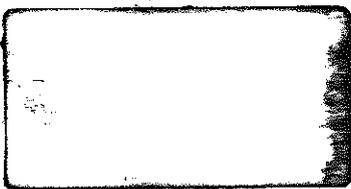
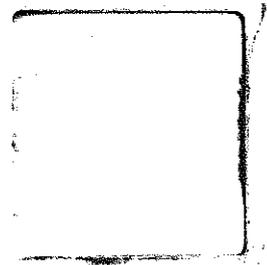
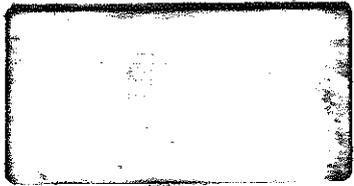


**PROGETTO COMUNICAZIONI DIGITALI  
A BASSO COSTO  
RADIO-GATEWAY**

*Rapporto Interno C95-33*

*5 Ottobre 1995*

A.B. Bonito IW5CJB  
A. Del Chicca IK5PWJ  
A. Enea IK5VEQ  
A. Sbrana IK5MIC



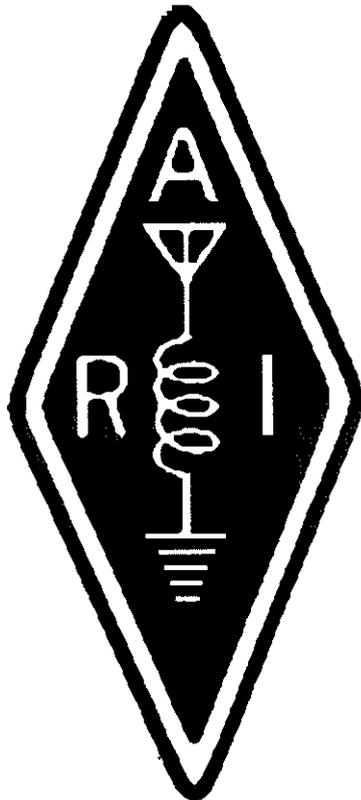
**CNUR**



Istituto del Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Progetto  
COMUNICAZIONI  
DIGITALI  
A BASSO COSTO**

**"RADIO-GATEWAY"**



**Associazione Radioamatori Italiani**

**Sezione di Pisa**

**La realizzazione di questo documento é stata curata dall'A.R.I. - Associazione Radioamatori Italiani, Sezione di Pisa, con la collaborazione del socio Alessandro Sbrana IK5MIC.**

**La riproduzione é ammessa solo per scopi non commerciali.**

## • Premessa

Nonostante i fulminei progressi dell'industria delle reti informatiche, il settore della connettività mobile/portatile presenta ancora notevoli lacune. L'attuale scenario prevede due tipologie di connessione tra un utente "sul campo" e il sito principale: l'utilizzo delle linee telefoniche e la tecnologia "Wireless Ethernet".

### **La telefonia cellulare**

Scartata a priori la tecnologia satellitare per i suoi ingenti costi, tali da essere giustificati solo per attività di tipo militare o governativo, la telefonia cellulare può costituire un valido mezzo attraverso cui l'utente mobile può connettersi alla sua postazione di lavoro, a patto però di accettarne le forti limitazioni.

Tale soluzione prevede l'impiego di un comune modem telefonico (anche se attualmente sono previsti particolari dispositivi muniti di interfaccia PCMCIA) connesso attraverso un cavo dedicato ad un terminale radiomobile cellulare.

Sebbene in questo modo sia garantita la semplicità di utilizzo (la procedura di accesso è la stessa dell'utente fisso connesso attraverso terminal server), alcuni fattori intervengono a limitare le potenzialità di questa soluzione.

Innanzitutto condizione fondamentale per l'accesso al network cellulare è la capillarità del servizio: nei paesi più industrializzati ciò non rappresenta un problema, mentre costituisce fattore strategico nei paesi in via di sviluppo, a causa degli ingenti mezzi finanziari necessari per l'installazione ed il mantenimento delle infrastrutture della rete telefonica cellulare.

Qualora venga garantita una capillare offerta del servizio, rimane in sospeso la variabile dei costi di gestione da parte dell'utente finale: nel caso del nostro paese, ad esempio, le tariffe molto elevate di accesso al servizio radiomobile permettono esclusivamente un traffico di volume ridotto, limitato quindi a veloci attività di posta elettronica.

Lo stato attuale delle linee cellulari non permette inoltre il superamento di velocità superiori ai 9600 baud, mentre le inevitabili variazioni del segnale radio trasmesso in forma analogica sono mal tollerate dai comuni modem telefonici candidati allo svolgimento del traffico.

### **La Wireless Ethernet**

Come si può facilmente intuire dall'analisi dei due vocaboli, il sistema Wireless Ethernet permette di trasferire le caratteristiche della tecnologia Ethernet sulle trasmissioni attraverso le onde radio.

In realtà esistono varie implementazioni di tale soluzione, per quanto riguarda velocità, portata e frequenze di lavoro.

La soluzione più semplice è rappresentata dalle cosiddette radio "spread-spectrum" distribuite sul mercato statunitense, dei dispositivi di piccole dimensioni che abbinano al loro interno un modem ad alta velocità (128 - 384 kbps) ed una radio a larga banda. Tali apparecchi, collegabili ad un router attraverso una comune porta sincrona/asincrona, sono perlopiù destinati all'utilizzo all'interno di edifici, qualora non sia possibile installare un'appropriata rete cablata. A causa della loro frequenza di lavoro, intorno ai 900 MHz, il loro impiego in Italia non può avvenire, vista la presenza della rete cellulare. Analoghi modelli, funzionanti intorno ai 2,4 GHz, sono stati previsti anche per il mercato europeo, ma nel nostro paese manca ancora una chiara regolamentazione del loro impiego, in ogni caso relegato a brevi distanze (da 300 metri a 3 chilometri) a causa della limitata potenza irradiata, nell'ordine dei milliwatt.

Lo stadio più avanzato della tecnologia Wireless Ethernet é costituito invece da veri e propri router con una o più schede Ethernet da un lato e più porte radio dall'altro. Gli apparecchi impiegati in questi sistemi permettono il raggiungimento di velocità molto elevate (2, 10, 155 Mbps) grazie all'impiego delle microonde.

A tali frequenze (tipicamente 10~20 GHz) la larghezza del canale non rappresenta più un problema, mentre assume fondamentale importanza la qualità della tratta ed il puntamento delle antenne.

Vista la criticità di queste due variabili, un efficace ed economico impiego di questa tecnologia é riservato ad installazioni fisse quali campus universitari, istituti di ricerca etc. I costi delle apparecchiature sono in genere elevati, il solo router circa 10.000 dollari (settembre 1995), ma il loro impiego dovrebbe essere comunque preso in considerazione prima della scelta di un collegamento con linea telefonica dedicata, che presenta limitazioni di velocità e un canone non proprio contenuto.

## **Il progetto "radio-gw"**

Mancava ancora nel panorama delle reti informatiche la possibilità di un accesso economico e continuativo da parte di un utente remoto in postazione mobile/portatile. In questa ottica l'Istituto C.N.U.C.E. - C.N.R. e la sezione di Pisa dell'A.R.I. - Associazione Radioamatori Italiani hanno deciso di firmare, due anni fa, un accordo di collaborazione per la sperimentazione di un sistema alternativo ai due precedentemente illustrati, che presentasse un basso costo di impianto e gestione, una certa facilità di amministrazione dal punto di vista software e che fosse del tutto trasparente per l'utilizzatore finale.

E' nato così il progetto "radio-gateway".

L'A.R.I. - Associazione Radioamatori Italiani é un'associazione senza fini di lucro a carattere nazionale, costituita nel 1927 (tra i suoi presidenti e' possibile ricordare anche Guglielmo Marconi) ed eretta ufficialmente Ente Morale con D.P.R. 368 del 1950; attualmente raccoglie diverse decine di migliaia di iscritti, suddivisi in 285 sezioni locali. I suoi scopi comprendono, tra gli altri, la diffusione dell'attività radiotecnica, la ricerca scientifica, la collaborazione con le Autorità di Protezione Civile.

## **• Chi sono i radioamatori**

In Italia il servizio di radioamatore é disciplinato dal D.P.R. 5 agosto 1966, n. 1214, dal D.P.R. 29 marzo 1973, n. 156 e da alcune integrazioni regolamentari introdotte con circolari o con D.M. successivi.

Il Servizio di Radioamatore é formalmente definito come "servizio di istruzione personale, di intercomunicazioni e di ricerche tecniche effettuato da Radioamatori, cioè persone debitamente autorizzate, interessate alla radiotecnica senza scopo di lucro", tale definizione é stata prevista sia dalle vigenti leggi italiane, sia dalla Conferenza Internazionale delle Telecomunicazioni di Ginevra (ITU).

Per poter arrivare ad operare una propria stazione l'aspirante radioamatore deve superare un esame presso i distaccamenti regionali del Ministero delle Poste e Telecomunicazioni. Tale esame verte su argomenti di elettronica e radiotecnica (patente speciale) e può essere affiancato da una prova pratica di telegrafia (patente ordinaria); il passo successivo é l'ottenimento della relativa licenza, speciale o ordinaria: nel primo caso si é autorizzati a trasmettere sulle

bande assegnate al Servizio superiori ai 144 MHz, nel secondo caso invece si acquistano i pieni privilegi, comprese le onde corte.

E' previsto il rilascio della licenza anche per gli istituti di ricerca o istruzione: in questi casi, come per l'Istituto C.N.U.C.E., è necessaria la presenza di un radioamatore responsabile all'interno dell'ente stesso. Per il C.N.U.C.E. è Antonio Blasco Bonito IW5CJB, che ricopre anche il ruolo di supervisore del progetto. Il nominativo della stazione è IW5DAM.

## • Il packet radio

Il primo, vero tentativo di fondere insieme la radio e le reti a pacchetto fu portato a termine dall'Università delle Hawaii, attraverso la rete ALOHNET, intorno al 1970. Questo progetto prevedeva l'interconnessione di differenti computer attraverso le onde radio; l'accesso al satellite, inoltre, permetteva di raggiungere il nucleo originario della rete Internet, la cosiddetta ARPANET.

Gli studi condotti su questa rete contribuirono allo sviluppo del CDMA (collision detection/multiple access) che in seguito fu applicato nello standard Ethernet.

L'attività packet radio dei radioamatori ebbe inizio in Canada nel 1978, quando le autorità locali dettero il via alla sperimentazione di nuove forme di comunicazioni digitali (fino a quel momento circoscritte alla sola telescrivente o RTTY). Furono alcuni membri di un club radioamatoriale di Vancouver a realizzare, nel 1979, la prima periferica dedicata alle comunicazioni digitali via radio, il cosiddetto TNC (terminal node controller).

Lo sviluppo dei ricetrasmittitori e dei protocolli dedicati al traffico amatoriale subì una forte accelerata in seguito alla decisione della F.C.C. statunitense, nel maggio 1980, di autorizzare il trasferimento di file ASCII tra i radioamatori su cui aveva giurisdizione. In breve tempo il numero dei TNC sul territorio U.S.A. aumentò notevolmente (dai 650 del 1983 ai 35.000 del 1988), e il protocollo AX25 (una variante dello X25 commerciale, modificato per l'uso radio) conquistò velocemente una posizione dominante.

Nel 1986, Phil Karn, un entusiasta radioamatore, sviluppò un software chiamato KA9Q, che implementava il protocollo TCP/IP su un PC IBM e permetteva l'utilizzo dell'hardware radioamatoriale come mezzo di trasmissione dei pacchetti. Il fatto che il codice fosse reso di pubblico dominio dette stimolo alla fantasia dei numerosi appassionati, che trovarono in questo software un valido mezzo per sperimentare il protocollo TCP/IP non solo tra più utenti connessi via radio, ma addirittura uno strumento per accedere con semplicità al vasto mondo di Internet.

Un limite per comunicazioni digitali via radio veloci ed affidabili è costituito dalla distanza tra le stazioni partecipanti alla rete, a causa della distorsione e del rumore introdotto nei segnali da parte dell'atmosfera, oltre agli ostacoli fisici e alla curvatura terrestre.

Una soluzione già sperimentata dai radioamatori consiste nell'utilizzo di satelliti a bassa orbita (a causa degli elevati costi richiesti dai vettori per il trasporto del velivolo) con modalità store/forward: il computer presente all'interno del satellite acquisisce i dati sull'area sorvolata, scaricandoli successivamente sull'area in cui è presente la stazione di destinazione.

Un altro sistema è invece rappresentato dall'utilizzo dell'Internet stessa per trasferire i pacchetti tra stazioni radioamatoriali molto distanti tra di loro: lo sviluppo del pacchetto KA9Q ha permesso di utilizzare quindi lo stesso protocollo usato su Internet, il TCP/IP, anche ai computer radioamatoriali, aprendo quindi nuovi orizzonti al packet radio.

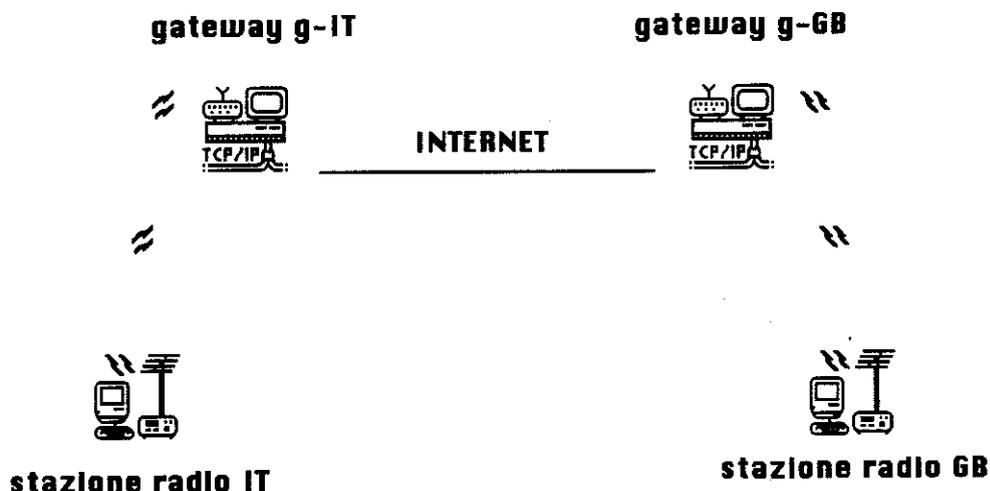
Da questa idea ha tratto vita il progetto del radio-gateway.

## • Cosa e' un radio-gateway

Un radio-gateway é un insieme di elementi hardware-software che ha il ruolo di smistare i pacchetti TCP/IP tra i computer installati presso le stazioni di radioamatore presenti nell'area di utenza e altri computer presenti su Internet o in altre aree servite da un analogo gateway. Qualora quindi sia necessario collegare una macchina direttamente connessa ad Internet, sarà sufficiente un unico gateway, mentre se il traffico verrà svolto tra due o più macchine geograficamente distanti, i gateway necessari saranno ovviamente due.

Ad un livello elementare il funzionamento sarà il seguente: quando vengono inviati via Internet i messaggi sono suddivisi in pacchetti. Quando il gateway riceve un pacchetto su una determinata interfaccia, sulla quale "ascolta" continuamente, esso controlla l'indirizzo IP di destinazione contenuto nel pacchetto e, secondo la tabella di instradamento precedentemente caricata in memoria, ritrasmette tale pacchetto attraverso l'interfaccia prevista per quella determinata destinazione. Alla prima interfaccia, ad esempio, potrebbe corrispondere la porta seriale collegata ad un modem radio, mentre alla seconda una scheda di rete Ethernet.

Ammettendo il caso di due computer in due nazioni diverse, collegati ad Internet attraverso canali radio, il pacchetto inviato dalla stazione IT verrà ricevuto attraverso la porta radio dal relativo gateway g-IT, ritrasmesso da questo sull'interfaccia Internet, ricevuto dal gateway g-GB ed infine inviato alla stazione GB attraverso l'apposito ricetrasmittitore. Il pacchetto di risposta effettuerà un percorso inverso.



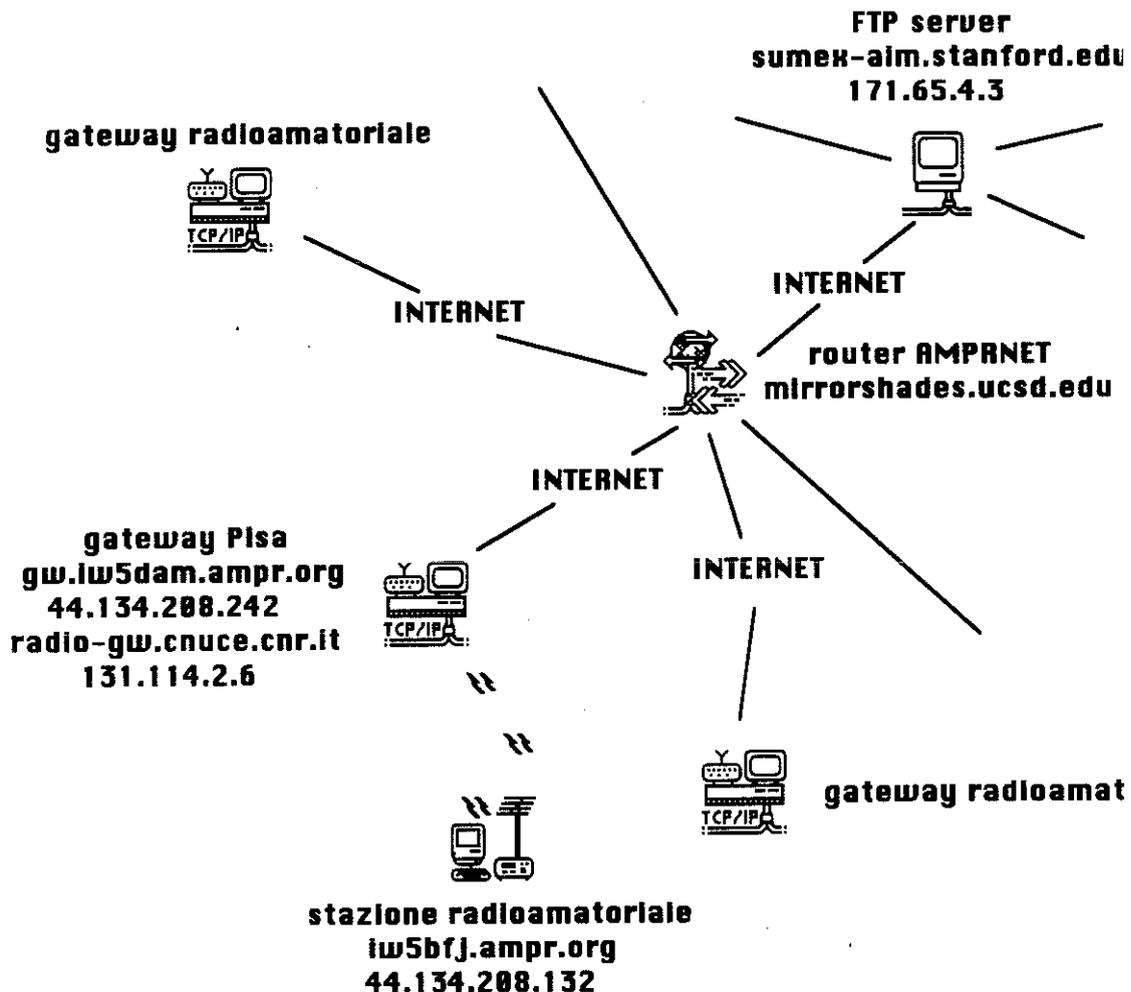
## La rete AMPRNET

Le stazioni di radioamatore che utilizzano il protocollo TCP/IP per il trasferimento dei dati devono possedere, ovviamente, ciascuna un determinato indirizzo IP. A questo scopo, un blocco di 16.387.064 indirizzi é stato assegnato proprio alla rete dei radioamatori (AMPRNET), rappresentata dalle cifre 44.x.x.x, corrispondenti al dominio ampr.org.

L'indirizzamento dei pacchetti avviene secondo due modalità, a seconda che il numero da collegare appartenga o meno alla rete 44.x.x.x.

Nel caso che da un host radioamatoriale sia necessario raggiungere un sito con indirizzo IP diverso da 44. (o viceversa), viene utilizzato un apposito router recentemente installato per questo scopo presso l'Università di S. Diego negli Stati Uniti, per la precisione si tratta di `mirrorshades.ucsd.edu`. Questa macchina assolve anche al compito di nameserver principale per tutta la rete AMPRNET.

A titolo di esempio, sotto é riportato uno schema semplificato della rete. Il server FTP rappresenta un comune esempio di host non-44., mentre `iw5bfj.ampr.org` é l'utente-tipo.



Qualora l'indirizzo da connettere appartenga alla rete 44. , allora lo schema della rete subisce una modifica, visto che tutti gli instradamenti vengono gestiti direttamente tra gateway radioamatoriali mediante un processo di incapsulamento, detto ENCAP.

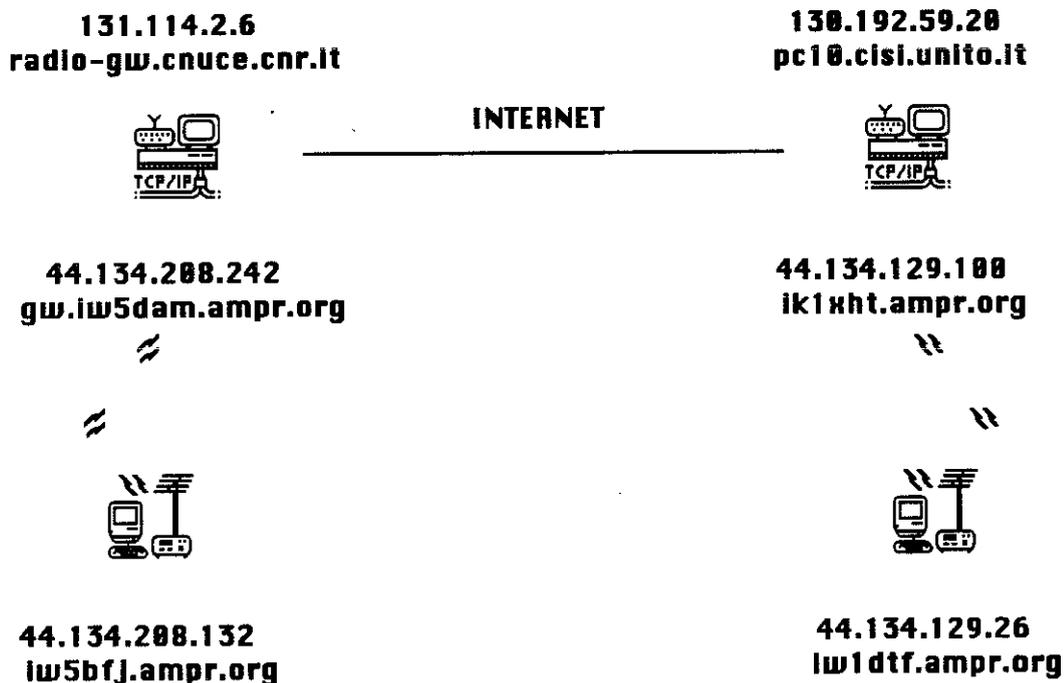
E' noto infatti che ogni router deve avere almeno due differenti indirizzi IP, uno per ogni sottorete che interconnette. Ad esempio, nel caso del gateway installato presso l'Istituto C.N.U.C.E., i numeri IP sono `44.134.208.242` (`gw.iw5dam.ampr.org`) e `131.114.2.6` (`radio-gw.cnuce.cnr.it`), lo scambio di pacchetti tra stazione radio e gateway avviene infatti con numeri IP 44. , mentre tra gateway il traffico viene effettuato mediante i numeri IP normalmente utilizzati tra macchine stabilmente connesse ad Internet, ad esempio 131. e 130. .

La soluzione adottata per stabilire un collegamento tra due postazioni radio attraverso due gateway, consiste nell'incapsulare i pacchetti "radioamatoriali" (con

IP 44.x.x.x) ricevuti dal gateway all'interno di un altro pacchetto più grande, questa volta con numero IP "Internet" (ad esempio 131.x.x.x).

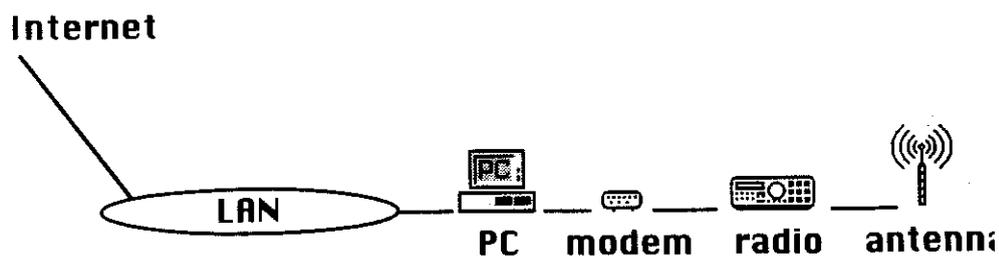
Il gateway si occupa quindi di inviare il nuovo pacchetto a quell'analogo gateway che, secondo una tabella immagazzinata in memoria, gestisce il traffico per la zona IP di destinazione.

Questo pacchetto "grande" è riconosciuto dall'Internet con indirizzi di provenienza e destinazione noti, e quindi viene fatto transitare verso il gateway di arrivo. La rete Internet interpreta il pacchetto incapsulato come dei semplici dati, e pertanto il suo contenuto viene ignorato. Il gateway di destinazione riceve il pacchetto rispondendo con il suo IP "Internet" (ad esempio 130.x.x.x), e procede all'estrazione del pacchetto originario inviandolo alla stazione radio obiettivo. Tutto questo processo è completamente trasparente per ciascuna macchina installata presso la rispettiva stazione radio. Ovviamente la risposta avviene attraverso un procedimento opposto.



### Struttura del gateway

Fondamentalmente un gateway-radio è costituito da un PC DOS su cui gira un programma derivato dal pacchetto KA9Q, una scheda di rete, uno o più modem (TNC), uno o più apparecchi ricetrasmittenti, il relativo alimentatore e le antenne.



## II PC

Presso il gateway radio dell'Istituto C.N.U.C.E. é attualmente installato un PC con le seguenti caratteristiche:

- processore Intel 486 SX 33 MHz
- 4 Mbyte RAM
- controller H.D. local bus e H.D. IDE da 230 Mbyte
- scheda di rete Ethernet 3Com 3c509 (bus ISA)
- schede seriali con SIO 16550 FIFO

Tali parti componenti sono stati individuati come la dotazione minima per assicurare una certa affidabilità al sistema. In particolare si é rivelato risolutivo l'utilizzo di porte seriali "veloci", data l'alta velocità di dialogo tra il computer e i modem.

Oltre alla possibilità di effettuare le operazioni di amministrazione degli utenti da remoto, é stato previsto anche un completo sistema di telecomandi DTMF funzionanti via radio, sistema che permette lo spegnimento a distanza di determinate porte, oppure il ripristino in caso di un inatteso blocco del sistema, come può avvenire in caso di temporali, sbalzi della tensione di alimentazione eccetera.

Il software é costituito da una versione di JNOS (derivato dal KA9Q) appositamente compilata per le esigenze del gateway da Alessandro Enea IK5VEQ. I servizi da esso offerti sono:

- router
- FTP server
- nameserver
- convers server (un Internet Relay Chat riservato ai radioamatori)
- SMTP e POP3 server
- BBS, in cui é possibile consultare ed inviare messaggi

Attualmente oltre 200 radioamatori di tutto il mondo utilizzano il gateway come casella di posta elettronica.

L'indirizzo ha la struttura <nominativo>@radio-gw.cnuce.cnr.it .

Il software di gestione del gateway ha la particolarità di essere molto flessibile: il codice di pubblico dominio può essere facilmente modificato ed integrato con appositi moduli, in modo da personalizzarlo alle proprie esigenze. Ad esempio é possibile aggiungere ai servizi standard altre funzioni, quali il server SLIP, quello gopher o quello WWW.

Sul disco rigido del radio-gateway pisano é già presente una partizione LINUX, sulla quale entro breve verrà installata la versione UNIX del software JNOS. Tale versione, perfettamente identica a quella DOS nell'interfaccia utente, permetterà di superare la soglia dei 640 kByte gestiti dal DOS e di quindi di gestire completamente la memoria installata sulla macchina. Il sistema operativo a 32 bit contribuirà ad incrementare ulteriormente le prestazioni.

Nei progetti del team del radio-gateway é inclusa la realizzazione di un router/nameserver per tutta la rete amatoriale italiana, che permetterà di svincolarsi da ucsd.edu e raggiungere così direttamente tutti i siti italiani di maggior interesse senza dover necessariamente transitare per due volte dagli Stati Uniti.

## Il modem

Nel caso delle trasmissioni digitali via radio non si parla tanto di modem, quanto di TNC, ossia terminal node controller.

Questo dispositivo é necessario per il normale traffico AX25 quale quello normalmente svolto dai radioamatori.

In esso sono racchiusi il modem e una parte logica deputata alla gestione del protocollo ad alla commutazione trasmissione/ricezione degli apparecchi. Originariamente infatti i primi terminali utilizzati dai radioamatori erano di tipo "stupido", capaci solo di scambiare i caratteri sulla porta seriale e visualizzarli sullo schermo.

L'utilizzo del TCP/IP non prevede la scomparsa dello AX25, in quanto ancora una volta un processo di incapsulamento/estrazione si occupa di trasportare i pacchetti TCP fintanto che viaggiano attraverso l'etere. In questo caso però i programmi di comunicazione, che necessitano di veri e propri calcolatori su cui funzionare, si occupano della gestione completa della ricetrasmisione: dalla commutazione degli apparecchi radio fino alla generazione dei pacchetti AX25 contenenti i pacchetti TCP/IP.

Pertanto i TNC radioamatoriali devono essere predisposti nella modalità KISS prima di venire impiegati per il traffico TCP/IP. KISS sta per "keep it simple, stupid": il TNC, progettato intelligente, torna adesso a svolgere l'incarico di semplice modem.

Per ciò che riguarda le prestazioni raggiungibili con un modem radio, é necessario distinguere tra le due opzioni attualmente disponibili su radio-gateway.

La prima possibilità prevede l'utilizzo di una modulazione AFSK (audio frequency shift keying) secondo lo standard BELL 202 a 1200 baud. I due toni generati dal modem, 1200 e 2200 Hz, vengono applicati al ricetrasmittitore attraverso il connettore microfonic, mentre il segnale in arrivo viene prelevato direttamente sulla presa altoparlante della radio. Con tale sistema nessuna modifica é richiesta per il ricetrasmittitore, data l'assoluta non - criticità di funzionamento. Praticamente qualsiasi apparecchio FM (o AM) é in grado di gestire questo tipo di segnale.

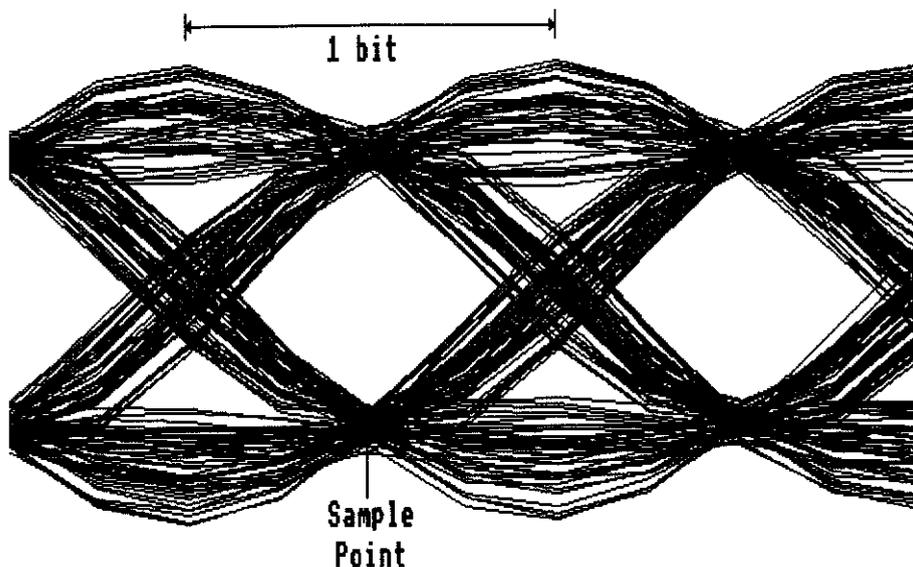
Le prestazioni ottenibili da questa configurazione non sono ovviamente strabilianti, ma devono in ogni caso essere vagliate alla luce dei fattori costo e ubicazione dell'utente remoto.

Una velocità di trasferimento di circa 100 byte/s non é proprio da scartare qualora sia richiesto un servizio limitato alla posta elettronica in aree marginali. La relativa immunità di questo sistema di modulazione ai disturbi atmosferici, unita alle notevoli distanze coperte (oltre 200 km tra postazioni in altura) e al costo veramente basso delle apparecchiature (meno di 700.000 lire per l'abbinamento TNC-radio) lo rendono difficilmente superabile, nei limiti sopra esposti, da parte di tecnologie indubbiamente più performanti ma anche più costose

Da circa un anno é stata attivata presso la stazione radio dell'Istituto C.N.U.C.E. una nuova porta funzionante alla velocità di 9600 baud. Da due mesi questa porta é stata affiancata da una gemella operante su un'altra frequenza, allo scopo di suddividere il traffico sulla rete pisana secondo la tipologia di traffico, come vedremo meglio in seguito.

La soluzione a 9600 baud ruota intorno ad un modem FSK (frequency shift keying) che pilota direttamente il modulatore del trasmettitore FM secondo lo standard G3RUH, dall'indicativo del radioamatore inglese che ha sviluppato questo tipo di circuito per applicazioni di comunicazione terra-satellite.

La ricezione viene prelevata all'uscita del discriminatore dell'apparecchio FM.  
Il segnale del modem G3RUH visualizzato all'oscilloscopio presenta la seguente forma:



La larghezza di banda del canale radio così occupato ammonta a circa 6 kHz. Lo standard G3RUH permette di utilizzare velocità di lavoro anche superiori ai 9600: con un semplice modifica del clock il modem può arrivare a velocità dell'ordine dei 38400 baud e superiori, a discapito però dell'ampiezza del canale impiegato.

Sebbene una maggiore velocità sia da preferirsi, già l'impiego dei 9600 baud permette di fare un notevole salto di qualità rispetto ai 1200: durante le prove di trasferimento di file da Internet la velocità raggiunta è arrivata fino ad oltre 750 byte/s, prestazione corrispondente a circa la metà di quella ottenibile da un modem telefonico a standard V.32 bis (14400 baud) connesso da postazione fissa e impiegante un SIO 16550.

Qualora invece della linea telefonica fissa sia impiegato un collegamento di tipo cellulare, ecco che le prestazioni si equivalgono, o addirittura il sistema radio riesce ad ottenere una velocità superiore, il tutto a costi equivalenti sul piano delle apparecchiature, ma decisamente più elevati nel caso del telefono cellulare per ciò che riguarda il costo del traffico.

Il sistema a 9600 baud ovviamente risente più di quello a 1200 baud dei disturbi atmosferici e, soprattutto, degli effetti delle riflessioni del segnale radio. L'inconveniente è facilmente eliminabile attraverso un'oculato studio delle distanze da coprire (magari interponendo un router intermedio su un'altura) e le gamme di frequenza da impiegare. Nel territorio pisano sono da considerarsi efficienti al 100% collegamenti entro 20 km dal radio-gateway, tra lo stesso e stazioni a livello del mare, ma non mancano casi eccezionali che riescono a duplicare facilmente tale distanza.

E' in corso di sperimentazione tra alcuni radioamatori locali il trasferimento di dati attraverso il protocollo TCP/IP alla velocità di 19200 baud. Tale soluzione è facilmente praticabile mediante l'impiego dei comuni TNC a 9600 baud (con clock raddoppiato), a patto però di modificare gli apparecchi radio per una larghezza di banda superiore, obiettivo di non semplice realizzazione a causa dei

vincoli progettuali delle radio presenti in commercio, costruite per operare su canali ad ampiezza telefonica.

## Gli apparecchi radio

All'inizio dell'attività del radio-gateway il fattore radio era di limitata importanza, vista la facilità di interfacciamento con un TNC a 1200 baud. In sostanza l'unico parametro di scelta era la gamma di frequenze di funzionamento, in funzione della portata desiderata e del numero di canali liberi.

Come già detto, praticamente qualsiasi apparecchio commerciale con modulazione FM, ma anche AM, è in grado di lavorare alla velocità di 1200 baud.

Alcune difficoltà si sono invece presentate al momento dell'attivazione della porta a 9600 baud.

Mentre è relativamente prelevare il segnale di ricezione, in corrispondenza dell'uscita del discriminatore FM, prima che venga effettuata l'operazione di equalizzazione e filtraggio necessaria per migliorare la comprensibilità dei segnali vocali, maggiormente complessa è l'operazione di iniezione del segnale in trasmissione.

Per quanto riguarda lo stadio ricevente, è stato ormai selezionato un vasto campione di apparecchiature commerciali, quasi tutte impieganti lo stesso tipo di approccio di demodulazione del segnale.

Lo stadio dell'ultima media frequenza ruota infatti, nel 90% degli apparecchi radioamatoriali moderni, intorno ad un integrato dedicato del tipo TA7761F/P, LA5006M, LC7532M, TK10420, TK10424, MC3357P. Il segnale viene prelevato, in tutti questi casi, direttamente dal piedino numero 9 mediante un piccolo condensatore non polarizzato di disaccoppiamento.

La modifica del trasmettitore può avere o meno successo, a seconda della tipologia circuitale scelta dal progettista.

Nel caso di un trasmettitore modulato in un oscillatore a quarzo, il problema viene efficacemente risolto immettendo il segnale nel modulatore (tipicamente un diodo varicap) attraverso una resistenza da 5-10 kohm. Questo è il caso delle apparecchiature cosiddette "multimodo" (che possono lavorare anche in banda laterale unica) e di alcuni ricetrasmettitori sintetizzati a PLL di vecchia costruzione.

La maggior parte delle radio FM operanti in VHF e UHF sono invece modulate direttamente nel PLL.

In questo caso, quando il segnale viene iniettato nel varicap presente all'interno del circuito PLL, quest'ultimo cerca di svolgere al meglio il lavoro per il quale è stato previsto, cerca cioè di impedire variazioni della frequenza nominale mediante continue correzioni.

Ciò però è deleterio per i nostri scopi, in quanto il PLL tenterà di correggere gli effetti della modulazione da noi applicata.

Ricordando la precedente figura del segnale G3RUH visualizzato all'oscilloscopio, gli effetti della correzione apportata dal PLL sono rappresentabili come una continua ondulazione del segnale lungo l'asse delle ordinate.

L'efficacia del PLL nel correggere gli effetti del segnale FSK dipende dalla sua costante di tempo: minore questa, minore l'effetto distorsivo sul segnale packet. Riducendo la costante di tempo del PLL al di sotto dei 30Hz, valore sufficiente per far transitare il nostro segnale G3RUH, si presenta un altro inconveniente: la velocità di commutazione trasmissione/ricezione è notevolmente rallentata, e

ciò su un canale simplex come quello packet riduce in maniera sensibile la velocità di trasferimento dei dati.

Aumentando il valore della costante di tempo del PLL i tempi di commutazione migliorano, ma ancora una volta questo dispositivo torna a correggere le componenti in bassa frequenza del segnale packet, introducendovi una distorsione di fase.

Una modifica che potrebbe risolvere parzialmente l'inconveniente potrebbe essere l'applicazione della componente a bassa frequenza del segnale G3RUH, opportunamente selezionata con un filtro passa-basso, nell'oscillatore di riferimento del PLL, in modo tale da compensare i tentativi di correzione da esso apportati. Purtroppo però tale intervento non è di facile soluzione, e comunque tale da essere svolto solo empiricamente, quindi di difficile ripetitività tra un modello di ricetrasmittitore ed un altro.

La soluzione migliore è quindi quella della radio "multimodo", quale quella installata presso il C.N.U.C.E., oppure la radio quarzata monocanale.

La prima ipotesi ha sicuramente un costo superiore, ma offre la possibilità di modificare la frequenza di lavoro in pochi istanti, mentre la radio quarzata, limitata in questo senso, è caratterizzata da un costo notevolmente basso (circa 400.000 lire a settembre 95) ed un'alta purezza del segnale trasmesso.

Teoricamente questi due tipi di apparecchi riescono a raggiungere velocità di lavoro superiori ai 9600 baud, ed in particolare i 19200 baud, a condizione però di riuscire a reperire filtri a media frequenza con banda passante più ampia.

Alcuni esperimenti con apparecchi così modificati hanno dato un incoraggiante prestazione di trasferimento: oltre i 1250 byte/s.

Proprio in questo mese ha avuto inizio la commercializzazione di un ricetrasmittitore UHF (435 MHz) quarzato operante alla velocità di 19200 per un costo di sole lire 500.000. Anche tale radio dovrebbe venire affiancata da un comune modem G3RUH.

## • **La stazione "sul campo" ed i client**

La stazione da impiegare in uso portatile/mobile è del tutto simile a quella del radio-gateway per ciò che riguarda le attrezzature radio. La possibilità di utilizzare direttamente una tensione continua di 12 V permette di lavorare anche da un eventuale mezzo mobile, oppure di usufruire dell'energia solare. Ovviamente il computer utilizzato dovrà essere di tipo portatile, alimentato a batteria.

Il software utilizzabile è suddivisibile in due grandi categorie, quella che permette l'uso della grafica e quella che non lo permette.

Normalmente nella stazione di radioamatore è presente un PC - DOS simile a quello installato presso il radio-gateway, munito di un programma di derivazione KA9Q.

Tale software, data la limitata memoria richiesta per funzionare, è utilizzabile sulla stragrande maggioranza dei PC, anche i vecchi 8088 o i microscopici palmtop tipo H.P. o Atari Portfolio.

I servizi da esso offerti sono riconducibili ai seguenti:

- client telnet (nessuna emulazione grafica)
- client FTP
- client POP3 e SMTP
- client finger
- semplice nameserver incorporato
- emulatore AX25 (per i comuni collegamenti radioamatoriali)

Come é possibile notare da tale elenco, da esso sono esclusi tutti i servizi che sfruttano la grafica come WWW o il telnet in emulazione VT100 o VT220.

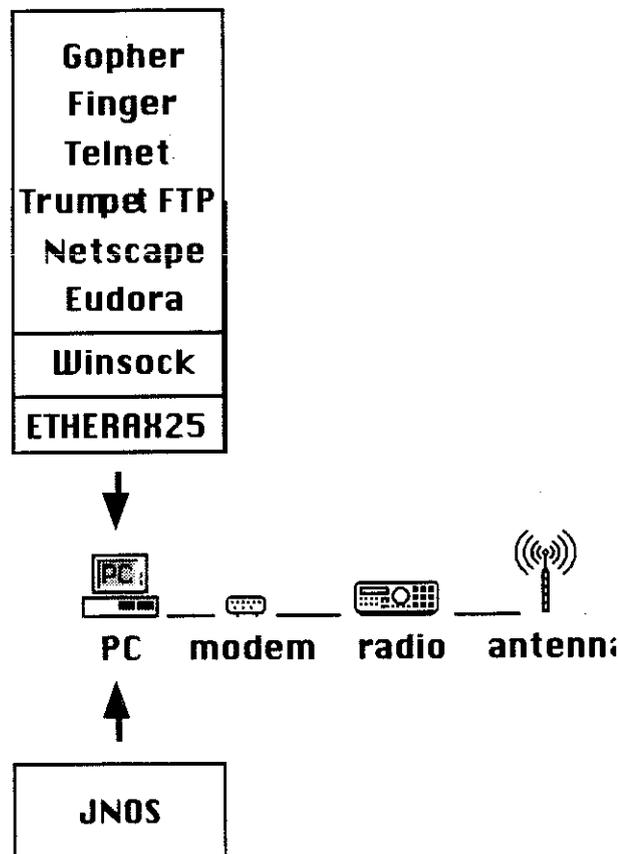
Per rimediare a tale lacuna, alcuni radioamatori hanno provveduto alla creazione di appositi driver che si interfacciassero alle piattaforme TCP/IP più diffuse, in breve Winsock per MS-Windows e Linux per il mondo UNIX.

Il driver ETHERAX25 costituisce una valida soluzione per poter utilizzare via radio tutto il software disponibile per Winsock - Windows, come Netscape per il WWW, Eudora per la posta elettronica, FTP per l'omonimo protocollo di trasferimento file, etc.

Tale programma, un vero e proprio packet driver, fa sì che la porta seriale del PC venga vista dalla macchina come una comune scheda di rete Ethernet.

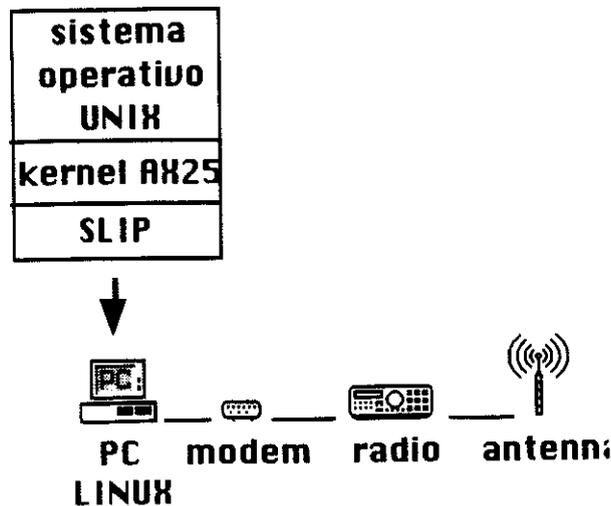
I test su ETHERAX25 sono stati effettuati sulle versioni 3.1 e 3.11 di Windows, ma un primo tentativo di installazione su Windows 95 ha già dato buoni risultati.

L'unica limitazione é data dal fatto che non é ancora disponibile un Winsock a 32 bit, per cui il software utilizzabile, anche sotto Windows 95, per il momento é solo quello scritto con codice a 16 bit.



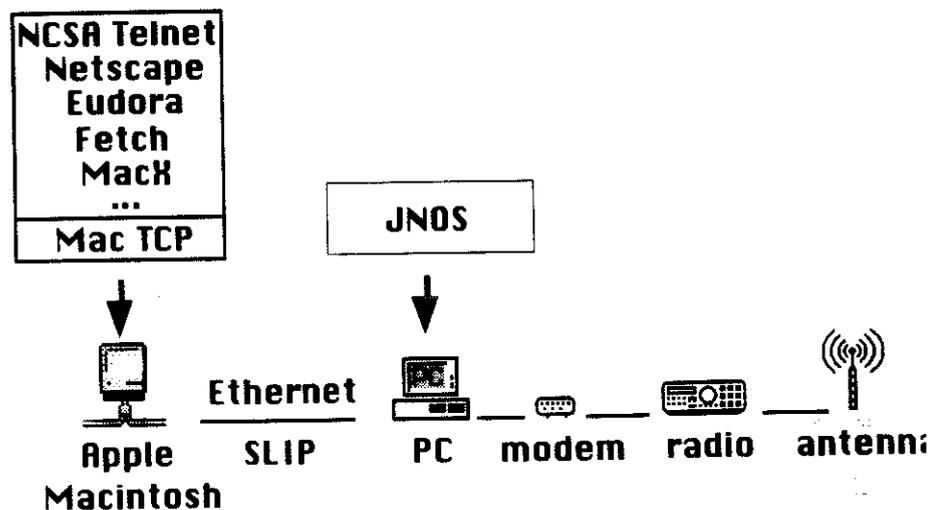
E' possibile utilizzare via radio anche un sistema operativo UNIX, mediante la compilazione, nel kernel di Linux, di un apposito modulo AX25. Tale driver, di serie nell'ultima versione Linux, la 1.3, in pratica simula il protocollo AX25 attraverso una porta SLIP.

L'abbinamento UNIX e radio permette agli utenti più esperti di trasferire sul proprio posto di lavoro tutta la potenzialità di un sistema a 32 bit, ed allo stesso tempo consente di fruire di tutti i servizi offerti dal sito principale.



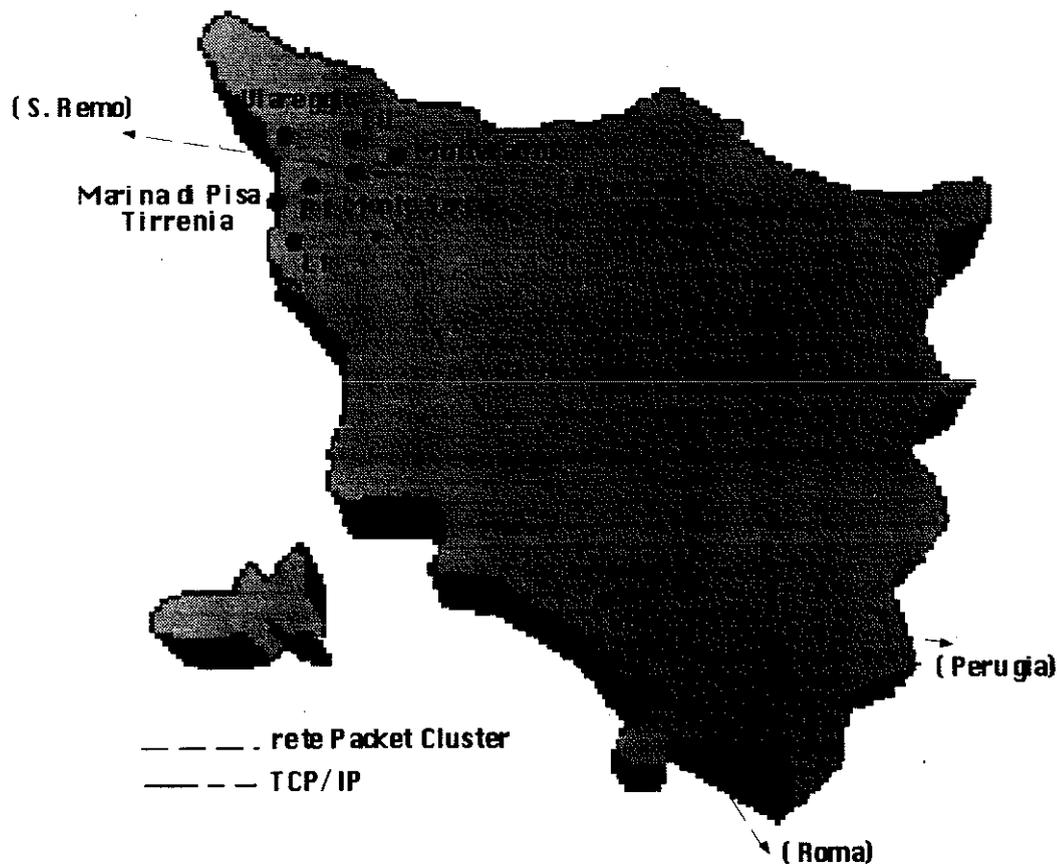
Purtroppo non é stato ancora previsto un driver radio per il mondo Macintosh: qualora sia richiesto l'utilizzo di tale piattaforma é sempre possibile interporre un router JNOS installato su una macchina di classe 386 o superiore ed interconnesso al computer Apple via Ethernet o SLIP. In questo modo si ottiene un particolare vantaggio: durante l'uso di applicazioni che fanno spesso ricorso alla risoluzione indirizzi/numeri IP sul canale radio (ad esempio WWW) si genera un consistente scambio di pacchetti tra la macchina chiamante ed il nameserver. Questa attività può a volte disturbare la normale attività degli altri utenti presenti sul canale. Utilizzando la funzione caching nameserver del router JNOS, le risposte alle interrogazioni avvengono per la prima volta "in aria", per le volte successive direttamente sulla Ethernet della postazione remota.

La sezione A.R.I. di Pisa ha avviato dei contatti con alcuni programmatori esperti del mondo Apple per l'avvio di uno studio di fattibilità di un eventuale modulo radio per MacTCP. La realizzazione di un tale software potrebbe essere argomento di tesi universitaria, di cui l'Istituto C.N.U.C.E. potrebbe curare l'assegnazione e lo sviluppo assieme all'Università di Pisa.



- **La rete pisana**

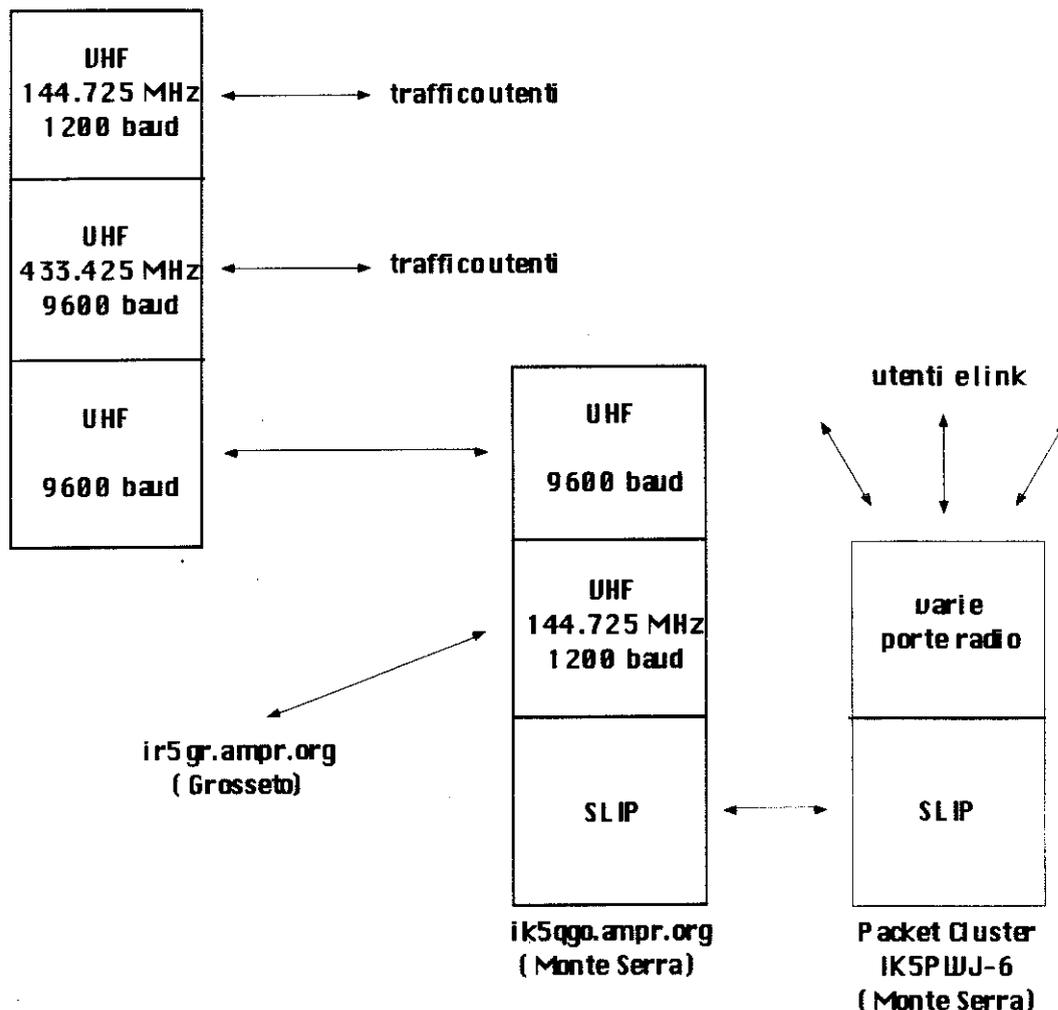
La copertura offerta dai segnali del radio-gateway IW5DAM garantisce l'accesso al servizio nei seguenti capoluoghi di provincia di Pisa, Livorno e Lucca, assieme alle seguenti località: Marina di Pisa, Tirrenia, Viareggio, Montecatini. Ovviamente all'aumentare della distanza é richiesto un impianto di antenna con prestazioni più elevate.



Da circa un anno la sezione A.R.I. di Pisa, assieme al gruppo Packet Cluster, ha provveduto ad installare presso una propria postazione sul Monte Serra un router TCP/IP ([ik5qgo.ampr.org](http://ik5qgo.ampr.org)). Tale router ha il duplice scopo di instradare i pacchetti destinati al router di Grosseto ([ir5gr.ampr.org](http://ir5gr.ampr.org)), altrimenti difficilmente raggiungibile a causa della notevole distanza, e contemporaneamente collegare il nodo pisano della rete Packet Cluster al mondo Internet.

Le tre porte radio presenti sul gateway IW5DAM vengono quindi utilizzate nel seguente modo:

gw1w5 dam.ampr.org



## Il Packet Cluster

Il Packet Cluster é un ottimo esempio di come i radioamatori possono unire le loro forze per la creazione di una rete semplice ma efficiente.

Scopo principale della rete cluster é la raccolta di segnalazioni relative all'attività radioamatoriale HF (onde corte).

Basata su una serie di nodi locali interconnessi tra di loro mediante collegamenti radio AX25, permette la trasmissione quasi in tempo reale delle segnalazioni relative alla presenza di stazioni più o meno distanti sulle bande assegnate ai radioamatori nello spettro delle onde corte.

Quando il singolo utente finale immette l'informazione (ad esempio relativa alla presenza di una stazione australiana), immediatamente questa viene comunicata agli altri utenti presenti sul nodo locale. Contemporaneamente il nodo si preoccupa di trasferire la stessa informazione al nodo a lui adiacente, che farà altrettanto e nel frattempo richiamerà l'attenzione di tutti gli utenti a lui collegati. Il procedimento continuerà fino a che l'informazione non sarà stata inviata anche all'ultimo radioamatore del nodo più remoto.

Oltre a facilitare l'attività degli appassionati dei collegamenti a lunga distanza, il sistema Packet Cluster permette anche di effettuare precise ricerche sulla propagazione ionosferica, visto che tutta l'attività radio così segnalata viene immagazzinata nella memoria del computer che gestisce il nodo; nel sistema é inoltre

previsto un completo sistema di messaggistica, con possibilità di forward tra i diversi nodi della rete.

Sia il territorio italiano che quello nord-americano sono coperti dalla rete Cluster in maniera capillare. L'opportunità di poter accedere alla rete Internet attraverso il radio-gateway di Pisa ha spinto il gruppo Packet Cluster dell'A.R.I. a tentare l'interconnessione tra le due reti.

l'idea é diventata realtà, e ormai decine di radioamatori da tutto il mondo si collegano quotidianamente al nodo pisano IK5PWJ-6 (uno dei più grandi d'Italia) per avere le ultime notizie sull'attività "in aria".

La procedura di connessione é facilitata dal fatto che il software JNOS riesce ad emulare la normale attività AX25 quale quella svolta dal Packet Cluster: gli utenti Internet, attraverso il radio-gateway, collegano il router ik5qgo.ampr.org via telnet. Una volta verificata la loro autorizzazione all'accesso possono collegarsi al Cluster mediante una sessione AX25. I due computer (QGO e PWJ-6) sono uniti attraverso un collegamento via porta seriale.

## • Progetti per il futuro

I progetti per le future attività del team radio-gateway sono diversi, e si possono suddividere in due categorie.

### TCP/IP

Per ciò che riguarda la parte TCP/IP vera e propria, entro breve tempo dovrebbe entrare in funzione il nuovo software basato sul sistema operativo Linux. I primi esperimenti vengono condotti da Alessandro Enea IK5VEQ su una macchina installata presso la Scuola Normale Superiore di Pisa. Una volta terminata l'ottimizzazione della configurazione tutto il software verrà trasferito su radio-gw.

Con l'aggiornamento dell'hardware del radio-gateway sarebbe possibile gestire direttamente da Pisa tutto il routing tra la rete 44 italiana ed Internet, svincolandoci in questo modo dai problemi di traffico dell'attuale router mirrorshades.ucsd.edu. Per questo scopo sarebbero necessari una macchina con prestazioni superiori (486 DX4/100 o Pentium, 16 Mbyte di RAM) e un'unità disco di maggiori dimensioni

E' allo studio una completa razionalizzazione della numerazione IP toscana, che prevede l'assegnazione dei nuovi numeri non più in maniera cronologica, ma bensì in base alla localizzazione della macchina assegnataria sul territorio.

Con il supporto dell'Università e dell'Istituto C.N.U.C.E., che potrebbero istituire una tesi di laurea sull'argomento, potrebbe essere realizzato il driver radio per il mondo Macintosh.

### Radio

I radioamatori della sezione A.R.I. di Pisa seguono con interesse gli sviluppi nella realizzazione di alcune radio ad alta velocità da parte di alcuni radioamatori americani. Tali apparecchi, che includono sullo stesso circuito stampato un modem a 64 kbit e un ricetrasmittitore, potrebbero venire impiegati per realizzare una dorsale che unisca i router di tutte le sezioni A.R.I. della Toscana,

permettendo così anche ai radioamatori delle aree momentaneamente non raggiungibili dal radio-gateway di collegarsi al mondo Internet.

Anche localmente, per la precisione a Lucca, sono allo stadio di sviluppo dei complessi radio+modem che dovrebbero garantire velocità nell'ordine dei 38400 baud mantenendo i presupposti di facilità di realizzazione e basso costo.

### • **Appendice: applicazione del progetto in ambito C.N.R.**

Le esperienze acquisite in questi anni di sperimentazione possono trovare applicazione anche in ambito privato, prescindendo quindi dal mondo radioamatoriale.

La legge italiana prevede infatti la possibilità, per i privati o gli enti che ne facciano richiesta, di ottenere una concessione per l'impianto e l'esercizio di collegamenti radiotelefonici e radiotelegrafici (dati) tra due o più punti fissi, ovvero tra uno o più punti fissi e una o più stazioni mobili, su un canale (frequenza) assegnato in uso esclusivo.

Le norme che regolano tale settore sono, alla data odierna, il D.M. 18 dicembre 1981, pubblicato sulla G.U. n. 356 del 30 dicembre 1981, e il D.M. 24 giugno 1982, pubblicato sulla G.U. n. 205 del 28 luglio 82.

In sintesi, tali disposizioni prevedono canoni variabili in funzione dell'estensione dell'area coperta.

I casi più verosimili, in base alle possibilità offerte dal sistema packet-radio, sono le seguenti:

distanza max. tra le stazioni (come da relazione tecnica)	canone annuo
fino a 15 km	1.136.000
da 15 a 30 km	2.136.000
da 30 a 60 km	3.742.000

A queste cifre vanno aggiunte L. 250.000 per ogni stazione fissa e L. 40.000 per ogni stazione mobile, sempre su base annua.

Tali cifre, tenendo in considerazione il fatto che il collegamento mediante canale radio é attivo 24 ore su 24, sono decisamente competitive rispetto all'utilizzo della tecnologia cellulare qualora l'utenza non abbia necessità di uscire dall'area coperta dai segnali packet-radio.

Un ulteriore fattore positivo potrebbe essere rappresentato dal fatto che il canale dati verrebbe gestito in condivisione con quello fonia, con la possibilità quindi di passare velocemente (il tempo di collegare il microfono in dotazione all'apparecchio) ad una comunicazione a voce (ad esempio per ricerche nel settore geologico, per collegamenti tra scuole etc.).

