioni degli apparecchi domestici si è sentito il bisogno di aumentare la definizione delle trasmissioni e dei televisori. Si trovano perciò in commercio apparecchi già predisposti per la nuova alta definizione che, dopo lunghe traversie, è stata definita come nuovo standard.

Il cinema ha sempre avuto schermi con la larghezza molto più lunga dell'altezza. Il cinematografo riesce a dare effetti suggestivi sfruttando schermi con particolari curvature concave e molto allargati. Viene proiettata un'immagine deformata che per merito della curvatura si ricompone correttamente nello schermo.

La televisione invece ha iniziato con schermi piuttosto quadrati e convessi. Attualmente gli schermi televisivi sono diventati sempre più piatti e, per uniformarsi al cinema, si è passati da una proporzione larghezza-altezza di 4/3 a quella attuale di 16/9.

4.2.5. La compressione dei file

Dai paragrafi precedenti possiamo dedurre una conclusione: ad un incremento della qualità delle produzioni multimediali digitali corrisponde un incremento delle dimensioni del file che lo descrive. Nel caso di file audio maggiore è la frequenza di campionatura e la profondità e maggiore sarà il numero di bit da immagazzinare. Anche nel caso di immagini, se vogliamo aumentare il numero di colori (sfumature di colore) o la risoluzione, occorrerà aumentare il numero di bit necessari per la memorizzazione. Nelle animazioni la qualità è data dalla qualità di ogni singolo fotogramma, dal numero di fotogrammi al secondo e dell'audio. Anche in questo caso il numero dei byte necessari per la memorizzazione (o la trasmissione) cresce al crescere della qualità.

Da queste considerazioni sembrerebbe poter dedurre che se vogliamo immagazzinare o trasmettere file multimediali di buona qualità dobbiamo servirci di mezzi di comunicazione veloci (e quindi costosi) o di supporti per la registrazione molto capienti (anche questi costosi). Di conseguenza se i mezzi sono economici, dobbiamo accontentarci di qualità mediocri. La possibilità di comprimere i file invece, ci permette di trattare audiovideo di alta qualità senza doverci per forza dotare di mezzi troppo potenti e costosi. Con la compressione possiamo perciò memorizzare su di un CD (dischetto, memoria flash, ecc.) file più grandi

della capienza del supporto. O trasmettere in reti con velocità limitate, file più grandi di quanto sarebbe permesso senza la compressione.

La compressione dei file risolve vari problemi, ma ne aggiunge altri. Per comprimere un file infatti occorre una capacità elaborativa che cresce al crescere della quantità di byte che vogliamo risparmiare. Esamineremo questo problema con maggiore dettaglio più avanti.

4.2.5.1. La compressione RLE

Immaginiamo di dover leggere e memorizzare un archivio di dati anagrafici di 15.000 persone, con il seguente tracciato:

- **Nome** (25 caratteri);
- **Cognome** (25 caratteri);
- **Città** (31 caratteri)
- **Provincia** (15 caratteri);
- **Attività** (20 caratteri)

Nome	Cognome	Città	Provincia	Attività
Giovanni	Bianchi	Castellammare di Stabia	Napoli	Perito Industriale
Giuseppe	Verdi	Busseto	Parma	Musicista
Aldo	Neri	Asciano	Siena	Agricoltore
Mario	Rossi	Fregene	Roma	Ragioniere
Gioacchino	Rossini	Pesaro	Pesaro	Musicista
.....
Walter	Chiari	Roma	Roma	Attore
Riccardo	Muti	Milano	Milano	Musicista
Domenico	Parlanti	Castellina in Chianti	Siena	Enologo
Vittorio	Gasman	Roma	Roma	Attore
Nino	Taranto	Napoli	Napoli	Attore

Alcune righe della tabella

Questa tabella conterrà quindi 25 caratteri per la colonna che contiene il nome. Possiamo notare che in molte righe il nome è più corto di 25 caratteri e alla fine ci saranno vari spazi fino a riempimento del capo. La grandezza del file è dunque 15.000 righe x (25+25+31+15+20) = 1.740 byte. Questo file non entrerebbe in un dischetto standard di 1440 KB.

Per memorizzare questa tabella possiamo fare una piccola elaborazione preventiva. Potremmo eliminare i caratteri ripetuti per più di tre volte aggiungendo però l'indicazione di quale carattere è stato eliminato e di quanti sono. Nel nostro caso potremmo scrivere:

```
Giovanni# 17Bianchi# 18Castellammare di Stabia# 8Napoli# 9Perito Industriale
Giuseppe# 17Verdi# 20Busseto# 24Parma# 26Musicista# 6
Aldo# 21Neri# 21Asciano# 24Siena# 10Perito Industriale
Mario# 20Rossi# 20Castellammare di Stabia# 8Napoli# 9Ragioniere# 10
Gioacchino# 15Rossini# 18Busseto# 24Parma# 26Musicista# 6
.....
```

In questo file il carattere “#” indica che segue l'indicazione di un carattere soppresso e subito di seguito il numero di ripetizioni sopprese. Così nella prima riga subito dopo “Giovanni” troviamo il carattere “#” (carattere segnale), lo spazio (carattere soppresso) e il numero 17 che significa che devono essere ripetute 17 occorrenze del carattere spazio. Analogamente per tutti gli altri campi.

Con questo accorgimento le prime 5 righe occupano 309 byte al posto di 580 con un risparmio medio di circa il 47%.

Possiamo quindi supporre con buona approssimazione che un file di questo tipo, se occupa 1,7 MB, con l'applicazione di questo semplice metodo, conosciuto con il nome LRE (Run Length Encoding), possa ridursi a 0,9 KB. In questo caso potrebbe essere memorizzato in un dischetto.

Possiamo concludere che con il metodo LRE si deve aggiungere una piccola elaborazione iniziale (compressione del file) e una piccola elaborazione ogni volta che dobbiamo utilizzare la tabella (decompressione o espansione del file), ma dobbiamo poi memorizzare o trasmettere file sensibilmente più piccoli senza perdere nessuna informazione.

L'esempio fatto sopra potrebbe essere trattato anche con altre tecniche informatiche come la normalizzazione delle banche dati, ma questo esula dal trattamento della compressione.

4.2.5.2. Altre tecniche di compressione senza perdita di informazioni

L'algoritmo RLE (Run Length Encoding) sopprime sequenze ripetute di un carattere sostituendole con solo 3 caratteri. Questo metodo risulta efficiente solo se nel file ci sono molti caratteri ripetuti. Altre informazioni possono essere ottenute al sito web:

<http://www.diodati.org/scritti/2001/algoritmi/index.asp>

Algoritmo di Huffman - 1952

Questo algoritmo sostituisce gli elementi costitutivi di un file meno frequenti con una codifica lunga e quelle più frequenti con una codifica corta ottenendo una compressione del file. Questo metodo l'efficienza dipende da quanto è elevata la differenza di frequenza gli elementi costitutivi. Altre informazioni più dettagliate possono essere ottenute al sito web:

<http://www.cs.sfu.ca/CC/365/li/squeeze/Huffman.html>.

Algoritmi LZ77, LZ78 e LZW (Lempel – Ziv - Welch) – 1977-1984

Riprendendo gli algoritmi LZ77 (Abraham Lempel 1977) e LZ78 (1978 Jacob Ziv), Terry Welch produsse nel 1984 il metodo LZW. Per comprimere un file con questo metodo si crea un dizionario di codifiche delle stringhe che si ripetono in un file e sostituisce tali stringhe con il simbolo del dizionario.

Gli studi che hanno portato al funzionamento di questo metodo furono finanziati dall'azienda Unisys che successivamente si è tenuta i diritti. Per utilizzare questo metodo in applicazioni commerciali devono essere quindi corrisposti i diritti di autore. Dal 1995, infatti, CompuServe e Unisys hanno annunciato che da quel momento l'utilizzo di questo metodo avrebbe comportato il pagamento dei diritti. Nonostante questo, il metodo è stato adottato per i formati grafici GIF, TIFF e per le trasmissioni di dati con i modem che utilizzano lo standard V.42bis.

<http://www.cs.sfu.ca/CC/365/li/squeeze/LZW.html>

4.2.6. Tecniche con e senza perdita di dati.

Le tecniche di compressione sopra descritte permettono di comprimere archivi di dati togliendo solo le informazioni ridondanti. Questo significa che in ogni momento, conoscendo le regole, è possibile espandere di nuovo il file per ritornare ad una copia esattamente uguale all'originale. Le tecniche di questo tipo sono indicate in letteratura come "tecniche di compressione lossless" in contrapposizione con le "tecniche di compressione lossy". Queste ultime tecniche, applicate a particolari tipi di file, riescono ad aumentare molto l'efficienza di compressione a costo di qualche piccola perdita di dati che in taluni casi può essere tollerata. Quando memorizziamo un programma o un testo letterario, anche la minima perdita non può essere accettata. Ma quando trattiamo un file audio destinato alla riproduzione con un'apparecchiatura di qualità mediocre, non ci interessa che vengano memorizzate anche quelle frequenze che il nostro riproduttore non è in grado di riprodurre. Considerazioni

analoghe valgono per le fotografie e le animazioni. Una fotografia di dimensioni 10x15 cm può essere memorizzata anche molto compressa senza perdita sensibile di qualità se non si avrà poi la pretesa di fare ingrandimenti spinti.

I metodi di compressione descritti nel seguito, appositamente realizzate per archivi multimediali, utilizzano sia le tecniche lossless sia quelle lossy allo scopo di diminuire ancora la dimensione del file.

Definiamo il “fattore di compressione” (compression rate) come il rapporto tra la grandezza in byte del file non compresso e la grandezza dello stesso file compresso. Non è possibile stabilire a priori il rapporto di compressione dei metodi lossless perché questo è fortemente correlato al file che dobbiamo comprimere.

Se ad esempio adottassimo il metodo LRE ad un file che non ha nessuna ripetizione, otterremmo un file più grande dell'originale. Stessa cosa accade quando tentiamo di comprimere un file già compresso: infatti nella prima operazione di compressione eliminiamo tutte le ripetizioni ottenendone un vantaggio, ma nel secondo tentativo di compressione del file già compresso ci troveremo di fronte ad un file privo di ripetizioni.

Per le tecniche lossy invece possiamo variare a piacere il rapporto di compressione. A rapporti di compressione molto alti corrisponderà una perdita di qualità alta, mentre con rapporti di compressione inferiore potremo ottenere una perdita di qualità accettabile o addirittura non percepibile. Nella quasi generalità dei casi, per diminuire la dimensione dei file multimediali e l'associato bitrate, conviene partire da registrazioni di buona qualità e comprimere con qualche perdita, piuttosto che diminuire la qualità della registrazione.

Altra considerazione da fare per le compressioni è quella relativa alle risorse necessarie per comprimere e scomprimere. Metodi di compressione particolarmente sofisticati, richiedono molte risorse di calcolo. Possiamo notare che se si utilizzano macchine fotografiche digitali compatte e scattiamo foto ad una determinata risoluzione otteniamo il file della fotografia in formato compresso con una certa dimensione. Se la stessa foto con la stessa risoluzione la scattiamo con una macchina fotografica digitale di dimensioni normali dotata di batteria più potente e di un processore più performante, possiamo ottenere il file della fotografia di dimensioni molto minori a parità di qualità. Le macchine compatte infatti utilizzano batterie non abbastanza potenti ad alimentare i meccanismi, l'elettronica, il flash e il processore che comprime in modo ottimale. Per questo motivo i costruttori preferiscono usare algoritmi di compressione meno sofisticati.

4.2.7. Compressione di file grafici.

Formato GIF (Graphic Interchange Format, fine anni '80)

Questo formato prevede la memorizzazione dei pixel con un numero che indica il colore. Il numero può essere formato da un solo bit o da più bit sufficienti a contenere il numero di colori utilizzati. Non è previsto l'utilizzo di più di un byte per il colore e questo provoca la forzata riduzione a 256 sfumature. La figura così memorizzata poi viene compressa con l'algoritmo LZW. Quest'ultimo passaggio impone il pagamento dei diritti per le realizzazioni commerciali. La compressione in questo caso, oltre a quella lossless del metodo LZW si ottiene perdendo la distinzione tra sfumature molto vicine di colore. I file con questo formato usano .GIF come estensione del nome.

Formato JPEG (Joint Photographic Expert Group, 1986)

Questo formato è stato sviluppato con lo scopo di creare uno standard per la fotografia, approvato dall'ISO. Questo standard ha subito varie modifiche nelle varie realizzazioni che spesso vengono adattate all'uso particolare che ne vuole fare l'applicazione. Gli algoritmi del metodo JPEG sono molto complessi e sofisticati. Alla fine il file ottenuto viene compresso in modo lossless con il metodo Huffman (di uso gratuito).

I file con questo formato usano .JPG come estensione del nome

Formato JPEG 2000

Questo è uno standard che è stato scritto con l'intenzione di creare un erede al diffuso JPEG. A parità di compressione infatti, con questo formato si ottengono risultati molto migliorati.

I file con questo formato usano .JP2 come estensione del nome

Formato PNG (Portable Network Graphics)

I sostenitori di questo formato assegnano all'acronimo PNG il significato "PNG's Not GIF" per mettere in risalto che con questo standard non si devono pagare diritti e che l'efficienza è veramente migliorata. PNG si affida molto alla compressione senza perdite, ma arriva a comprimere moltissimo specialmente se si usano particolari filtri che ottimizzano i metodi di compressione impiegati (una variante di LZ77).

4.2.8. Compressione dei file audio e video.

Quando si parla di filmati si intende l'insieme di un file audio e di una animazione. Normalmente i file sono trattati in modo separato in quanto diverse sono le tecniche da applicare. Non ci soffermeremo sul funzionamento di ogni singola tecnica, ma su alcuni principi che possano dare un'idea di cosa si perde e su cosa si basa la compressione.

Compressione audio

Pe quanto riguarda i file audio dobbiamo notare che l'onda di una registrazione è la somma di tante onde emesse da vari sorgenti sonore (strumenti musicali, voci, ecc). Analizzando tutte le onde elementari potremmo scoprire che alcune frequenze sono nascoste da altre più dominanti e che per l'orecchio umano sono quasi irrilevanti. Con un ascolto, anche molto attento, di una registrazione semplificata con l'eliminazione delle frequenze scarsamente udibili, non potrà essere rilevata la differenza con l'originale. Queste tecniche lossy combinate a quelle lossless ci permettono di ridurre drasticamente le dimensioni dei file audio senza perdite troppo significative. Anche in questo caso le risorse necessarie per effettuare la compressione e decompressione hanno un costo rilevante in termini di potenza e di consumo di energia. Sul mercato sono comuni i registratori audio di dimensioni minuscole che permettono di registrare in formato compresso. Questi normalmente utilizzano una sola batteria mini stilo (tipo AAA) che deve alimentare tutto il sistema. In questo caso l'elaborazione del segnale non potrà essere troppo sofisticata ed eseguita con processori troppo potenti perché la carica di energia è piuttosto bassa. I costruttori preferiscono assicurare una buona autonomia (10-15 ore) piuttosto che una qualità da alta fedeltà. Anche le dimensioni del microfono interno e i rumori provenienti dal maneggio dell'involucro provocheranno una perdita di fedeltà. Al contrario, registratori di dimensioni meno ridotte possono incorporare batterie più potenti in grado di alimentare processori di potenza sufficiente a comprimere gli audio con minima perdita. Mentre i primi registratori descritti, saranno destinati a conferenze e riunioni dove la fedeltà non ha importanza, i secondi possono essere utilizzati anche per musica o per applicazioni nella quale si richiede una certa fedeltà. Nel seguito saranno nominati i principali standard di compressione adatti ai vari usi.

Compressione video

Abbiamo visto che la tecnica di registrare un'animazione video consiste nel raggruppare una sequenza di fotogrammi o frame. Per ogni singolo fotogramma valgono le considerazioni fatte per la compressione della grafica. Ma in una sequenza si può considerare qualche algoritmo che sfrutti le caratteristiche delle sequenze video. Immaginiamo di dover trattare una registrazione di un telegiornale. Potremmo notare che tra un fotogramma e l'altro variano solo i pixel relativi al lettore di notizie, mentre lo sfondo rimane invariato nella sequenza di fotogrammi. Se lo sfondo occupa due terzi dell'immagine, possiamo decidere di eliminare di

registrare (o trasmettere) lo sfondo dopo il primo frame. Questa tecnica aggiuntiva a quelle che abbiamo visto per i singoli frame riduce ancora drasticamente il bitrate.

Da un'analisi di un video potremmo rilevare altri fattori importanti. Immaginiamo di osservare la partenza di un missile. Potremmo rilevare che lo sfondo (il cielo) rimane invariato da un fotogramma all'altro. Ma anche i pixel che descrivono il missile non variano nelle loro complessive posizioni; cambiano solo posizione da un fotogramma all'altro. Quindi potremmo pensare di inviare solo un primo frame completo e poi inviare solo la nuova posizione del missile senza i pixel relativi alla sua descrizione. Dovremo però inviare i punti dello sfondo che di volta in volta si scoprono a causa dello spostamento del missile.

Anche nei video potranno essere individuati componenti difficilmente percettibili per essere eliminati. Tutto questo potrà essere reso più efficace se si tiene conto della destinazione del video: ad esempio un video destinato al visore di un telefono cellulare dovrà contenere minor quantità di particolari di quelli destinati ad un televisore o a una sala cinematografica.

Tutte queste considerazioni insieme ad altre, permettono di realizzare registrazioni video di qualità elevata e con bitrate relativamente bassi. Anche in questo caso non bisogna eccedere nella compressione per non far scendere la qualità.

4.2.9. Gli standard di compressione Audio/video.

Le tecnologie oggi più utilizzate sono quelle messe a punto dal gruppo di lavoro "*Motion Picture coding Experts Group*" che ha prodotto gli standard ISO/IEC conosciuti con l'acronimo MPEG. Queste tecniche sono molto sofisticate e in genere richiedono tempi più elevati per comprimere, mentre l'espansione è meno dispendiosa. Si possono così realizzare lettori audio/video a basso costo.

Nei vari anni di lavoro il gruppo ha prodotto vari livelli di standard che via via sono stati utilizzati per varie applicazioni. La tabella che segue mostra la produzione, l'utilizzo e le finalità degli studi effettuati. La prima versione, MPEG 1, non ha avuto molto successo in quanto venne applicata per vendere film registrati su CD anziché su nastro VHS più costoso e complesso. Per far entrare un film di circa 2 ore su 2 CD (circa 1400 MB) si doveva comprimere molto perdendo molta qualità. Un film su CD poteva essere paragonato alla qualità di un nastro VHS. Per questo non si giustificava l'acquisto di un nuovo lettore adatto ai film su CD (video CD abbreviato con la sigla VCD). La versione audio fu particolarmente studiata e messa a punto in un laboratorio italiano, basandosi sulla versione MPEG 1 Layer 3 e fu chiamata MP3. Successivamente uscirono vari programmi su computer che permettevano di riversare filmati amatoriali su VCD e il mercato di questi supporti cominciò timidamente ad animarsi. Ma già si stava parlando di MPEG 2 e di un nuovo supporto: il DVD (Disco Versatile Digitale). Con questo supporto è possibile memorizzare più di 5 GB e anche le versioni DVD-R o DVD-RW hanno una capacità di 4,7 GB. Su questo tipo di supporto è possibile memorizzare un film con qualità ottima e nello spazio che avanza possono essere sistemati contenuti extra (interviste ai principali attori, biografie varie, ecc.).

La compressione sempre più spinta di filmati richiede processori molto potenti, ma questo non è più un problema per i computer che possono comprimere in tempi differiti. La compressione in tempo reale come si richiede ai videoregistratori e alle telecamere, richiede strumenti più sofisticati.

MPEG 4 è stato pensato come una evoluzione di MPEG 2 che, a parità di qualità, permettesse rapporti di compressione molto più alti (oltre 3 volte). Questo avrebbe favorito le trasmissioni in streaming anche su reti di computer (Internet) con velocità non particolarmente elevate. Molte case di software si mostrarono molto interessate (Apple, Microsoft e altre) e collaborarono non poco allo sviluppo. Un dipendente di Microsoft dopo essersi licenziato, rivelò gli studi che aveva fatto la sua azienda. Queste tecnologie si propagarono e circolarono abusivamente per diversi mesi, fino a quando un'organizzazione di nome DIVX fece un

accordo e mise sul mercato legalmente prodotti basati su MPEG 4 e sullo sviluppo effettuato da Microsoft. Poiché per un certo tempo le tecnologie erano state diffuse gratuitamente anche se in modo abusivo, ci fu una certa reazione all'obbligo di dover pagare i prodotti DIVX. Nacque una seconda organizzazione, che prese il nome XVID, che riprese i concetti, ma non il software, e mise a disposizione software open source anche più competitivo di DIVX. Successivamente c'è stata una bella competizione tra le due organizzazioni che si alternano a offrire nuove versioni che migliorano quelle della concorrente.

Con MPEG 4 (ovvero con XVID o con DIVX) è possibile comprimere un film in modo da farlo stare in un solo CD, da 700 MB, con una buona qualità. In un DVD è possibile registrare anche sei film con qualità decisamente superiore a quella di un VCD che occupa il doppio dello spazio.

In questa tecnologia si fa uso di fotogrammi copleti (Key frame, o "K-frame" almeno uno per ogni nuova scena), fotogrammi che riportano solo le differenze rispetto al precedente (predicted frame o "P-frame") e fotogrammi che hanno riferimenti al precedente e al successivo (bidirectional frame o "B-frame").

La Apple ha sviluppato particolarmente la parte audio cproducendo una codifica dhe ha preso ul nome AAC (Advanced Audio Coding). Questa tecnologia è presente sul suo player portatile IPOD insieme a MP3. Nonostante che AAC sia decisamente superiore a MP3, quest'ultima è decisamente più diffusa perché anche i player più economici oggi la utilizzano.

Standard	
MPEG 1 1992	Video CD (2 Cd per un film di circa 2 ore) - Qualità inferiore alla TV simile a quella VHS - 3 livelli (Layer) - Famoso MP3
MPEG 2 1994	TV Digitale (via cavo, per telefonini, satellitare e terrestre) Qualità ottima se si mantiene un corretto fattore di compressione DVD (un DVD da circa 5 GB per 1 film di circa 2 ore)
MPEG 3	Pensato per TV ad alta definizione non ancora sviluppato
MPEG 4	Più performante di MPEG2. - Famoso per AAC (Advanced Audio Coding), DivX e XviD
MPEG 7	Per rappresentazione, filtraggio, gestione di informazioni multimediali
MPEG 21	È in studio per evitare pirateria

I CODEC

I codec (Codifica e decodifica) sono componenti software preposti alla codifica e decodifica di filmati e di audio che normalmente vengono rilasciati dalle organizzazioni che sviluppano i metodi e vengono poi utilizzati come plug in o incorporati nei programmi stessi. Si usano con programmi adatti alla compressione (conversione) di audio/video o adatti alla loro visualizzazione.

Visto la rapida evoluzione delle versioni dei codec, molti lettori di DVD permettono l'aggiornamento di questi componenti software. Questa possibilità è molto importante, perché talvolta le nuove versioni non sono completamente compatibili con le vecchie e un film codificato con una nuova versione potrebbe non risultare illeggibile da una versione precedente.

Programmi freeware di utilità per trattare audio/video compressi

La produzione di programmi che trattano l'audio/video (riproduzione, compressione ed elaborazione) è molto abbondante. Ci limitiamo ad elencare alcuni prodotti più famosi di tipo FreeWare, cioè gratuiti che girano sui sistemi operativi MacOS o Windows:

- iTunes (audio) – Programma per la gestione di una banca dati di brani musicali e di fotografie. La gestione della banca dati è particolarmente sofisticata e trovare brani o foto, creare playlist, codificare brani musicali in MP3 o Aac, registrare proprie compilation su CD, ecc. sono operazioni rese banali. Questo programma freeware permette di tenere aggiornato l'IPOD (il player di musica più diffuso al mondo).
- Windows Media Player (audio/video), è il player di Microsoft, che oltre a permettere la riproduzione di audio/video codificati in modo proprietario di Windows³⁶, permette anche il trattamento di codifiche standard se sono stati inseriti i plug-in (codec) opportuni. Nelle versioni più recenti sono state aggiunte numerose funzioni di utilità.
- QuickTime (audio/video e codificatore) è un programma fondamentale per il trattamento di file audio/video. Possiede varie funzionalità ed è corredato anche di un ottimo player sia audio che video.
- Videolan (video) è un video player scritto dal maggior ente di ricerca francese e incorpora moltissimi codec. Si distingue per la semplicità di uso e per la qualità; spesso filmati che non si riescono a leggere con nessun programma alternativo, possono essere letti da Videolan (abbreviato VLC) senza dover aggiungere codec o nessun altro componente.
- VirtualDub (programma codificatore solo PC) questo programma permette di editare un filmato e comprimerlo
- Nero per Windows e Toast per MacOS codifica, masterizzazione e altre utilità

Molti altri programmi possono essere citati, ma vista la rapida evoluzione si è creato un avvicendamento del software. Tra gli altri possiamo citare:

MacOS:

- DVDripper
- HandBrake
- IRipDVD
- D-vision
- MacTheRipper

Windows:

- VirtualDub
- DivX video duplicator (Easy/Pro)

³⁶ Poiché esiste anche una versione MacOS di questo programma, i file audio/video in formato proprietario Windows possono essere riprodotti anche su Macintosh

Con questi ultimi programmi è possibile estrarre i contenuti dai DVD commerciali³⁷ e creare varie elaborazioni, con tagli, compressioni e decompressioni per creare nuove compilation. Quando si eseguono queste operazioni si deve tener presente che in molte nazioni, compresa l'Italia, creare copie di materiale commerciale è vietato e solo in determinati casi sono permesse le copie di riserva. Prima di avventurarsi in elaborazioni di materiale protetto da copyright è bene consultare la legge per conoscere l'ultimo aggiornamento e sapere cosa è permesso e cosa no. Sono invece permesse le elaborazioni dei propri filmati amatoriali. Con questi programmi di utilità è possibile creare DVD corredati di titoli, colonna sonora musicale, ecc. in modo che i nostri ricordi acquisino un aspetto più professionale.

Formati audio più comuni

- MP3 (Mpeg 1 – Layer 3)-

Utilizzato in internet per scaricare musica e per streaming, questa codifica audio deve il suo successo sia alla buona qualità sia alla forte compressione che si può ottenere (circa 1 Mb a minuto contro i 10 dell'AIFF con qualità CD standard). In commercio si trovano molti lettori MP3 a basso costo. Come per la maggior parte dei sistemi di compressione lossy è possibile scegliere il livello di compressione desiderato. Una compressione di qualità discreta di segnale audio digitale di un Cd si può ottenere con un bitrate di 128 Kbps (Bitrate del CD circa 1.378 kbps). Da questo si può notare il forte risparmio. Altri valori possibili sono:

- 64 kbps qualità mediocre, ma sufficiente per le registrazioni di lezioni, conferenze, ecc.;
- 112 kbps suono sufficientemente buono anche per brani musicali;
- 128 kbps molto vicini all'originale;
- 160 e 192 kbps non è possibile percepire differenze con l'originale;
- 256 kbps anche i più fanatici ascoltatori saranno soddisfatti;
- **Wave (AIFF)**- audio non compresso di varie qualità. Alcuni usano comprimere questi file con metodi lossless in modo da non perdere nulla nella qualità. Il metodo che si usa è LZW.
- **Wma** (Windows media audio) esiste anche in versione lossless (compressione circa 50%). In versione lossy è più efficiente di MP3: 112 Kbs paragonabile a MP3 128 Kbs
- **AAC** (Mpeg 4) Sviluppato dalla Apple si sta diffondendo grazie anche alla sua presenza nei famosi player di questa casa. È di utilizzo simile a MP3, ma con molto migliorato per la qualità e le doti di compressione. 96 Kbs paragonabile a MP3 128 Kbs
- **Altre codifiche**
 - Microsoft Windows Media 4.
 - AAC - implementation by FhG-IIS.
 - MP3 - or close to it, by Opticom.
 - Q-Design Music Codec 2 - prototype version of that for Quicktime.
 - Real Networks 5.0.
 - Real Networks G2. Newer, widely used system based on "DolbyNet".
 - Yamaha Sound VQ

³⁷ In gergo Rappare (To rip = strappar via, rapinare) significa estrarre l'informazione da un DVD

La tabellina riportata di seguito ha lo scopo di dare un'idea del risparmio che si può ottenere dalla compressione in termini di spazio occupato.

Codifica	Tipo	CD (700 MB)	DVD (4,7 GB)
MP3 128 Kbs	Audio Qualità discreta	700 min 12 ore	80 ore > 3 giorni
DivX XviD	Video Qualità discreta	2 ore	12 ore
AAC	Audio	Tanto	Tantissimo

I lettori CD/DVD, anche se di realizzazione economica o compatta, oggi leggono comunemente vari formati di file audio/video compressi. I più comuni sono:

- MPEG 2 - Normali DVD in commercio
- MPEG 1 - Vecchi Video CD
- MPEG 1 Layer 3 - MP3
- MPEG 4 - DivX e XviD
- JPEG - Fotografie digitali
- Kodak PDC (PhotoCD)
- ...

Lo sviluppo delle tecniche di compressione, la possibilità cioè di minimizzare dimensioni e bit rate senza dover rinunciare alla qualità, ha permesso la diffusione di video trasmessi in Internet come streaming, la diffusione della televisione digitale e la diffusione di audio e video in bus domotici a basso costo (videocitofoni, allarmi, teleconferenze, ecc.).

4.3. La televisione digitale

La TV analogica in Italia verrà sostituita da quella digitale terrestre con scadenze ravvicinate. Vengono descritte in questo paragrafo le caratteristiche più salienti della televisione digitale e delle tecniche di compressione utilizzate per questo settore. L'introduzione di questa nuova tecnologia si è resa indispensabile per risolvere il problema della penuria di canali analogici. La tecnologia della televisione analogica infatti ha vari vincoli strutturali che limita il numero di frequenze, e quindi di programmi, utilizzabili. Con questa tecnologia analogica, infatti si utilizzano 51 frequenze. Ogni rete nazionale ne utilizza 3 per coprire l'intero territorio (vincoli della tecnologia). In totale si hanno perciò 17 reti nazionali. La legislatura italiana (Legge 249/67) impone che 11 reti nazionali siano assegnate a operatori nazionali (2/3) e 6 reti nazionali a operatori regionali (1/3).

Con la TV digitale si possono invece utilizzare 54 frequenze. Poiché ogni rete nazionale ne utilizza 3 abbiamo unj totale di 18 r. n. di cui 12 reti assegnate a operatori nazionali e 6 reti a operatori regionali. Ma il risparmio è dovuto al fatto che ogni rete può trasportare 4/5 programmi di buona qualità o più di qualità inferiore ($20 : 5 = 4$ Mbps) potendo così ottenere oltre 50 programmi nazionali e più di 25 programmi regionali per ciascuna regione.

Nella TV tradizionalmente "analogica" vengono trasmesse sequenze di pixel con lo standard PAL: 625 righe x 720 pixel = 450.000 pixel con 25 fps. Data la scarsa potenzialità del mezzo il sistema usa il sistema interlacciato: le righe pari vengono trasmesse in successivamente a quelle dispari in modo da rinnovare mezzo schermo alla volta, ma conservando l'idea del movimento.

Lo standard digitale DVB (Digital Video Broadcasting) usa la compressione Mpeg 2 e viene usato in 4 varianti:

- DVB-T (digitale terrestre) 14-24 Mbps
- DVB-S (da satellite) 38,015 Mbps
- DVB-C (via cavo) 38,015 Mbps
- DVB-H (telefoni cellulari)

In ogni canale transitano più programmi e la somma dei loro bit rate non può superare ovviamente quella massima stabilita per quel mezzo trasmissivo. Essendo ogni programma codificato in Mpeg 2, è possibile spingere la compressione al livello desiderato. Questo ragionamento ci fa capire che maggiore è la qualità che vogliamo trasmettere e minore sarà il numero di programmi che potranno condividere lo stesso canale. Tenendo come riferimento la compressione MPEG 2 del DVD che usa un bitrate di 6 Mbps (qualità ottimale per MPEG 2) possiamo capire quanto le trasmissioni digitali debbano adottare compromessi (maggiore compressione e minore qualità) per rientrare nei limiti della rete di trasmissione in uso.

DVB-S e DVB-C: 4-6 Mbps (i Dvd usano 6-8)

DVB-T: < 2 Mbs (qualità VHS equivale a 1,5 Mbps)

	Standard	Capacità max trsmisione	Capacità utile trsmiss.	Compress.
DVB-S (satellite)	ETS 300 421	55 Mbps	38 Mbps	Mpeg 2 4-6 Mbps
DVB-C (cavo)	ETS 300 429	27-41 Mbps	38 Mbps	Mpeg 2 4-6 Mbps
DVB-T (terrestre)	prETS 300 744	39 Mbps	14-24 Mbps	Mpeg 2 ~2 Mbps
DVD		-	-	Mpeg 2 6-8 Mbps
Video-CD		-	-	Mpeg 1
VHS		-	-	Equivalente 1.5 Mbps

La televisione digitale terrestre usa un rapporto di compressione alto, al fine di poter sfruttare la capacità totale di trasmissione del mezzo (14-24 Mbps) per trasmettere un maggior numero di programmi. Possiamo notare che la qualità si avvicina molto a quella di un nastro VHS e considerando la maggiore possibilità di disturbi su trasmissioni wireless, rispetto a quella del cavetto scart che collega il VCR al televisore, si può dedurre che la qualità è grosso modo paragonabile.

Il segnale digitale ha una caratteristica che lo distingue dal segnale analogico. Quando quest'ultimo non ha l'intensità ottimale, anche l'immagine si degrada in modo circa proporzionale alla distanza dal valore ottimale. Non deve essere troppo forte perché gli amplificatori di segnale potrebbero distorcerlo né troppo debole perché si perdono i valori di alcuni pixel. Con i segnali digitali, invece, quando un pacchetto di dati può essere interpretato e decompresso il frame riprodotto è perfetto, mentre se i dati che arrivano non sono interpretabili neanche con le tecniche di correzione degli errori, l'immagine che viene riprodotta è completamente falsata. Questo fenomeno permette di conservare la massima qualità dell'immagine anche con segnale basso, ma quando la trasmissione si abbassa oltre

una data soglia, l'immagine si degrada di colpo a livello incomprensibile. In generale la tv digitale o si vede bene (il ricevitore riesce a decodificare i pacchetti che arrivano) o non si vede affatto.

Altra differenza con l'analogico è il trattamento delle onde riflesse. Immaginiamo infatti di trovarci in mezzo a due trasmettitori che trasmettono lo stesso segnale con la stessa frequenza. Ci arriverebbero due onde identiche, ma a causa della non centralità esatta dell'antenna ricevente, le due onde verrebbero acquisite con un certo sfasamento che produrrebbe una diminuzione (o distorsione) del segnale. Queste situazioni sono evitate al massimo da chi progetta l'installazione delle antenne, La televisione digitale riesce a distinguere i due segnali e li utilizza per aumentare la qualità, diminuendo la probabilità di perdere dati.

La TV digitale adotta tre diversi tipi di modulazione che permettono adattamenti all'ambiente (monti, grandi superfici d'acqua, ecc.) e al tipo di ricezione (mobile, con antenne a stilo, ecc.) Semplificando possiamo dire che distanza ≤ 20 Km dal trasmettitore basta usare un'antenna interna al ricevitore, mentre oltre 80 Km non si riceve affatto. Occorrono quindi trasmettitori meno potenti, ma più vicini tra loro.

Bibliografia

1. M. Ferri, M. Perrone, M. Traversi: stato dell'arte della domotica: scenari futuribili e promesse non mantenute.
2. KNX Journal 2007 1 – articolo KNX Standard Enables Significant Energy Savings – Autore M. Windberger
3. Casaclima 2008 - Il piacere di abitare” – autore L. Norbert – editore Athesia – data di pubblicazione 2007
4. N. Lantschner - Casa clima. Vivere nel più - Edition Raetia
5. Confronti performance sul sito di Gsoap:
<http://www.cs.fsu.edu/~engelen/soaperformance.html>
6. Sito Domonet : <http://sourceforge.net/projects/Domonet>
7. S-espressioni: <http://it.wikipedia.org/wiki/S-expression>
8. linguaggio scheme: [http://en.wikipedia.org/wiki/Scheme_\(programming_language\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Scheme_(programming_language))
9. Vern Paxson: http://en.wikipedia.org/wiki/Flex_lexical_analyser
10. http://en.wikipedia.org/wiki/GNU_bison
11. caratteristiche del framework gSOAP: <http://www.cs.fsu.edu/~engelen/soapfeatures.html>
12. Sito del corso di domotica dell'Università di Pisa: <http://www.corsodomotica.it/>
13. Symbolic and Neural Learning Algorithms: An Experimental Comparison
14. International Standard IEEE 802.15.4, Edizione 2003.
15. International Standard IEEE 802.15.1, Edizione 2002.
16. J. Polastre, R. Szewczyk and D. Culler, By Computer Science Department University of California, Berkley, Telos: Enabling Ultra-Low Power Wireless Reserch, Application Note 002, Edizione 25/05/2005.
17. Ember, EM2420 2.4 GHz IEEE 802.15.4 / ZigBee RF Transceiver, Edizione 2004.
18. Ember, Design of an IEEE 802.15.4-Compliant, EmberNet™-Ready or EmberZNet™-Ready Communication Module Using the EM2420 Radio Frequency Transceiver, Application Note 0057, Edizione 21/02/2005.
19. Chipcom, CC2420 2.4 GHz IEEE 802.15.4 / ZigBee-ready RF Tranceiver, Edizione 06/2004.
20. Chipcom, CC2420 ZigBee Development Kit User Manual, Edizione 09/2004
21. CompXs, CX1540 Very Low Power RF Transceiver for Wireless Radio Control Communication, Edizione 06/2004.
22. Btnode Overview, Edizione 06/2005 refer to <http://www.btnode.ethz.ch/>
23. New hack cracks 'secure' Bluetooth devices, Edizione 06/2005 refer to <http://www.newscientist.com/channel/info-tech/electronic-threats/dn7461>
24. D.B. Johnson, D. A. Maltz, Computer Science Department Carneige Mellon University Pittsburgh, Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks, Edizione 1996.
25. C.E. Perkins, Sun Microsystems Laboratories Advanced Development Group Menlo Park, CA, Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing.
26. Craking the Bluetooth PIN, Y.Shaked e A. Wool, Edizione 05/2005 refer to <http://www.eng.tau.ac.il/~yash/shaked-wool-mobisys05/>

27. E. Niemelä and T. Vaskivuo, "Agile Middleware of Pervasive Computing Environments", Proceedings of IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, pp. 192-197, March 2004
28. Lorente, S. "Key issues regarding domotic applications", Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, 2004., pp. 121-122, April 2004
29. Scholten, H., van Dijk, H., de Cock, D., Preneel, B., D'Hooge, M., Kung, A., "Secure Service Discovery in Home Networks", Proceedings of ICCE '06 - IEEE International Conference on Consumer Electronics, pp. 115- 116, Jan 7-11, 2006.
30. Tokunaga, E., Ishikawa, H., Kurahashi, M., Morimoto, Y., and Nakajima, T. 2002. "A Framework for Connecting Home Computing Middleware". Proceedings of the 22nd international Conference on Distributed Computing Systems, ICDCSW, IEEE Computer Society, Washington, DC, pp. 765-770, July 02-05, 2002
31. Pellegrino, P., Bonino, D., and Corno, F. 2006. "Domotic house gateway". Proceedings of the 2006 ACM Symposium on Applied Computing, SAC '06. ACM Press, New York, NY, pp. 1915-1920, Dijon, France, April 23 - 27, 2006.
32. Nichols, J., Myers, B.A., Higgins, M., Hughes, J., Harris, T.K., Rosenfeld, R. and Pignol, M. "Generating remote control interfaces for complex appliances". Proceedings of the 15th annual ACM symposium on User interface software and technology, ACM Press., pp. 161—170, 2002.
33. Miori V., Tarrini L., Manca M., Tolomei G. "An open standard solution for domotic interoperability". In: IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 52 (1) pp. 97 - 103. IEEE, 2006.
34. Papazoglou, M.P. and Georgakopolous, D. "Service Oriented Computing". In Communications of the ACM, Vol. 46 (10), pp. 24-28, Oct. 2003.
35. Furfari F., Soria C., Pirrelli V., Signore O., Bianchi Bandinelli R. NICHE: "Natural Interaction in Computerised Home Environments". In: ERCIM News, vol. 58 pp. 55-56. Special issue: Automated Software Engineering. ERCIM EEIG, 2004.
36. Darking, M., Whitley, E. A., and Dini, P. "Governing diversity in the digital ecosystem". Communications of the ACM, Vol. 51 (10), pp.137-140, Oct. 2008.
37. Miori V., Russo, D., Aliberti, M. - Domotic Technologies Incompatibility Becomes User Transparent - ACM Communication, Accettato ed in attesa di pubblicazione
38. Miori V., Russo, D., Aliberti, M. - An Informatics Research Contribution to the Domotic Take-Off - ERCIM January 2008 n. 72, pp. 54 – 55.
39. Miori V., Tarrini L., Manca M., Tolomei G. DomoNet: a framework and a prototype for interoperability of domotics middlewares based on XML and WebServices. In: ICCE - International Conference on Consumer Electronics (Las Vegas, 7-11 January 2006). Proceedings, pp. 117 - 118. Suvisoft Oy Ltd. Hermiankatu 3A FIN-33720 Tampere FINLAND (ed.). IEEE, 2006, ISI/JCR.
40. Hyung-Jun Yim, Il-Jin Oh, Yun-Young Hwang, Kyu-Chul Lee, Kangchan Lee, and Seungyun Lee, "Design of DPWS Adaptor for Interoperability between Web Services and DPWS in Web Services on Universal Networks," Convergence Information Technology, International Conference on, pp. 1032-1039, 2007 International Conference on Convergence Information Technology (ICCIT 2007), 2007.
41. Mori, G., Paternò, F., and Spano, L. D. 2008. Exploiting Web Services and Model-Based User Interfaces for Multi-device Access to Home Applications. In interactive Systems. Design, Specification, and Verification: 15th international Workshop, DSV-IS 2008 Kingston, Canada, July 16-18, 2008 Revised Papers, T. C. Graham and P. Palanque, Eds. Lecture Notes In

- Computer Science, vol. 5136. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 181-193. DOI=http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-70569-7_18
42. Yamabe, T.; Takahashi, K., "UWS Broker for Ubiquitous Web Services Dynamic Discovery," *Intelligent Pervasive Computing*, 2007. IPC. The 2007 International Conference on , vol., no., pp.204-209, 11-13 Oct. 2007 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=4438425&isnumber=4438371>
 43. Yun-Young Hwang, Hyung-Jun Yim, Il-Jin Oh, Kyu-Chul Lee, "The Universal Adaptor for Dynamic Ubiquitous Services Discovery and Binding," *Computer Science and Software Engineering, International Conference on*, vol. 3, pp. 515-518, 2008 *International Conference on Computer Science and Software Engineering*, 2008.
 44. Jessica Diaz, Agustìn Yague, Pedro P. Alarcòn, Juan Garbajosa, "A Generic Gateway for Testing Heterogeneous Components in Acceptance Testing Tools," *Commercial-off-the-Shelf (COTS)-Based Software Systems, International Conference on*, pp. 110-119, *Seventh International Conference on Composition-Based Software Systems (ICCBSS 2008)*, 2008.
 45. Yun-Young Hwang, Il-Jin Oh, Hyung-Jun Im, Kyu-Chul Lee, Kangchan Lee, Seungyun Lee, "Universal Service Discovery Protocol", *Convergence Information Technology, International Conference on*, pp. 2380-2385, *2007 International Conference on Convergence Information Technology (ICCIT 2007)*, 2007.
 46. Mauricio Esteban Pardo, "A domotic system with remote access based on Web services.", *Journal of Computer Science & Technology (Magazine/Journal)*, Volume: 8 Issue: 2 Page: 91(6), Graduate Network of Argentine Universities with Computer Science Schools (RedUNCI), July 1, 2008
 47. Ming-Chien Yang; Norman Sheng; Brandon Huang; Jethro Tu, "Collaboration of Set-Top Box and Residential Gateway Platforms," *Consumer Electronics, IEEE Transactions on* , vol.53, no.3, pp.905-910, Aug. 2007
 48. Perumal, T.; Ramli, A.R.; Chui Leong, "Design and implementation of SOAP-based residential management for smart home systems," *Consumer Electronics, IEEE Transactions on* , vol.54, no.2, pp.453-459, May 2008
 49. MC Yang, N Sheng, B Huang, J Tu "Interoperability between set-top box and residential gateway platforms", *Communications and Information Technologies*, 2007. *ISCIT '07. International Symposium on*, 2007, pp. 1286-1290, Oct. 2007
 50. Fabio Paternò, Carmen Santoro, Lucio Davide Spano, "Designing Usable Applications based on Web Services", *Proceedings of the First Workshop on the Interplay between Usability Evaluation and Software Development*, Pisa, Italy, September 24, 2008
 51. Witte, L.; Telkamp, G., "Domotics and Infomobility in the ASK-IT Project", *ASK-IT 1st International Conference*, Nizza (Frankreich), 2006
 52. Torbensen, R., "OHAS: Open home automation system," *Consumer Electronics*, 2008. *ISCE 2008. IEEE International Symposium on* , vol., no., pp.1-4, 14-16 April 2008
 53. J. F. Kurose , Keith W. Ross, *Computer Networking, (Second Edition*
 54. *2003 Addison Wesley*).
 55. Steven Holzer, *XML Tutto e Oltre*, (Apogeo 2001).
 56. Konnex Association, <http://www.konnex.org>
 57. Konnex Standard System Specification: Architecture Vol.3 Part I
 58. UPnP Forum, <http://www.upnp.org>
 59. UPnP Device Architecture 1.0 (UPnP Forum, 2003)
 60. <http://www.upnp.org/resources/documents/CleanUPnPDA101-20031202s.pdf>

Indice analitico

- 2.4 GHz, 34
- 802.11 i, 35
- 802.11a, 35
- 802.11b, 35, 37
- 802.11g, 35
- 802.15, 37
- AAA, 80
- AAC, 81, 84
- AAL (Ambient Assisted Living), 13
- ABB Corporate, 62
- abitazione, 1
- Abraham Lempel, 77
- Accutrac, 47
- Advanced Audio Coding, 81
- AIFF**, 84
- Alcatel, 62
- ambient intelligence, 3
- A-mode, 56
- Andover Control, 68
- anidride carbonica, 7
- ANSI, 32
- ANSI/EIA 709, 58
- API, 51, 63
- Apple, 81
- Application Controller, 57
- Application layer, 40
- Application Resource, 57
- Applicazione, 40
- ATM, 32
- attuatore, 21
- attuatori, 48
- Automatic mode, 56
- automazione della casa, 1
- AV, 51
- BACnet, 68
- banda 2,4 GHz, 34
- banda dei 5 GHz, 35
- BatiBus**, 45, 46, 56
- Batibus Club International, 45
- Batiment Bus, 56
- BCU*, 25, 26, 27, 41
- Betamax, 45
- B-frame, 81
- bitrate, 74
- Bluetooth**, 35, 36, 37
- bolletta zero, 11
- broadcast, 40
- brown goods, 3
- BTicino, 69
- Building Automation, 2
- bus, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 33
- Bus Coupling Unit, 25
- bus domotico, 23
- carbone, 6
- casa intelligente, 1
- casa passiva, 9
- Casaclima, 9
- categorie dei doppini, 32
- cavo bipolare intrecciato, 26, 29
- Cavo coassiale, 26
- CEBus, 45
- CECED, 19
- CENELEC, 28
- Centronics, 32
- Cisco, 62, 64
- cladding, 38
- Client/server, 53
- CNR, 42
- CO₂, 7
- Coaxial cable, 26, 33
- codec, 83
- codici a barre, 36
- Collegamento al dato della rete, 40, 41
- comandi, 39
- Comitato Europeo per la Standardizzazione Elettrotecnica, 28
- Complex Device” (**CoD**), 53
- compression rate, 78
- compressione, 75, 76, 77
- compressione RLE, 76, 77
- confort, 4
- Control Networking Standard, 58
- Controllo remoto, 12
- cordless, 34
- core*, 38
- CX, 26, 33, 52
- Data link layer, 40
- DECT, 34, 35, 37
- Deutsche Telekom, 62
- deviatore, 24
- Device Coordinator (**DvC**), 53
- Device Descriptor (**DD**), 53
- Device Number, 57
- DHCP, 64, 66
- Digital Enhanced Cordless Telecommunications, 34
- Digital Video Broadcasting, 86
- dinamica, 73
- Direttiva Europea 2002/91/CE, 8
- Disabled and Elderly people, 13
- Disco Versatile Digitale), 81
- DIVX, 81
- DivX video duplicator, 84
- Domain Address, 57
- DomoML, 43
- DomoNET, 42
- Domotic Markup Language, 43
- domotica, 1
- domotics, 1
- domus, 1
- Doppin, 26
- doppino, 29
- doppino telefonico, 29
- doppio deviatore, 24
- DVB, 86
- DVD, 81, 83
- DVDripper, 84
- D-vision, 84
- Easy mode, 56
- Echelon, 44, 45, 58
- effetto spin, 3
- EHS, 44, 45, 56
- EHSA, 45
- EIA, 32, 45
- EIB**, 45, 71
- EIBA, 45
- EIBus, 46
- elaborazione dovunque, 3
- elettrodomestici bianchi, 2
- elettrodomestici bruni, 2
- elettrodomestici marroni, 3
- E-mode, 56
- EN 300 175, 35
- Energia alternativa, 11
- entertainment, 11
- Ericsson, 62, 64
- Esprit, 44
- Esprit Project 6782, 45
- Ethernet 10Base-T, 32
- European Commission, 45
- European Home System, 56, 58
- European Installation Bus, 56
- evoluzione della casa, 1
- eye-safety, 38
- fattore di compressione, 78
- FCC, 28
- Fibra ottica, 26
- fibre ottiche, 38
- Fido, 35
- FireWire**, 33, 51

Fletcher & Manson, 73
 Formato GIF, 79
 Formato JPEG, 79
 Formato JPEG 2000, 79
 Formato PNG, 79
 forni a microonde, 34
 Fourier, 27
 Fps, 75
 freeware, 83
 frequenza di campionatura, 73
 Functional Block type, 57
 Galileo Ferraris, 17
 Gateway, 52
 GENA, 65
 geotermico, 10
 GIF, 78, 79
 Gigabit Ethernet, 32
 GPRS, 37
 GPS, 35
 Graphic Interchange Format, 79
 Grundig AG, 51
 GSM, 34, 35, 37, 45
 hacher, 12
 HandBrake, 84
 HAVi, 51
HBS, 45
 head top computers, 3
HES, 45
 HiFi, 37
 Hitachi Ltd, 51
 home automation, 1
 Home evolution, 1
 House code, 48
 HTTP, 64
 HTTPU, 64
 Huffman, 77
 Hz, **73**
 i.LINK, 51
 IBM, 62, 64
 IBM Cabling System for Token
 Ring networks, 32
 IEC, 45, 80
 IEEE 1394, 32
 IEEE-1394, 51
 , 36
 IETF, 65
 Il Bus Coupling Unit, 25
 indirizzamento, 15
 indirizzo, 25
 infotainment, 11
 Infra Red, 27
 InfraRed, 37
 Infrared Digital Association, 38
 Instradamento, 40
 integrazione, 15
 Intel, 64
 Intelligent building, 2
 International Standards
 Organization, 40
 Internet, 12
 interoperabilità, 42
 interruttore, 24
 IPOD, 81, 83
 IR, 27, 37
IrDA, 38
 IRipDVD, 84
 ISDN, 32, 35
 ISO, 45, 80
 ISO/OSI, 40
 Isolamento termico, 7
 iTunes, 83
 Jacob Ziv, 77
 JAVA, 63, 68
 Jini, 68
 Joint Photographic Expert Group,
 79
JPEG, 79
 JPEG 2000, 79
 Kbps, 28
 Key code, 48
 Key frame, 81
 K-frame, 81
 Kilo bit per secondo, 28
KNX, 45
 Kodak PDC, 85
 Konnex, 19, 45, 56
 kWh/m²y, 7
 Laboratorio di Domotica del
 CNR, 42
 L'algoritmo Huffman, 77
 LAN, 15, 39, 41
 lap top computer, 3
 Lempel, 77
 lettori CD/DVD, 85
 linea di alimentazione, 27
 Linked Functional Block type, 57
 Local Area Network, 15
 LonWorks, 44, 58, 71
 LRE, 78
 Lucent, 62
LZ77, 77
LZ78, 77
LZW, 77
 M3S, 60
 MacOS, 83
 MacTheRipper, 84
 MAN, 15, 39
 Matsushita Electric Industrial Co,
 51
 Mbps, 32
 meccanismi di indirizzamento,
 25
 Medium Controller, 53
 Message Topic, 57
 messaggi, 26, 39, 44
 Metropolitan Area Network, 15
 Mezzo fisico, 40, 41
 microelettronica, 3
 Microsoft, 49, 81
 Motion Picture coding Experts
 Group, 80
 Motorola, 62
 MP3, 81, 84
 MPEG, 80, 81
 MPEG 1, 80, 85
 MPEG 1 Layer 3, 85
 MPEG 2, 81, 85
 MPEG 4, 81, 85
 Multiple Master Multiple Slave,
 60
 My home, 69
 NAHB, 45
 nanoelettronica, 3
 National Association of Home
 builders, 45
 neck top computers, 3
 Nero, 83
 Network layer, 40
 NeuronChip, 58
 Nokia, 62
 Nortel, 62
 Object Oriented, 53
 OF, 26, 38
 Onde convogliate, 26, 27
 onde radio, 33
 Open Services Gateway
 Iniziativa, 62
 Open source, 48, 81
 Optical fiber, 26
 Optical Fibre, 38
 Oracle, 62
 OSGi, 63
 OSI, 40, 52
 palm top computer, 3
 PAN, 39
 Panasonic, 51, 62
 PDA, 35
 PDC, 85
 peer-to-peer, 36
 pervasive computing, 3
 petrolio, 6
 P-frame, 81
 Phase couplers, 28
 Philips, 62
 physical layer, 40

PhotoCD, 85
 Pico Electronics, 47
 pixel, 74
 PL, 27, 52
 Plug & Play, 52, 68
PNG, 79
 Portable Network Graphics, 79
 porte parallele, 32
 porte seriali, 32
 POTS, 32
 Power analysis, 41
 Power Line, 26, 27
 Presentation layer, 40
 Presentazione, 40
 Profibus, 68
 profondità, 73
 profondità del colore, 74
 Q-Design, 85
 QuickTime, 83
 Radio frequency, 26, 33
 Radio Frequenza, 26
 Radio Shack, 45
 Raggi Infrarossi, 27, 37
 residential gateway, 12, 43
 rete domotica, 16
 reti dati, 44
 reti domotiche, 16
 Reti geografiche, 16
 Reti locali, 15
 Reti metropolitane, 15
 RF, 26, 34, 37, 52
 RFC2131, 64
 RFID, 5, 18, 36
 Risparmio energetico, 7
 router, 52
 Royal Philips Electronics, 51
 RS232, 32, 48
 RS-232, 68
 RS422, 32
 RS-485, 68
 Run Length Encoding, 77
 safety, 5
 Samsung Electronics, 63
 SCSI, 32
 security, 5
 sensore, 21
 service discovery, 62
 service gateway, 63
 Service Location Protocol, 65
 Session layer, 40
 Sessione, 40
 Sharp Corporation, 51
 Siemens, 45, 62, 63
 Simple Device (**SiD**), 53
 Sistema Casa 2000, 49
 SLP, 65
 smart home, 1
 S-mode, 57
 SOAP, 65, 67
 Sony Corporation, 51, 63
 Sound Pressure Level, 73
 SSL, 65
 standard *de facto*, 44
 Sun Microsystems, 62
 Super 8, 45
 System mode, 57
 TCP, 44
 TCP/IP, 41, 44
 telegrammi, 26, 39, 44
 Terry Welch, 77
 Texas Instruments, 62
 Thomson Multimedia, 51
 TIFF, 78
 Toast, 83
 Toshiba, 62
 Toshiba Corporation, 51
 TP, 26, 29, 52
 trame, 26, 39, 44
 Transport layer, 40
 trasduttore, 21
 Trasporto, 40
 Trifase, 28
 Twisted pair, 26, 29
 Type of Device, 53
 U.E., 42
 ubiquitous computing, 3
 UMTS, 35
 Universal Plug and Play, 51
 UPnP, 51, 64
 Urbotica, 1
 USB, 32, 33
 V.42bis, 78
 VCD, 81
 VCR, 87
 VHS, 45, 81
 Video 8, 45
 Video CD, 85
 video on demand, 12
 Videolan, 83
 VirtualDub, 83
 VLC, 83
 VurtualDub, 84
 WAN, 16, 39
 Wap, 12, 48, 49
Wave, 84
 Welch, 77
 Whirlpool Corporation, 63
 white goods, 2
 Wide area Network, 16
 WiFi, 35, 37
 Windows, 83
 Windows Media Player, 83
wireless, 13, 14, 37
 Wireless Fidelity, 35
Wma, 84
 WML, 49
 wrist top computers, 3
 X-10, 44, 45, 47, 48
 X10 Inc., 47
 X10 Ltd., 47
 XML, 49, 64
 XVID, 81
 Yamaha Sound, 85
 Yamaha Sound VQ, 85
 ZigBee, 36, 37
Ziv, 77