

INSERIMENTO DI OSPF IN AMBIENTE IGRP

Internal Report C94-14

Febbraio 1994

Marco Sommani

Inserimento di OSPF in ambiente IGRP

(Marco Sommani - Revisione 1 del 21 febbraio 1994)

Introduzione.

Questo documento raccoglie le esperienze fatte durante la sperimentazione di OSPF su alcuni router di Pisa e su uno di Sassari fra il maggio 1993 e il febbraio 1994.

Nel documento viene anche proposta una strategia di migrazione da IGRP a OSPF, che non costringe ad una conversione simultanea di tutti i router del GARR, ma che consente invece la coesistenza dei due protocolli senza dar luogo a gravi inconvenienti.

In gran parte quanto viene detto per OSPF è valido anche per I-IS-IS ed è ragionevole supporre che la strategia proposta per migrare a OSPF possa essere valida anche per una migrazione a I-IS-IS.

Le principali differenze fra I-IS-IS e OSPF riguardano i criteri per la suddivisione del dominio in aree. Tutte le parti di questo documento in cui si parla di suddivisioni in aree sarebbero quindi inutilizzabili in caso di una migrazione a I-IS-IS.

Estensione del dominio OSPF toscano-sardo.

OSPF è in uso a Pisa dal giugno 1993. Fino alla fine di settembre è stato usato solo su due cisco collegati alla MAN toscana, usando una configurazione estremamente semplice, che, fortunatamente, non ha dato luogo a problemi.

A partire da ottobre OSPF è stato esteso a molti altri router. Attualmente (12 febbraio 1994) OSPF è presente a Pisa su 15 cisco e 4 Wellfleet; OSPF è inoltre usato su un cisco dell'Area Ricerca CNR di Sassari. È imminente l'attivazione di OSPF a Firenze. Si prevede che a Firenze inizialmente OSPF sarà attivato sui cisco collegati alla MAN e sul cisco dell'Istituto di Documentazione Giuridica del CNR. Per un certo periodo OSPF è stato usato anche su un router IBM 6611.

Sui cisco che si trovano sul cammino fra zone IGRP pure è stato mantenuto, accanto a OSPF, anche IGRP. In questo modo è stato possibile evitare che le metriche IGRP del GARR venissero alterate dalla presenza del dominio OSPF toscano-sardo.

Attualmente i cisco con entrambi i protocolli di routing sono 8. I punti di contatto fra il dominio OSPF toscano-sardo e le zone IGRP pure del GARR sono attualmente i collegamenti interurbani uscenti da Pisa (Bologna, Genova, Napoli, Firenze), due appendici urbane attestata su pisanet-gw.cnuce.cnr.it, cinque appendici urbane attestata su faeta.unipi.it e una appendice urbana attestata su pisa-router.net.cnr.it. Su tutte le maglie urbane è usato OSPF (da solo o in combinazione con IGRP). Il dominio OSPF toscano-sardo comprende un'area toscana con area-id 131.114.0.0, un'area sarda con area-id 193.204.110.0 e un'area backbone costituita da un virtual-link fra garr-gw.cnr.it e pisa-router.net.cnr.it. Area border routers del dominio sono garr-gw.cnr.it e pisa-router.net.cnr.it. Garr-gw.cnr.it ha interfacce sull'area backbone (area-id 0) e sull'area toscana (area-id 131.114.0.0). Pisa-router.net.cnr.it ha interfacce sull'area backbone (area-id 0), sull'area toscana (area-id 131.114.0.0) e sull'area del CNR di Sassari (area-id 193.204.110.0).

Versioni software utilizzate.

Per ora OSPF è stato usato su cisco con le versioni 9.0(3), 9.0(5), 9.1(4), 9.1(5), 9.1(6), 9.1(8), 9.1(8.4) e 9.1(9.1). I maggiori problemi si hanno sul cisco con la 9.0(3), dove OSPF di tanto in tanto va in crash e addirittura scompare dallo "show ip protocols". Occorre però dire che quel cisco, oltre ad avere una versione vecchia, ha anche problemi di scarsità di memoria, trattandosi di un IGS con 1M. In generale, la 9.0 è sconsigliabile perché non accetta reti con subnet-mask variabile.

Le configurazioni suggerite in questo documento dovrebbero essere in grado di funzionare senza problemi su qualunque cisco con software 9.1(6) o più recente, tranne nel caso in cui si debbano attivare dei virtual links. Il bug che impedisce l'attivazione dei virtual links è eliminato con la versione 9.1(9.1), disponibile per ora solo in versione sperimentale. Inconvenienti vari impediscono tuttora l'uso dei link point-to-point unnumbered.

Nozioni fondamentali di OSPF.

OSPF è, analogamente all'integrated IS-IS (I-IS-IS), un *link state protocol* utilizzabile per la distribuzione di informazioni di routing IP. Nei link state protocols ogni router produce degli annunci che descrivono informazioni note al router stesso (links e routers adiacenti, destinazioni apprese da altri routing protocols, etc.) e li passa ai router a lui adiacenti (i suoi *neighbors*). Ogni router, oltre a diffondere gli annunci da lui prodotti, deve inoltrare agli altri neighbors tutti gli annunci che gli arrivano. In questo modo, tutti i router di una porzione della rete (detta *area*) vengono in possesso della stessa base di informazioni, che permette loro di conoscere la mappa dell'area e di costruire la *routing table*.

La sostituzione di IGRP con OSPF o con I-IS-IS porta ai seguenti vantaggi:

- le routing tables dei router si adattano alle variazioni topologiche con estrema rapidità;
- in mancanza di variazioni topologiche, le informazioni di routing circolanti sulla rete sono minime;
- ogni annuncio è "firmato" dal router che lo ha prodotto; dal database degli annunci presente su ogni router è possibile risalire all'autore di annunci sbagliati;
- sia negli annunci sia nelle routing tables, le destinazioni sono riportate sotto forma di *range* di indirizzi, nella forma indirizzo + maschera; in questo modo si eliminano molte restrizioni sull'uso delle subnet presenti in IGRP; diventa inoltre possibile trattare più reti aventi indirizzi contigui con un unico annuncio;
- possono essere annunciati singoli host (maschera 255.255.255.255) o la destinazione default (indirizzo 0.0.0.0 con maschera 0.0.0.0);
- non c'è il pericolo che un comando **ip default-network** sbagliato sconvolga il routing dell'intero dominio; esiste sempre la possibilità che un router venga configurato in modo da annunciare erroneamente la destinazione default, ma tale router sarebbe immediatamente identificabile;
- gli annunci permettono di distinguere se una destinazione è interna o esterna al dominio; è sempre possibile individuare i router che, a causa di configurazioni sbagliate, riimportano nel dominio come destinazioni esterne destinazioni che, in realtà, sono interne al dominio.

Gli annunci prodotti dai router OSPF vengono detti *link state advertisements*. Esistono cinque tipi di link state advertisements. Le informazioni necessarie a costruire la mappa della rete sono contenute nei *router links advertisements* e nei *network links advertisements*.

Un'area OSPF è un insieme connesso di reti IP fisiche (LAN, linee seriali, etc.) e di *virtual links* (di cui si parla più avanti). Ogni rete fisica IP deve appartenere a una sola area. Un router appartiene alle aree cui appartengono le sue interfacce. Un router appartenente a più di un'area viene detto *area border router*. Ogni area è contraddistinta da un identificatore di 32 bit, detto *area-id*. Generalmente l'area-id viene rappresentato usando la dotted decimal notation. Conviene usare come area-id di un'area il network address di una rete particolarmente rappresentativa appartenente a quell'area.

In ogni dominio OSPF avente più di un'area deve esistere una, detta *backbone area*, contraddistinta dall'area-id 0 (o 0.0.0.0). Le comunicazioni fra due aree non backbone sono possibili solo passando attraverso l'area backbone.

Mentre le aree non backbone sono costituite solo da reti IP fisiche, la backbone area può comprendere anche *virtual links*. Un virtual link è una connessione point-to-point immaginaria fra due area border router di una stessa area non backbone. Un virtual link si definisce specificando su ciascuno dei due area border routers il *router-id* dell'altro router e l'area comune ai due router. I router della backbone area considerano adiacenti due router situati ai due capi di un virtual link. Due router collegati da un virtual link si scambiano regolarmente i link state advertisements della backbone area, pur non essendo fisicamente adiacenti. Tutti i pacchetti che viaggiano su un virtual link transitano in realtà attraverso risorse fisiche dell'area non backbone.

Un area border router deve avere almeno una interfaccia (eventualmente un virtual link) appartenente all'area backbone.

Tutti i router appartenenti ad un'area conoscono la mappa dell'area. I link state advertisements contenenti le informazioni utili per costruire la mappa (*router links advertisements* e *network links advertisements*) non escono dai confini dell'area stessa. Ogni router è tuttavia in grado di trovare il cammino ottimale verso destinazioni di altre aree grazie alle informazioni aggiuntive ricevute nei *summary links advertisements*.

Ogni area border router trasmette sulla backbone area nella forma di summary links advertisements informazioni circa le destinazioni delle aree non backbone cui appartiene. Analogamente, ogni area border router trasmette sulle aree non backbone nella forma di summary links advertisements informazioni circa le destinazioni dell'area backbone. Infine, un area border router ritrasmette (dopo opportune trasformazioni) sulle aree non backbone nella forma di summary links advertisements i summary links advertisements ricevuti sull'area backbone.

In ogni summary links advertisement sono contenuti il *router-id* dell'area border router che lo ha prodotto, l'indirizzo IP e la network mask della destinazione e il costo OSPF del cammino dall'area border router alla destinazione. È possibile configurare gli area border router in modo che annuncino un intero range di destinazioni di un'area con un unico summary links advertisement.

Le informazioni sulle destinazioni esterne al dominio OSPF sono distribuite in OSPF nella forma di *external links advertisements*. Un router che introduce nel dominio OSPF informazioni sulle destinazioni esterne producendo external links advertisements viene detto *autonomous system boundary router*. Un cisco è un autonomous system boundary router se e solo se nella definizione del router OSPF è presente il sottocomando **redistribute**.

Un external links advertisement viene distribuito su tutto il dominio OSPF, senza tenere conto dei confini di aree. Non viene tuttavia propagato nelle aree stub, delle quali si parla fra poco. Le principali informazioni contenute in un external links advertisement sono il *router-id* dell'autonomous system boundary router che lo ha prodotto, l'indirizzo IP e la network mask della destinazione, il *forwarding address*, ossia l'indirizzo IP a cui l'autonomous system boundary router inoltra i pacchetti diretti alla destinazione esterna e il costo del percorso esterno al dominio OSPF.

Il costo contenuto in un external links advertisement può essere di tipo 1 o di tipo 2. Un costo di tipo 1 utilizza la stessa unità di misura usata all'interno del dominio OSPF; il costo complessivo del cammino da un router del dominio alla destinazione esterna è dunque la somma del costo del cammino dal router al forwarding address (o all'autonomous system boundary router se il forwarding address non è specificato) e del costo contenuto nell'external links advertisement. Un costo di tipo 2 usa una unità di misura infinitamente maggiore di quella usata all'interno del dominio OSPF; il costo complessivo del cammino da un router del dominio alla destinazione esterna è dato dal solo costo contenuto nell'external links advertisement; solo se due autonomous system boundary routers annunciano la stessa destinazione esterna con lo stesso costo di tipo 2, vengono presi in esame anche i costi dei cammini interni al dominio al fine di scegliere quello più breve. Se una destinazione esterna è annunciata

da un autonomous system boundary router con un costo di tipo 1 e da un altro con un costo di tipo 2, viene preferito l'annuncio con costo di tipo 1.

In alcune aree non backbone può essere inutile riempire la memoria di tutti i router con gli external links advertisements, perché tutte le destinazioni esterne sono raggiungibili nello stesso modo. Ciò accade sempre nelle aree aventi un solo area border router. Anche nelle aree con più di un area border router può tuttavia capitare che l'ordine con cui preferire l'area border router di uscita sia lo stesso per tutte le destinazioni esterne. In questi casi può convenire definire l'area come *stub area*. Gli area border routers di una stub area, anziché propagare in questa gli external links advertisements, si limitano a diffondere un summary links advertisement con costo opportuno relativo alla default destination (rete 0.0.0.0 con maschera 0.0.0.0). Occorre tuttavia ricordare che non è possibile attivare virtual links attraverso una stub area.

Tutti i router del dominio OSPF devono essere in grado di scegliere il cammino più breve verso gli autonomous system boundary router, in modo da poter inoltrare correttamente i pacchetti destinati a destinazioni esterne. Questo non è un problema per i router appartenenti alla stessa area dell'autonomous system boundary router. I router delle altre aree ricevono appositi *ASB-summary links advertisements*, prodotti dagli area border routers. Gli ASB-summary links advertisements non vengono inviati sulle aree stub.

Le informazioni di rilievo di un ASB-summary links advertisement sono il *router-id* dell'area border router che produce l'advertisement, il *router-id* dell'autonomous system boundary router e il costo del cammino fra i due router.

Criteri per la divisione in aree del GARR.

Il principale motivo per suddividere un dominio OSPF in aree è quello di evitare di riempire la memoria dei router con le informazioni riguardanti le complicazioni topologiche della rete in zone distanti, quando queste informazioni hanno poca o nessuna influenza sulle scelte di routing del router stesso.

Oltre a consentire la riduzione del database topologico di ogni router, la suddivisione in aree consente anche di compattare in un unico summary links advertisement le informazioni riguardanti reti subnettate contenute all'interno di un'area. Mentre, infatti, con IGRP la compattazione viene fatta automaticamente tramite l'invio di un unico annuncio su tutte le interfacce non aventi indirizzo appartenente alla rete subnettata, in OSPF la compattazione avviene solo ai confini di area e solo se richiesta esplicitamente per mezzo di appositi comandi di configurazione.

La principale funzione delle aree non backbone è dunque quella di nascondere alle altre parti del dominio le complessità topologiche locali e quella di evitare di riempire l'intero dominio OSPF con annunci di subnet. La backbone area deve essere scelta in modo tale da svolgere al meglio le sue funzioni di area di transito.

Vista la struttura del GARR, in prima approssimazione si può dire che si prestano ad essere inseriti nella backbone area i collegamenti interurbani e che viene abbastanza naturale associare ad ogni città un'area non backbone. Prima di applicare questa regola alla lettera, occorre però tenere conto di vari fattori che possono consigliare eccezioni alla regola.

Vi sono infatti casi di città (un esempio può essere la coppia Roma-Frascati) connesse da collegamenti multipli, dove si possono avere casi in cui il collegamento migliore fra due sedi della città A passi dalla città B. In questi casi può essere conveniente mettere entrambe le città nella stessa area OSPF, sia per nascondere al resto del dominio OSPF le complicazioni topologiche locali, sia perché in OSPF vale la regola per cui, se fra due sedi esiste sia un percorso inter-area (ossia passante attraverso più aree) sia un percorso intra-area (ossia interno a una sola area), viene sempre scelto il percorso intraarea, anche se di costo maggiore. Se la città A e la città B venissero assegnate ad aree diverse, le comunicazioni fra sedi della città A avverrebbero sempre

usando i percorsi interni alla città stessa, anche se il cammino di costo minimo è quello passante per la città B.

Pisa e Firenze sono state messe nella stessa area OSPF a causa della presenza della MAN toscana. Dal punto di vista dell'utente, la MAN toscana è una ethernet estesa, che viene utilizzata sia per le comunicazioni fra Pisa e Firenze, cosa che giustificherebbe una sua assegnazione alla backbone area, sia per le comunicazioni fra sedi di una stessa città. Se esistessero un'area OSPF per Pisa e una per Firenze e la MAN fosse assegnata alla backbone area, le comunicazioni fra sedi MAN di una stessa città preferirebbero i percorsi attraverso le linee dedicate tradizionali a quelli passanti attraverso la MAN. Per questo motivo l'area 131.114.0.0 comprende Pisa, Firenze e la MAN toscana. Un'alternativa sarebbe stata quella di assegnare una diversa area OSPF ad ogni sede della MAN e di assegnare alla backbone area tutti i collegamenti fra sedi MAN, anche se urbani; questa soluzione avrebbe tuttavia comportato una eccessiva complicazione della topologia dell'area backbone.

Il problema creato dalla MAN toscana si ripresenta in tutti i casi in cui il GARR intenda utilizzare la stessa rete multiaccesso (LAN estesa, Frame Relay, SMDS) per comunicazioni urbane e interurbane. Una rete multiaccesso usata solo per comunicazioni urbane appartiene naturalmente all'area della sua città. Una rete multiaccesso usata solo per comunicazioni interurbane appartiene naturalmente alla backbone area. Il problema si pone per le reti multiaccesso a utilizzo misto. La soluzione di fare un'unica area OSPF rimane accettabile per reti regionali, come appunto la MAN toscana. Per reti multiaccesso a estensione nazionale la soluzione adottata in Toscana è inaccettabile. In questi casi bisognerà far credere ai router che alla rete multiaccesso corrispondano in realtà due reti IP fisiche distinte: una urbana e una interurbana. Sui cisco ciò può essere realizzato solo dedicando due porte del cisco alla stessa rete multiaccesso.

Fortunatamente, non è necessario chiedere al gestore della rete multiaccesso due attacchi fisici: nel caso di una LAN estesa, basterà collegare due interfacce LAN del cisco allo stesso spezzone di LAN estesa presente in sede; nel caso di SMDS, il gestore porta in sede un dual bus DQDB, a cui è possibile collegare fino a 16 stazioni; i problemi maggiori si hanno con il Frame Relay, dove sarà necessario dotarsi di un concentratore Frame Relay, a cui collegare le due porte cisco.

Nel caso di reti multiaccesso con broadcasting (LAN estesa, SMDS), il meccanismo della *authentication key* è fondamentale per fare in modo che un router veda come reti distinte la stessa rete multiaccesso. Su ogni interfaccia su cui si vuole usare OSPF, è possibile definire una *authentication key*. La *authentication key* viene inserita dal router in tutti gli annunci OSPF che invia su quella interfaccia; il router inoltre accetta gli annunci OSPF in arrivo su quella interfaccia solo se hanno la *authentication key* a lui nota. In particolare, la *authentication key* viene inserita in tutti i messaggi di *hello*, che sono i messaggi con cui i router di una rete multiaccesso si scoprono reciprocamente. Assegnando una *authentication key* alle interfacce destinate a vedere la rete multiaccesso cittadina e un'altra a quelle che devono vedere la rete multiaccesso interurbana, si riesce a fare in modo che OSPF veda effettivamente due reti multiaccesso distinte. Sarebbe sicuramente meglio disporre di un router che, diversamente dal cisco, permetta di definire più interfacce logiche su una interfaccia fisica.

Nel caso delle reti Frame Relay, che sono basate su PVC (permanent virtual circuit) e sono sprovviste di meccanismi di broadcasting, il problema di nascondere al router parte degli annunci OSPF circolanti sulla rete non si pone. In compenso, il Frame Relay può porre problemi abbastanza seri nel caso in cui la magliatura dei PVC non sia totale, ossia se esistono coppie di router fra cui non sono stati definiti PVC. Questo argomento richiederebbe tuttavia qualche sperimentazione, prima di poter trarre conclusioni. Tutto sommato, sarebbe molto più facile utilizzare IP su una rete Frame Relay se il router considerasse i PVC di questa come tante reti punto-punto, sia

pur attestate sulla stessa interfaccia. Questo, fra l'altro, non obbligherebbe ad assegnare tutti i PVC di una interfaccia fisica alla stessa area OSPF.

Se un'area contiene una rete subnettata e i suoi area border router sono configurati in modo da compattare la rete subnettata in un unico summary links advertisement, è bene che nelle altre aree non siano presenti altre subnet di quella rete. Ciò pone un problema per tutti i link punto-punto interurbani del GARR aventi indirizzo su una subnet di una delle due città collegate. Il problema può essere risolto in due modi:

- inserire anche il link punto-punto interurbano nell'area della città proprietaria della rete subnettata e definire un virtual link per consentire alle comunicazioni inter-area il transito attraverso la linea;
- cambiare l'indirizzo del link punto-punto e inserirlo nella backbone area.

La seconda soluzione è probabilmente quella più semplice. Può essere utile riservare un certo numero di reti di classe C (da subnettare allo stesso modo della 192.12.193) per questo uso. Fortunatamente OSPF non richiede la contiguità delle subnet di una rete subnettata, per cui le subnet di queste reti di classe C potranno essere usate senza precauzioni particolari su tutti i link punto-punto assegnati alla backbone area.

La definizione di un virtual link fra una coppia di area border router di un'area non backbone consente di far passare traffico in transito attraverso l'area non backbone. Si consideri, ad esempio, il percorso per andare dall'area di Sassari all'area (ipotetica) di Bologna. Supponiamo che dall'area border router pisano su cui è attestata la linea di Sassari parta un link Pisa-Bologna appartenente all'area backbone. Il traffico Sassari-Bologna viaggerà da Sassari a Pisa all'interno dell'area sassaritana, da Pisa a Bologna all'interno dell'area backbone e a Bologna entrerà nell'area bolognese. In mancanza di virtual links, questo sarebbe l'unico cammino Sassari-Bologna noto a OSPF, nonostante l'esistenza del percorso Sassari-Pisa-Firenze-Bologna attraverso la MAN toscana. Tale percorso, infatti, comporta l'attraversamento dell'area toscana (non backbone) da parte di traffico che nasce e muore in altre aree non backbone. In questi casi, la definizione di un virtual link fra l'area border router di Pisa e quello di Firenze consente di aggiungere all'area backbone un collegamento punto-punto virtuale; per OSPF, dunque, il percorso Pisa-Firenze-Bologna avverrebbe attraverso due collegamenti punto-punto appartenenti alla backbone area, anche se in realtà fra Pisa e Firenze si attraversano risorse fisiche appartenenti ad un'area non backbone.

Vi sono casi in cui i virtual links sono indispensabili per rendere la backbone area interamente connessa. Il caso più comune è quello in cui le linee interurbane afferenti ad una sede sono attestate su router diversi, separati da una ethernet. In tal caso, tutti i router su cui sono attestate le linee interurbane saranno area border routers, la ethernet apparirà verosimilmente all'area cittadina e il passaggio del traffico in transito da un area border router a un altro sarà possibile solo se questi saranno collegati da virtual links.

Comandi di configurazione per i cisco.

Appositi comandi di configurazione permettono a un router di conoscere l'area di appartenenza di ciascuna delle sue interfacce. Se a un router è stato detto che una sua interfaccia appartiene all'area X, anche su tutti gli altri router OSPF connessi alla stessa rete fisica si dovrà dire che l'interfaccia corrispondente appartiene all'area X. Se a due router connessi alla stessa rete fisica vengono date informazioni discordi circa l'area di appartenenza della rete IP che li congiunge, i due router non saranno in grado di stabilire una *adjacency* e non si scambieranno mai informazioni OSPF.

Sui cisco l'assegnazione delle interfacce alle varie aree viene fatta usando il sottocomando **network** del comando **router ospf**. Il formato del sottocomando **network** è:

```
network address mask area area-id
```

Con questo sottocomando si dice che tutte le interfacce aventi un ip address che rientra nel range specificato dalla coppia <address mask> appartengono all'area <area-id>. Ad esempio, con il comando:

```
network 150.217.0.0 0.0.255.255 area 131.114.0.0
```

si dice che tutte le interfacce con ip address del tipo 150.217.x.y appartengono all'area 131.114.0.0. I sottocomandi **network** vengono letti in sequenza. È bene che quelli che specificano un range più ristretto vengano per primi. Ad esempio, se l'ultimo sottocomando **network** è

```
network 0.0.0.0 255.255.255.255 area 0
```

vengono assegnate all'area 0 tutte le interfacce il cui indirizzo IP non cade in nessuno dei range specificati nei precedenti sottocomandi **network**. Se tale sottocomando è il primo della lista, tutte le interfacce vengono assegnate all'area 0 e tutti i sottocomandi **network** che seguono non hanno nessun effetto.

L'area 0 non è composta solo da reti IP fisiche, ma anche da *virtual links*. Un virtual link è un collegamento punto-punto virtuale fra due area border router affacciati sulla stessa area non-backbone. Sui cisco un virtual link viene definito inserendo su ciascuno dei due area-border routers il sottocomando

```
area area-id virtual-link router-id .....
```

dove <area-id> è l'identificatore dell'area comune ai due area border routers e <router-id> è l'identificatore dell'altro router.

In OSPF ogni router è contraddistinto da un identificatore di 32 bits, detto *router-id*. Sui cisco non esistono comandi di configurazione per assegnare il router-id. Ogni cisco sceglie come router-id l'indirizzo più alto fra quelli che sono stati assegnati alle sue interfacce. Il comando

```
show ip ospf
```

permette di conoscere il router-id di un cisco.

La configurazione di un cisco che non debba svolgere funzioni di area border router e/o di autonomous system boundary router è estremamente semplice. Il router OSPF viene definito con i seguenti comandi:

```
router ospf n
network 0.0.0.0 255 255 255 255 area area-id
area area-id authentication
```

Il comando **router** dà inizio alla serie di sottocomandi relativi al processo OSPF; <n> è un numero che permette di distinguere fra più processi OSPF presenti sullo stesso cisco e ha significato solo all'interno del cisco stesso.

Il sottocomando **network** attribuisce tutte le interfacce del router all'area <area-id>.

Il sottocomando **area** stabilisce che sulle interfacce appartenenti all'area <area-id> gli annunci OSPF devono usare una authentication-key. È possibile decidere di fare a meno della authentication-key su una particolare area OSPF; in tal caso il sottocomando "**area area-id authentication**" deve essere omissis. Tutti i router di un'area devono essere concordi riguardo alla necessità di usare l'authentication-key all'interno dell'area.

Se l'area cui il router appartiene è una stub area, occorre inserire anche il seguente sottocomando:

```
area area-id stub
```

Su tutte le interfacce appartenenti a un'area su cui è richiesta la authentication, occorre specificare la authentication-key della rete fisica per mezzo del sottocomando di interfaccia

```
ip ospf authentication-key password
```

Il costo OSPF di una interfaccia viene specificato con il sottocomando di interfaccia

ip ospf cost n

Omettendo il comando, il cisco assegna all'interfaccia il costo default. Secondo il manuale cisco, il costo default di una interfaccia è dato dalla formula:

$10^{*8}/\text{bandwidth}$

In realtà, alle interfacce seriali il cisco attribuisce sempre per default il costo 1562, che è quello corretto per le linee a 64K. Sulle linee con velocità diversa da 64K è dunque opportuno specificare il costo corretto con il sottocomando **ip ospf cost**.

Sulle interfacce collegate a reti multiaccesso, occorre inoltre usare il sottocomando di interfaccia

ip ospf priority number

per pilotare il processo di selezione del *designated router* per la rete fisica di quella interfaccia. Il *designated router* di una rete multiaccesso scambia messaggi OSPF con tutti gli altri router OSPF della rete; lo scambio di informazioni fra due router che non siano *designated router* avviene grazie all'intermediazione del *designated router*. La selezione del *designated router* di una rete multiaccesso avviene mediante lo scambio di messaggi di hello; viene scelto come *designated router* quello avente priority più alta. Un router con priority 0 non diventa mai *designated router*.

Sulle reti multiaccesso con possibilità di broadcasting il *designated router* invia i messaggi OSPF all'indirizzo multicast 224.0.0.5 (AllSPFRouters); i messaggi con tale indirizzo vengono letti da tutti i router OSPF presenti sulla rete multiaccesso. Gli altri router inviano i messaggi all'indirizzo multicast 224.0.0.6 (AllDRouters); i messaggi con tale indirizzo vengono letti dal *designated router* e dal *backup designated router*. In caso di caduta del *designated router*, il *backup designated router* è in grado di assumere immediatamente le funzioni di *designated router*.

Sulle reti multiaccesso senza possibilità di broadcasting (X.25, Frame Relay) i router OSPF non hanno la possibilità di scoprirsi reciprocamente per mezzo del protocollo di hello. Occorre pertanto usare il sottocomando **neighbor** del comando **router ospf**. Nel dominio tosco-sardo non sono mai state fatte sperimentazioni di OSPF su reti multiaccesso senza possibilità di broadcasting. Si noti che la descrizione del sottocomando **neighbor** contenuta nei manuali delle versioni 9.0 e 9.1 è sbagliata. La descrizione corretta si trova sui manuali della versione 9.2.

Sugli area border router il sottocomando

area area-id range address mask

permette di compattare più destinazioni interne a <area-id> in un unico summary links advertisement. Ad esempio, il sottocomando

area 131.114.0.0 range 150.217.0.0 255.255.0.0

(da inserire sugli area border router dell'area 131.114.0.0) fa in modo che l'area border router, anziché inviare sulle aree adiacenti summary links advertisements per le singole subnet della rete 150.217.0.0, invii un unico summary links advertisement per il range di indirizzi "150.217.0.0 255.255.0.0".

Gli address range definiti sugli area border router di una stessa area devono essere identici.

Su un area border router adiacente a una stub area, è possibile usare il sottocomando:

area area-id default-cost cost

per definire il costo da inserire nel summary links advertisement relativo alla destinazione default (rete 0.0.0.0 con maschera 0.0.0.0). Omettendo tale sottocomando, la default destination viene annunciata con costo 1.

Coesistenza di IGRP, RIP e OSPF.

Lo scambio di informazioni fra processi di routing sui cisco è governato dalle seguenti regole, che solo in parte sono riportate sui manuali cisco.

- Un processo link state deve sempre ritrasmettere ai suoi neighbors gli annunci provenienti dai neighbors; l'inserimento di filtri (**distribute-list**) nella definizione del router OSPF non altera la circolazione degli annunci.
- Nella definizione del router OSPF il sottocomando "**distribute-list n in**" permette di limitare l'inserimento nella routing table di informazioni presenti nel database OSPF, ma non causa la soppressione di entries del database né impedisce la trasmissione di queste ai neighbors.
- Nella definizione del router OSPF il sottocomando "**distribute-list n out**" ha effetto solo sugli autonomous system boundary router e permette di controllare la creazione di external links advertisements da parte del router.
- Un cisco che sia un OSPF area border router non produce summary links advertisements per quelle destinazioni la cui entry nella routing table è derivata da un protocollo diverso da OSPF.
- Un cisco è un autonomous system boundary router se e solo se nella definizione del router OSPF è presente un sottocomando **redistribute**.
- In mancanza di opportuni sottocomandi **redistribute**, un processo distance vector (RIP, IGRP) non annuncia una destinazione se la entry presente nella routing table relativa a tale destinazione è stata derivata da un altro protocollo. Ad esempio, se la entry nella routing table relativa alla destinazione X è stata derivata da OSPF, IGRP non annuncia la destinazione X nemmeno se il router ha ricevuto annunci IGRP relativi a X dai suoi neighbors.
- Se nella definizione del router X compare il sottocomando "**redistribute Y**", il processo X importa dal processo Y solo le destinazioni la cui entry nella routing table è stata derivata da Y. Non importa le destinazioni note a Y la cui entry nella routing table è derivata da un protocollo diverso da Y.
- Un cisco che sia un autonomous system boundary router può produrre un external links advertisement relativo alla default destination se nella definizione del router OSPF compare il sottocomando "**default-information originate**". Perché l'advertisement venga effettivamente prodotto bisogna che il cisco sia a sua volta a conoscenza di una route di default e che nella definizione del router OSPF sia presente un comando **redistribute** che permetta l'importazione di informazioni da un protocollo che conosca una route di default.
- Non è possibile esportare la route di default da OSPF (o RIP) in IGRP. Tutti i protocolli possono importare la route di default da IGRP. OSPF e RIP possono scambiarsi reciprocamente la route di default.

Per semplificare il linguaggio di questo capitolo, sono utili le seguenti definizioni:

- Dicesi *router misto* un router su cui sono presenti sia OSPF sia IGRP e/o RIP.
- Dicesi *rete subnettata mista* una rete avente alcune subnet interne al dominio OSPF e altre esterne. Si ricorda che una rete (o una subnet) è interna al dominio OSPF se è adiacente a un router OSPF e se l'indirizzo del router su tale rete (o subnet) cade in uno dei range specificati nelle definizioni OSPF (in termini cisco, se l'indirizzo dell'interfaccia cade in uno dei range specificati nei sottocomandi **network**).
- Dicesi *appendice RIP* un insieme contiguo di reti (o subnet) su cui siano presenti router RIP ma non OSPF.
- Dicesi *appendice subnettata IGRP (o RIP)* un insieme contiguo di subnet di una rete subnettata mista su cui siano presenti router IGRP (o RIP) ma non OSPF.

- Un router misto è *adiacente* a un'appendice subnettata non OSPF se scambia informazioni non OSPF con uno dei router non OSPF dell'appendice.

Le distance di default sui cisco sono 100 per IGRP, 110 per OSPF e 120 per RIP. Su tutti i cisco misti, però, è bene che la distance di OSPF sia inferiore a quella degli altri due. Su tutti i cisco del dominio toscano-sardo aventi OSPF e IGRP la distance OSPF è stata messa uguale a 90.

I motivi per assegnare a OSPF una distance inferiore a quella dei protocolli distance vector sono i seguenti:

- OSPF converge molto più rapidamente di IGRP e RIP; quando le informazioni OSPF non concordano con quelle IGRP o RIP, quelle OSPF sono sicuramente più aggiornate di quelle IGRP o RIP;
- i percorsi con cui raggiungere destinazioni su reti subnettate sono calcolati molto meglio da OSPF che da IGRP o RIP;
- un OSPF area border router non crea summary links advertisements per quelle destinazioni la cui entry nella routing table è stata derivata da un protocollo diverso da OSPF.

Scegliendo le distance qui consigliate, un router misto che riceva annunci relativi a una destinazione sia in OSPF sia in IGRP e/o RIP creerà la entry nella routing table in base alle informazioni OSPF, inibendo, in assenza di appositi sottocomandi **redistribute**, il riannuncio della destinazione in IGRP e/o RIP.

Se dunque si vuole che l'isola OSPF lasci transitare il traffico IGRP senza alterare le metriche delle destinazioni esterne all'isola, occorre importare da IGRP in OSPF il minor numero possibile di destinazioni. In particolare, è necessario impedire l'importazione in OSPF delle reti che in IGRP sono flaggate come *candidate default path*.

Le regole che vengono qui sotto elencate sono valide per la situazione attuale, in cui il GARR è composto da un unico dominio IGRP interamente connesso, al quale si sovrappongono isole OSPF. Quando la migrazione sarà sufficientemente matura da permettere la disattivazione di IGRP dalla dorsale GARR, sarà necessaria una revisione parziale delle regole.

Attualmente si raccomanda di usare le seguenti regole nelle configurazioni dei router misti.

- Individuare almeno un autonomous system boundary router che importi in OSPF la default destination. Se la default destination è importata da più di un router, occorre studiare accuratamente i costi da assegnare alla default destination.
- Su tutti i router aventi sia IGRP sia OSPF, inserire nella definizione del router OSPF un filtro in input che impedisca l'inserimento della routing table della default destination OSPF. Usare, ad esempio, i seguenti comandi:

```
router ospf n
  distribute-list x in
  .....
  access-list x deny 0.0.0.0 0.0.0.0
  access-list x permit 0.0.0.0 255.255.255.255.
```

- Su tutti i router misti adiacenti a una appendice RIP (subnettata o no) importare in OSPF le reti RIP appartenenti all'appendice. Nella definizione del router OSPF dei router misti adiacenti all'appendice, inserire inoltre un filtro in input che impedisca la costruzione di entries della routing table relative alle reti importate a partire dal database OSPF. Quest'ultima precauzione è superflua nel caso di appendici adiacenti a un solo router misto.
- Su tutti i router misti adiacenti a una appendice subnettata IGRP, importare in OSPF le subnet IGRP appartenenti all'appendice. Nella definizione del router

OSPF dei router misti adiacenti all'appendice, inserire inoltre un filtro in input che impedisca la costruzione di entries della routing table relative alle reti importate a partire dal database OSPF. Quest'ultima precauzione è superflua nel caso di appendici adiacenti a un solo router misto.

- Su tutti i router misti, che siano adiacenti ad almeno un router con IGRP (e/o RIP) ma senza OSPF, esportare in IGRP (e/o RIP) tutte le informazioni OSPF, ad eccezione di quelle specificate al punto successivo.
- Sulle interfacce di un router misto adiacenti ad una appendice RIP o IGRP da cui siano state importate alcune destinazioni, occorre impedire la riesportazione da OSPF in RIP o IGRP di quelle destinazioni. Fortunatamente, il pericolo della doppia redistribuzione esiste solo su quelle appendici adiacenti a più di un router misto.

Un cisco importa la default destination se è un autonomous system boundary router (ossia se contiene qualche sottocomando **redistribute** nella definizione del router OSPF) e se contiene il seguente sottocomando:

default-information originate metric n metric-type i

dove <i> può valere 1 o 2 e serve a indicare se il costo è di tipo 1 o 2.

Nel dominio toscano-sardo la default destination è attualmente importata da garr-gw.cnr.it con costo 10 e tipo 1.

Garr-gw.cnr.it è reso autonomous system boundary router grazie ai due sottocomandi:

distribute-list 1 out
redistribute igrp 137 metric 30 metric-type 1 subnets

dove la access-list 1 è definita come:

access-list 1 deny 0.0.0.0 255.255.255.255

Il sottocomando **redistribute** di garr-gw.cnr.it serve a fare in modo che questo si comporti da autonomous system boundary router (cosa necessaria perchè il sottocomando **default-information originate** venga preso in considerazione) e il sottocomando **distribute-list** serve ad impedire che garr-gw importi in OSPF le destinazioni del dominio igrp 137.

È difficile stabilire quale sia la metrica ottimale per riannunciare in IGRP le informazioni interne al dominio OSPF (ossia quali valori usare nel sottocomando **default-metric** nella definizione del router IGRP). In linea di massima, si può dire che conviene usare gli stessi valori su tutti i router misti. Nel caso però di router misti collegati male con il resto del dominio OSPF può essere più saggio usare una default-metric maggiore (ossia una bandwidth minore e/o un delay maggiore).

La sequenza di sottocomandi da inserire nella definizione del router OSPF per ottenere l'importazione di subnet appartenenti ad una appendice subnettata IGRP adiacente è la seguente:

distribute-list x out
redistribute igrp 137 metric n metric-type i subnets

dove la access-list <x> deve servire a limitare l'importazione esclusivamente alle subnet per le quali è stato selezionato quel particolare router.

L'importazione in OSPF di destinazioni appartenenti ad appendici RIP adiacenti viene fatta in maniera analoga con il sottocomando

redistribute rip metric n metric-type i subnets

Nel dominio toscano-sardo le importazioni vengono fatte con costo 30 e tipo 1, ma non esistono elementi per dire che questi valori siano meglio di altri.

Attualmente vengono importate solo subnets della 131.114.0.0; in particolare, pisanet-gw.cnuce.cnr.it importa da IGRP e da RIP, faeta.unipi.it da IGRP e wellfleet.iet.unipi.it da RIP.

Riguardo all'uso dei sottocomandi **network** nei router misti, possono essere utili le seguenti regole:

Inserire sotto il router OSPF:

- tutte le interfacce appartenenti a reti subnettate miste, anche se OSPF non deve essere usato su tali interfacce;
- tutte le interfacce su cui OSPF è utilizzato da solo o in combinazione con RIP e/o IGRP.

Inserire sotto il router IGRP tutte le reti adiacenti;

Inserire sotto il router RIP le stesse reti che vi sarebbero state inserite in assenza di OSPF.

Strategia di migrazione.

I criteri fin qui descritti permettono di attivare isole OSPF in qualunque parte del dominio IGRP 137, senza che il routing IGRP subisca conseguenze negative.

L'espansione e la fusione di isole OSPF possono essere fatte senza particolari difficoltà attenendosi alle regole menzionate sopra. Naturalmente, in caso di fusione, occorrerà accordarsi su chi importa la default destination.

È dunque possibile arrivare in maniera indolore ad avere OSPF su tutti i router della dorsale GARR. A questo punto sarà possibile disattivare il trasporto di IGRP sulle tratte interne del dominio OSPF.

Dopo la disattivazione di IGRP dalla dorsale GARR, continueranno quasi sicuramente ad esistere, internamente al GARR, appendici su cui OSPF non sarà usato. Su tali appendici potrà essere conservato IGRP oppure si potrà sostituire IGRP con il RIP. Sulle appendici RIP è possibile annunciare la default destination (rete 0.0.0.0) facendo un semplice **redistribute** di OSPF. Sulle appendici IGRP il **redistribute** di OSPF non causa la distribuzione delle informazioni di default: l'unica maniera per provocarla è quella di inserire sui router misti adiacenti ad un'appendice IGRP uno o più comandi **ip default-network**. Si direbbe dunque che sia più facile gestire una situazione in cui tutte le appendici non OSPF siano RIP rispetto a una in cui alcune di queste siano IGRP.

Stranezze dei cisco.

L'implementazione OSPF dei cisco contiene alcune stranezze documentate poco o nulla, che invece è importante conoscere, perché obbligano chi fa le configurazioni a prendere un certo numero di precauzioni.

Router-id. Non esiste nessun comando di configurazione per assegnare il router-id. Il cisco decide il router-id al momento dell'attivazione del processo OSPF, scegliendo l'indirizzo IP numericamente più alto fra quelli delle sue interfacce IP che non siano in shutdown. Occorre essere cauti quando si sposta una linea da un router a un altro, perché può succedere che la linea da spostare sia proprio quella che aveva l'indirizzo IP usato come router-id dal vecchio router e che venga ad essere l'interfaccia di indirizzo più alto anche sul nuovo router. In questo caso il nuovo router assumerà l'indirizzo della linea spostata come proprio router-id non appena ne verrà fatto il reload. Se, nel frattempo, il vecchio router non ha cambiato router-id, si crea una situazione in cui due router dello stesso dominio hanno lo stesso router-id; ciò manda in crisi l'intero dominio. Per non avere sorprese è dunque importante mettere l'interfaccia del vecchio router in shutdown e riattivarvi OSPF subito dopo aver spostato la linea. Il modo più indolore per riattivare OSPF su un router (se si vuole evitare il reload) è quello di dare la seguente successione di comandi:

```
write memory
config term
no router ospf n
^z
config memory
```

Cambiamenti di configurazione. Nei distance vector protocol ogni cambiamento di configurazione ha effetto quasi immediato, in quanto gli annunci vengono fatti a intervalli di tempo regolari e il primo annuncio successivo al cambiamento riflette le modifiche effettuate. Nei link state protocol gli annunci avvengono, in linea di massima, solo quando c'è qualche novità da segnalare. L'implementazione cisco produce immediatamente gli advertisements in occasione di cambiamenti nella connettività, ma ignora i cambiamenti dovuti ad alcune modifiche nella configurazione. In particolare, se viene modificato il contenuto della access-list che controlla la produzione di external links advertisements da parte di OSPF, il router OSPF non se ne accorge e non modifica il set di external links advertisements da lui prodotti. Perché le modifiche apportate alla access-list abbiano effetto, bisogna disattivare e riattivare il router OSPF. Il modo più indolore per riattivare OSPF su un router (se si vuole evitare il reload) è quello di dare la seguente successione di comandi:

```
write memory
config term
no router ospf n
^z
config memory
```

Distribute-list. Nell'implementazione di OSPF c'è un errore per cui, se nella definizione del router OSPF è presente un sottocomando **redistribute**, l'inserimento o l'eliminazione di un sottocomando **distribute-list** spesso mandano il router in crash. Per non avere spiacevoli sorprese, prima di aggiungere o inserire un sottocomando **distribute-list** sotto OSPF bisogna aver eliminato tutti i sottocomandi **redistribute**; questi possono poi essere reinseriti dopo aver sistemato i sottocomandi **distribute-list**. Non crea invece problemi il sottocomando

no access-list n

applicato ad una access-list referenziata da un **distribute-list** sotto OSPF.