

# ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Centro Nazionale Analisi Fotogrammi

---

INFN/TC-95/04  
3 Gennaio 1995

F. Delpino, A. Ghiselli, R. Gomezel:

**OSI-NSAP: UN INDIRIZZAMENTO GERARCHICO PER IL GARR**  
**Formato, domini di routing ed organizzazione**

**OSI-NSAP: UN INDIRIZZAMENTO GERARCHICO PER IL GARR**  
**Formato, domini di routing ed organizzazione**

F. Delpino  
Osservatorio Astronomico di Bologna, Via Zamboni 33, I-40126 Bologna

A. Ghiselli  
INFN-CNAF, Viale Ercolani 8, I-40138 Bologna

R. Gomezel  
INFN - Sezione di Trieste, Via Padriciano 99, I-34012 Trieste Italy

**Riassunto**

Nel seguito vengono fornite alcune linee guida per l'assegnazione degli indirizzi NSAP (Network Service Access Point). Viene anche analizzata l'adozione dell'NSAP in relazione ai protocolli di routing OSI sulla rete della ricerca italiana. Viene quindi esaminata la struttura della rete del GARR e proposta l'attivazione di una gerarchia di domini di routing, che costituisce il fatto nuovo e saliente dell'architettura OSI. Infine vengono delineate alcune procedure che consentano di razionalizzare le operazioni di assegnazione e di gestione degli indirizzi NSAP. Il presente documento fa riferimento al documento *Schema dell'indirizzo ISO DCC NSAP per l'Italia*.

## Indice

1	Definizioni .....	4
2	Introduzione .....	5
3	Che cos'è l'NSAP .....	6
4	Raccomandazioni sull'utilizzo dell' NSAP per il routing OSI.....	7
4.1	Il routing OSI .....	7
4.2	Il protocollo IS-IS .....	7
4.3	Il protocollo IDRP .....	9
4.4	Requisiti dell'IS-IS e dell'IDRP in riferimento all'NSAP .....	10
5	NSAP e ROUTING .....	11
5.1	Prefissi di routing.....	11
5.2	Raccomandazioni.....	12
6	Organizzazione della rete .....	13
6.1	Domini foglia e domini di transito .....	13
6.2	Le aree .....	14
6.3	Le reti metropolitane e regionali .....	14
6.4	Il backbone del GARR .....	15
6.5	Le reti proprietarie .....	16
7	Amministrazione dell'NSAP .....	17
7.1	Prefisso amministrativo .....	17
7.2	Criteri per definire il formato del DSP del GARR .....	17
7.3	Criteri di gestione .....	18
8	Organizzazione operativa .....	19
9	Appendice A .....	20
10	Bibliografia .....	23
	Ringraziamenti.....	23

## Figure

Figura 2-1	Elementi della topologia della rete GARR .....	5
Figura 3-1	Schema del livello 'NETWORK' del modello OSI e NSAP .....	6
Figura 4-1	Struttura gerarchica dell'NSAP OSI .....	8
Figura 7-1	Prefisso amministrativo .....	17
Figura 9-1	Esempio di rete GARR metropolitana .....	20

## ***1 Definizioni***

Nel documento si fa uso delle seguenti definizioni tratte dagli standard ISO 7498 ed ISO 8348/Add.2:

- Network Service Access Point (NSAP);
- Sintassi astratta (abstract syntax);
- Domain Specific Part (AFI);
- Initial Domain Part (IDI);
- ISO Data Country Code (ISO DCC).

Nel documento viene pure fatta menzione dei seguenti organismi:

- ISO International Organization for Standardization,
- OSI Open Systems Interconnection.

## 2 Introduzione

L'enorme importanza, che assume il routing negli anni 90, è determinata dall'assoluta rilevanza rivestita al giorno d'oggi dalla rete: infatti in un mondo in cui la miniaturizzazione dei sistemi ha portato un computer sul tavolo di ogni persona, la capacità di comunicare riveste per tutti un carattere di fondamentale importanza. Le applicazioni e i dati, ai quali ogni utente ha necessità di accedere, sono molteplici e dislocati su sistemi ampiamente distribuiti. L'estensione e la complessità del routing possono essere semplificate con l'introduzione di un indirizzamento gerarchico la cui definizione soddisfi contemporaneamente criteri di decentralizzazione amministrativa e di efficienza nella gestione dei collegamenti.

All'interno della rete della ricerca italiana è importante porsi e risolvere il problema dell'assegnazione e dell'amministrazione degli indirizzi gerarchici OSI NSAP, per il servizio CLNS[1], e ciò essenzialmente conseguente alla progressiva migrazione di tutte aree DECnet italiane ed europee, e alla necessità di comunicare con le varie reti OSI-CLNS esistenti nel mondo. La recente decisione di INTERNET di adottare un indirizzamento di 16 bytes per il futuro IP (IP next generation, IPng) fa di questo documento un'importante base di discussione anche per la definizione del futuro indirizzo di IP.

Attualmente la rete scientifica del GARR può essere considerata come composta dai seguenti elementi (fig.2-1):

- dal backbone,
- dalle reti metropolitane e regionali,
- dalle aree (insieme di LAN interconnesse),
- dalle reti proprietarie delle singole organizzazioni.

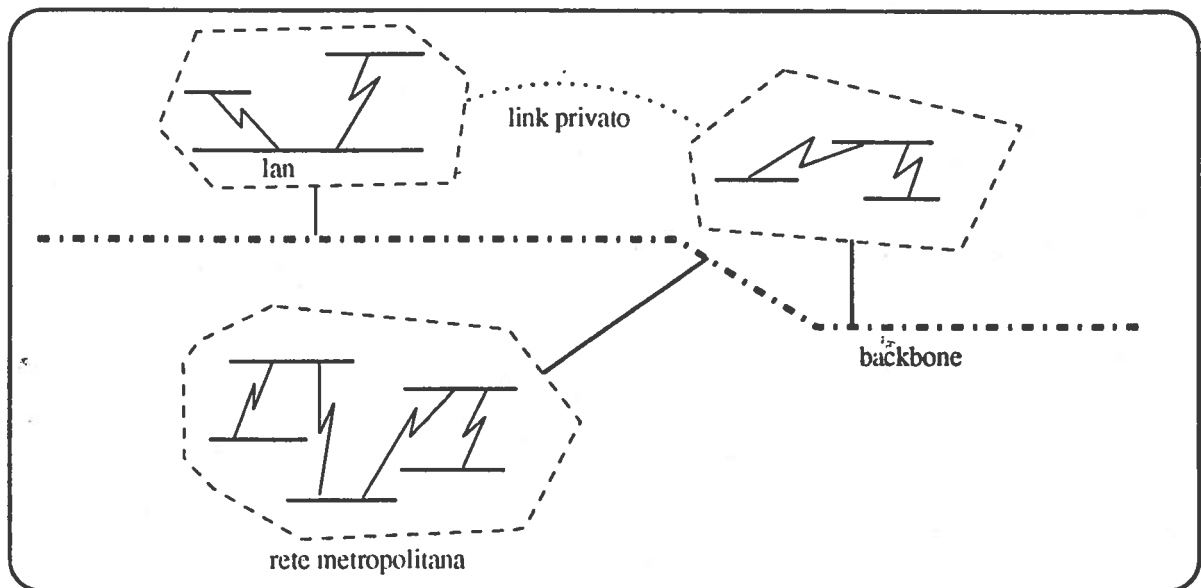


Figura 2-1 Elementi della topologia della rete GARR

Dal punto di vista topologico e dell'indirizzamento OSI, gli elementi suddetti possono essere considerati domini di routing. Considerando la struttura degli indirizzi NSAP proposta per il GARR [2], risulta di vitale importanza definire la strategia più opportuna per l'amministrazione di tali indirizzi, in modo tale che essa consenta di coniugare la massima efficienza dell'infrastruttura di rete con il minor costo di gestione, partendo dalla situazione attuale della rete della ricerca in Italia e pensando a quale possa esserne l'evoluzione, anche strutturale, nel breve e medio termine. Nel far ciò occorre anche tener conto della disponibilità del protocollo IDRIP [3] per il routing OSI, che consente di attuare una gerarchia di domini di routing assai più estesa di quella oggi esistente e permette, quindi, di mappare a livello logico situazioni anche complesse.

### 3 Che cos'è l'NSAP

Nel modello di rete OSI, ciascun livello, corrispondente a un ben preciso servizio di rete, è identificato da un 'Service Access Point' (SAP). Il concetto di SAP è definito nello Standard ISO 7498 [4]. Partendo dalla parte alta del modello OSI abbiamo al livello 6 il Presentation-SAP (PSAP), al livello 5 il Session-SAP (SSAP), al livello 4 il Transport-SAP (TSAP) e al livello 3 troviamo il Network Service Access Point (NSAP) in oggetto. Esso viene utilizzato per determinare il nodo-destinatario di un pacchetto e la sua struttura di base è definita nello Standard ISO 8348/Ad.2.

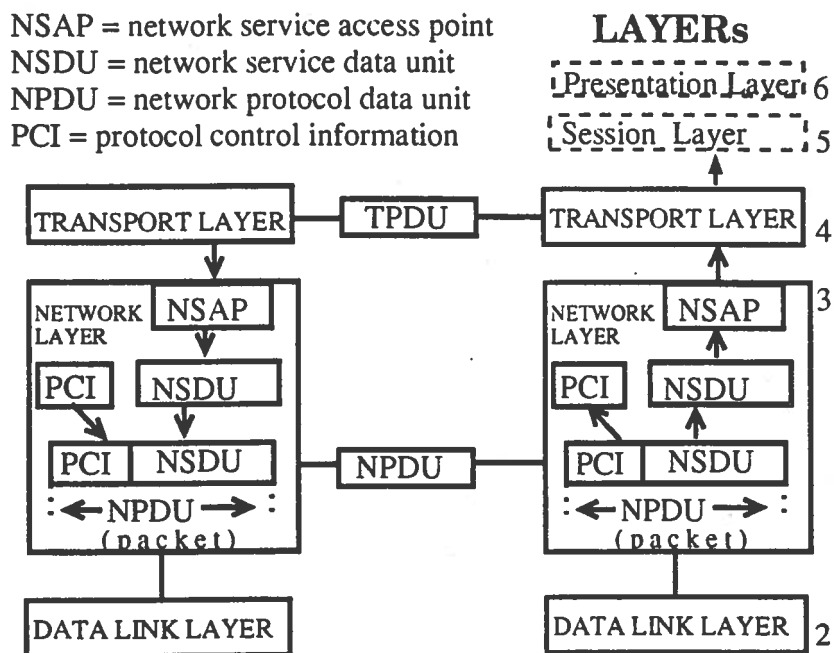


Figura 3-1 NSAP nello schema del livello 'NETWORK' del modello OSI

## 4 Raccomandazioni sull'utilizzo dell' NSAP per il routing OSI-CLNS

Le linee guida contenute nel presente capitolo riguardano gli aspetti tecnici legati all'assegnazione di indirizzi NSAP, che hanno un importante impatto sia all'interno di un routing domain (intra-domain routing), sia a livello di scambio di informazioni tra routing domain distinti (inter-domain routing).

### 4.1 Il routing OSI-CLNS

Il routing OSI può essere suddiviso in tre parti:

- ES-IS: il routing che avviene tra End System (ES) e Intermediate System (IS), entrato nello standard ISO nel 1987 (ISO9542) [5];
- IS-IS: lo scambio di informazioni di routing che avviene tra router appartenenti al medesimo routing domain, già entrato nello stato di *international standard* ISO nel 1992 (ISO10589) [6];
- IDRP: lo scambio di informazioni di routing tra routing domain diversi (Inter-domain IS-IS). Di tale protocollo esiste già lo standard ISO [3].

Mentre CLNP, ES-IS e IS-IS sono ampiamente diffusi in molti prodotti di gran parte delle ditte produttrici di software e di apparecchiature di rete, l'IDRP è implementato su pochissimi router; di recente esso è stato incluso nei piani di sviluppo delle nuove release software delle principali case costruttrici. Analizziamo ora in maggior dettaglio le diverse implicazioni sull'assegnazione dell'NSAP dei diversi protocolli.

### 4.2 Il protocollo IS-IS

Il protocollo IS-IS realizza le funzionalità di routing gerarchico all'interno di ambienti OSI-CLNS ed è stato progettato per interoperare con CLNP, ES-IS e IDRP. Per l'IS-IS, la rete viene suddivisa in routing domain, ciascuno dei quali è un raggruppamento di End Systems e Intermediate Systems che comunicano utilizzando protocolli di routing comuni e che sono sotto il controllo di un' unica amministrazione. I confini di un routing domain sono definiti dai gestori di rete mediante il settaggio di alcuni links come esterni o inter-domain. Questo implica che nessuna informazione di routing legata al protocollo IS-IS transiterà attraverso tali links. L'IS-IS utilizza un routing gerarchico a due livelli: un routing domain viene suddiviso in *aree* (note anche come *sottodomini di livello 1* ). I router di livello-1 conoscono la topologia della loro area, inclusi tutti i router e gli host, mentre non sanno nulla riguardo a router o a destinazioni che stanno al di fuori della loro area; quando necessitano di informazioni che si trovano al di fuori della loro area, inoltrano il traffico ad un router di livello-2 che appartiene alla loro medesima area.

Analogamente, i router di livello-2 dispongono delle informazioni relative alla topologia di livello 2 e a tutte le destinazioni raggiungibili via gli altri router di livello-2. L'insieme di tutti i routers di livello-2 può essere pensato come un backbone per l'interconnessione delle diverse aree.



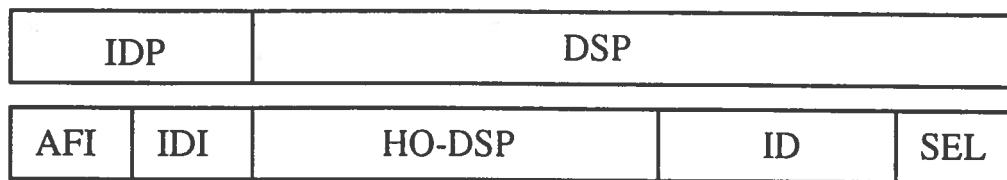
Il router di livello-2 non ha necessità di conoscere la topologia all'interno dell'area a cui si riferisce, a meno che non svolga contemporaneamente anche la funzionalità di router di livello-1. Infine, va sottolineato che soltanto i router di livello-2 sono in grado di scambiare pacchetti di dati e informazioni di routing con altri router siti al di fuori del routing domain di appartenenza.

Gli indirizzi NSAP presentano un formato flessibile e variabile nella lunghezza, il quale ben si adatta ad un assegnamento gerarchico e multilivello.

Come è illustrato in figura 4.1, l' ISO NSAP è suddiviso in due parti, l'Initial Domain Part, (IDP), e la Domain Specific Part (DSP). L'IDP è la parte definita dall'ISO in modo standard e specifica il formato e l'autorità responsabile per assegnare la parte rimanente dell'indirizzo. L'ISO 8348/Ad.2 non definisce la struttura del DSP.

Il protocollo di routing IS-IS suddivide il DSP in una parte alta (HO-DSP), un *system identifier* (ID), e un *NSAP selector* (SEL).

La Figura 4.1 rappresenta questa struttura.



- IDP      Initial Domain Part
- AFI      Authority and Format Identifier
- IDI      Initial Domain Identifier
- DSP      Domain Specific Part
- HO-DSP   High-order DSP
- ID       System Identifier
- SEL      NSAP Selector

**Figura 4-1** Struttura gerarchica dell'NSAP OSI

Il campo HO-DSP può essere strutturato secondo il formato desiderato da parte dell'autorità che è identificata dal valore di IDP. Nel caso del formato ISO DCC, Data Country Code, va identificata un'autorità nazionale. La combinazione dei due campi IDP e HO-DSP identifica un'area all'interno di un dominio di routing e, implicitamente, identifica anche il dominio contenente l'area. Quindi la combinazione IDP, HO-DSP viene indicata come l'indirizzo di

area. Il campo ID può avere una lunghezza variabile da uno a otto ottetti (bytes), ma è necessario che all'interno di un dominio la lunghezza sia la stessa. Il campo SEL ha una lunghezza fissa di un ottetto.

L'indirizzo di area serve ad identificare sia il routing domain che l'area all'interno dello stesso routing domain. Di solito, tutti i nodi di un area hanno lo stesso indirizzo; comunque, talvolta un area può disporre di più indirizzi (*multihoming*) per rendere più semplici le operazioni nei seguenti casi:

- qualora si voglia cambiare l'indirizzo di un'intera area;
- qualora si debbano fondere due aree distinte in una sola;
- qualora si voglia partizionare un area in due aree distinte.

Poiché l'indirizzamento consente l'identificazione immediata dell'area di appartenenza, è molto facile per i router di livello-1 distinguere tra pacchetti che vanno inoltrati all'interno dell'area da quelli che invece devono essere inviati ad un router di livello-2. A questo proposito va sottolineato che:

- il router di livello-1 inoltra le informazioni basandosi sulla parte ID dell'indirizzo;
- il router di livello-2, per l'inoltro, si basa sul prefisso dell'indirizzo, preferendo i prefissi che presentano maggiore corrispondenza con i prefissi delle route di destinazione e privilegiando le route classificate di tipo *internal* (cioè note attraverso ISIS) rispetto a quelle di tipo *external* (cioè note attraverso un altro protocollo).

La porzione dell'indirizzo che determina l'area di un router di livello-1 viene configurata manualmente; un router di questo livello non accetterà mai come neighbor un router i cui indirizzi di area non corrispondono ad alcuno dei suoi. Un router di livello-2, invece, accetterà come neighbor un altro router di livello 2 indipendentemente dall'indirizzo di area; comunque, qualora due router collegati tra loro non abbiano nessun indirizzo di area in comune, il link verrà considerato esclusivamente di livello 2, pertanto soltanto pacchetti di routing di livello-2 potranno passare attraverso questo link. L'IS-IS richiede che l'insieme di router di livello-2 sia connesso, affinché non ci sia un partizionamento del routing a livello 2. Inoltre, a livello di host, esiste la possibilità che esso si autoconfiguri la porzione dell'indirizzo che identifica l'area estraendola dall'indirizzo del router adiacente cui fa riferimento.

Sulle LAN, qualora ci siano più router, viene evitata la ridondanza delle medesime informazioni sullo stato dei link con i diversi host presenti fornite dai router mediante l'uso dello pseudonodo il quale rappresenta l'intera LAN; ciascun router informa sullo stato del proprio link con lo *pseudonodo*; questo viene realizzato mediante l'elezione di un *designated router* che invia un Link State Packet a beneficio dello pseudonodo.

### 4.3 Il protocollo IDRP

L'Inter-Domain Routing Protocol è stato sviluppato per interoperare con il CLNP, l'ES-IS e l'IS-IS. Per l>IDRP la rete viene suddivisa in routing domain e questo protocollo non pone alcuna restrizione sulla topologia di tali domini.

Un router che opera a livello IDRP viene chiamato Boundary

Intermediate System (BIS); i domini che partecipano a livello IDRP non possono contenere sovrapposizioni, ciò significa che un router BIS non può mai appartenere a più di un dominio.

Una coppia di BIS è identificata di tipo *external* qualora ciascuno dei due appartenga a domini distinti ma condivide con l'altro la medesima sottorete. Due domini si dicono adiacenti se ognuno di essi dispone di un BIS che può essere classificato di tipo *external* in relazione all'altro.

Una coppia di BIS viene classificata di tipo *internal* qualora entrambi appartengano al medesimo dominio; contrariamente ai BIS di tipo *external*, gli *internal* non devono necessariamente condividere la stessa sottorete. L'IDRP prevede che un BIS possa scambiare Network Protocol Data Units (NPDUs) con qualsiasi altro BIS utilizzando il routing all'interno del dominio.

Al fine di facilitare l'aggregazione delle informazioni di routing, l'IDRP permette il raggruppamento di un insieme di domini connessi in una Confederazione di Routing Domain (RDC). Un determinato dominio può appartenere a più di un RDC, non vi sono restrizioni al numero di RDC cui un dominio può appartenere nè precondizioni su come devono essere costituiti gli RDC (possono essere nidificati, disgiunti o sovrapposti).

A ciascun dominio in IDRP viene assegnato un unico Routing Domain Identifier (RDI), a ciascun RDC viene assegnato un unico Routing Domain Confederation Identifier (RDCI). Gli RDCI sono assegnati al di fuori dello spazio di indirizzi allocato per gli RDI (RDI e RDCI sono sintatticamente indistinguibili).

L'IDRP richiede che un BIS sia preconfigurato con l'RDI del dominio cui appartiene; se un BIS appartiene a un dominio che è membro di uno o più RDC, allora il BIS deve essere preconfigurato con gli RDCI di tutti gli RDC ai quali il dominio appartiene e con le informazioni sulle relazioni tra gli RDC (nidificati o sovrapposti).

L'IDRP non richiede nessuna particolare struttura interna per gli indirizzi; esso fornisce un routing corretto qualora vengano seguite le seguenti raccomandazioni:

- End Systems e Intermediate Systems possono usare qualsiasi indirizzo NSAP o NET (NSAP privato del campo selector) loro assegnato secondo le direttive ISO 8348;
- un prefisso di NSAP per una determinata route originata da un BIS appartenente ad uno specifico routing domain deve essere associato soltanto a quel routing domain;
- prefissi di NSAP distinti possono essere associati ad un singolo routing domain che contiene un certo numero di sistemi che utilizzano indirizzi NSAP assegnati da addressing authority diverse.

È importante sottolineare che l'IDRP assume che le tre condizioni succitate siano soddisfatte, comunque l'IDRP non è in grado di verificarle e quindi è il responsabile del routing domain che deve farsi carico di verificare le direttive indicate. La possibilità di aggregare i domini in confederazioni di domini rappresenta un potente meccanismo di semplificazione e riduzione delle informazioni topologiche inerenti ai domini, poichè consente di sostituire una sequenza di RDI con un singolo RDCI.

#### **4.4 Requisiti dell'IS-IS e dell'IDRP in riferimento all'NSAP**

In questa sezione riassumiamo i requisiti necessari per l'IS-IS in relazione al formato dell'NSAP:

- l'IDP va definito come specificato nell'ISO 8348/Addendum 2;
- la porzione più alta del campo DSP (HO-DSP) non è soggetta ad alcuna condizione da parte dell'IS-IS;
- l'indirizzo di area (IDP + HO-DSP) deve essere globalmente unico;
- il routing di livello-2 opera sui prefissi dell'indirizzo, utilizzando il prefisso di indirizzo che più corrisponde a quello dell'indirizzo di destinazione;
- il routing di livello-1 opera in base al campo ID; tale campo deve essere unico all'interno dell'area per gli ES e gli IS ed unico all'interno del routing domain per gli Intermediate Systems di livello-2;
- il campo SEL determina l'entità che deve ricevere il pacchetto CLNP all'interno del sistema identificato dalla restante parte dell'indirizzo (*transport entity*) ed è sempre l'ultimo ottetto dell'NSAP;
- un sistema dovrebbe essere in grado di generare ed inoltrare dati contenenti indirizzi che si conformano a uno dei formati specificati da ISO 8348.

Al fine di rendere efficiente l'azione del protocollo di routing IS-IS sarebbe buona norma ricordare le seguenti considerazioni. Sebbene l'IS-IS operi soltanto a livello di singolo routing domain, esso deve provvedere in maniera efficiente ai seguenti compiti:

- inoltrare pacchetti la cui destinazione finale si trova all'interno dello stesso dominio di routing;
- inoltrare ai BIS pacchetti la cui destinazione cade al di fuori del dominio di appartenenza.

L'efficienza del routing di livello 2 in relazione a destinazioni che cadono all'interno del dominio è legata soltanto al numero di aree che appartengono al dominio e al numero di indirizzi di area assegnati a ciascuna area. Per le destinazioni fuori dal dominio di routing, il routing di livello 2 utilizza i prefissi dell'indirizzo; in questo caso risulta vantaggioso, in termini di riduzione delle informazioni di routing, se può essere minimizzato il numero di prefissi richiesti per descrivere un particolare insieme di destinazioni fuori del dominio. Similmente, un routing efficiente con IDRP richiede una minimizzazione del numero di prefissi. In altre parole ciò significa che gli indirizzi andrebbero assegnati in base alla topologia di rete. Vedremo in seguito come sia difficile

## **5 NSAP e ROUTING**

### **5.1 Prefissi di routing**

Il grado di espansione di una rete mondiale dipende non solo dalla lunghezza in byte dell'indirizzo, ma anche dalla quantità di informazione di raggiungibilità che deve essere contenuta nelle tabelle di routing, in quanto essa condiziona la dimensione delle memorie e la potenza di CPU dei router. L'interesse per un indirizzo tipo NSAP è quindi legato oltrechè alla sua dimensione, 20 bytes, anche al suo formato di tipo gerarchico. Lo scopo principale di una struttura gerarchica di un indirizzo di rete, quale l'NSAP, è quello di costruire delle strutture

topologiche a loro volta gerarchiche, in modo da essere indirizzate da un singolo prefisso, invece che dall'intero set di aree di cui è composta quella struttura. Cioè l'informazione di raggiungibilità di strutture, con un routing organizzato in modo gerarchico, è costituita da prefissi, che rappresentano delle aggregazioni di indirizzi, invece che dal set di indirizzi completi di tutte le aree. Il prefisso può rappresentare un insieme più o meno grande di aree, in funzione del livello di gerarchia di routing di una struttura di rete. La definizione dei prefissi avviene sui bordi dei domini di routing organizzati dal punto di vista topologico in modo gerarchico. Cioè un dominio di routing che si trova ad un livello basso della gerarchia topologica annuncia un'informazione di routing ridotta ai livelli superiori.

Attuare questa riduzione dell'informazione di raggiungibilità è fondamentale per permettere l'espansione dell'Internet mondiale. Nel definire una politica amministrativa per l'assegnazione dell'NSAP è quindi importante tener conto delle conseguenze tecniche. Essa deve essere il risultato del miglior compromesso fra le esigenze di decentralizzazione amministrativa e di ottimizzazione del routing.

## 5.2 Raccomandazioni

La rapida crescita delle reti avvenuta in questi ultimi anni è destinata a continuare e ad accelerare nel prossimo futuro. Per questa ragione appare necessario assegnare gli indirizzi NSAP con una certa cura. È interesse comune di tutti coloro che gestiscono delle reti mantenere bassi i costi delle operazioni di gestione; in termini di allocazione dell'NSAP questo significa incoraggiare l'astrazione delle informazioni di routing. Al fine di realizzare questo obiettivo, è necessario che gli indirizzi NSAP siano assegnati in modo tale da essere consistenti alla reale topologia della rete. Per esempio, laddove i confini organizzazionali e amministrativi non coincidano con la topologia della rete, si raccomanda di non basare l'allocazione degli indirizzi su tali confini. Il protocollo di routing IS-IS consente l'astrazione delle informazioni a due livelli: i sistemi vengono raggruppati in aree e le aree sono interconnesse per formare un routing domain; il protocollo IDRP consente un'astrazione multilivello raggruppando i routing domains in confederazioni di routing domains e permettendo l'aggregazione delle routes. Per gli *zero-homed routing domain*, o domini di tipo foglia (organizzazione che non partecipa al routing globale, ma si connette a quelle organizzazioni con le quali stabilisce dei collegamenti di tipo privato) e i *single-homed routing domain*, o dominio di transito (un routing domain che partecipa al routing globale ed è connesso ad un unico backbone o service provider), si raccomanda che gli indirizzi NSAP assegnati all'interno del singolo routing domain abbiano un unico prefisso di indirizzo in relazione a quel dominio; questo consente che tutti gli indirizzi raggiungibili all'interno di quel dominio siano interamente descritti all'esterno da un unico prefisso. Si può prevedere che il numero totale di routing domain che esisteranno a livello mondiale sarà grande abbastanza da richiedere ulteriori livelli di astrazione gerarchica oltre al livello di routing domain; pertanto è raccomandato l'utilizzo delle confederazioni di routing domain e le funzionalità di aggregazione delle route previste dall'IDRP.

## 6 Organizzazione della rete

### 6.1 Domini foglia e domini di transito

L'assegnazione e l'amministrazione degli indirizzi fanno, come si è visto, diretto riferimento ai domini, che si presentano ed operano come entità autonome della rete all'interno di una struttura gerarchica. Ad essi pertanto competono la definizione della politica di routing e di quanto ne consegue all'interno del dominio, i compiti di raccordo per la miglior interazione possibile con i domini di pari rango e l'osservazione delle norme stabilite dai domini di rango superiore. In via del tutto generale ogni dominio di routing contiene un insieme di router per l'intra-domain routing ed uno o più router per l'inter-domain routing (routing da e verso l'esterno del dominio). I domini di livello più basso sono costituiti dalle aree, sopra di esse si pongono i domini OSI propriamente detti, che sono individuati da un apposito campo dell'indirizzo NSAP e sopra ancora si possono definire delle confederazioni di domini. I vantaggi che si conseguono con questa architettura non sono solo a livello logico, ma hanno diretto riflesso sul routing, poichè ogni dominio può essere individuato e quindi annunciato all'interno dei domini di rango superiore dal proprio prefisso. Questo è in grado di identificare tutti i nodi operanti all'interno del dominio, con un notevole risparmio sulle tabelle di routing che devono essere possedute dai router esterni al dominio suddetto. Solamente i router di frontiera del dominio sono in possesso della topologia interna. Il processo di sintesi degli indirizzi assume tanto maggior rilievo, quanto più è elevato il rango del dominio di riferimento: il che equivale a dire che, se può apparire un piccolo vantaggio operare tale processo di sintesi per un dominio di livello metropolitano, esso sarà ben facilmente comprensibile nel caso in cui si faccia riferimento all'intero dominio del GARR o a quello italiano. Nel seguito vedremo quanto il processo di creazione di domini di routing sarà praticabile sulla realtà attuale della rete della ricerca italiana.

Nei confronti dei servizi di rete i domini si possono inoltre distinguere in domini foglia (*zero-homed routing domain*) e domini di transito (*single-homed routing domain*): i primi sostengono traffico inter-dominio solo per le comunicazioni dirette a nodi o provenienti da nodi all'esterno del dominio, i secondi svolgono anche un servizio di instradamento per i pacchetti di dati provenienti da un dominio esterno e diretti ad un altro dominio. I criteri a cui si ispira la gestione dei domini foglia e di transito sono necessariamente differenti.

Esaminiamo ora la struttura della rete del GARR, così come suddivisa nella sezione 1, ove i singoli elementi rappresentano in questo contesto domini di routing:

- aree (insieme di LAN interconnesse),
- reti metropolitane e regionali,
- backbone,
- reti proprietarie delle singole organizzazioni.

## 6.2 Le aree

L'area costituisce il dominio di routing di livello più basso: essa è generalmente formata da numerose LAN connesse tra loro in una LAN estesa ovvero in una WAN mediante router di livello-1. All'interno di un'area la maggior parte del traffico di rete è del tipo intra-dominio. Solamente il traffico in uscita e in ingresso attraversa i router di frontiera del dominio. I siti appartenenti ad un'area possono costituire a tutti gli effetti un'area OSI: hanno cioè lo stesso NSAP sino al campo ID, che identifica il sistema.

L'esempio più semplice di area potrebbe essere costituito dall'insieme delle LAN dei vari Istituti, che fanno parte dell'area di ricerca del CNR a Bologna. A tale area di ricerca potrebbe essere assegnato un identificatore come sottodominio del CNR nazionale ed essa potrebbe provvedere in proprio all'assegnazione degli indirizzi al suo interno. L'area del CNR, in virtù della topologia, verrebbe a costituire un dominio foglia, poichè essa ha un'unico punto di connessione alla rete del GARR, realizzato presso l'Università di Bologna. Un altro esempio di area potrebbe essere costituito dall'insieme delle LAN che appartengono all'Università di Bologna. In questo caso l'area assumerebbe una topologia più complessa, in virtù della dislocazione dei vari siti sul territorio: sarebbe costituita da una WAN, comprendente qualche decina di router di livello-1. Tale dominio di routing sarebbe di transito, poichè esso dovrebbe provvedere, come si è visto, all'instradamento verso il backbone del dominio costituito dall'area di ricerca del CNR di Bologna.

La struttura del routing OSI invita sì a realizzare una gerarchia di domini, tuttavia tale processo non deve portare alla realizzazione di aree troppo piccole, pena la perdita di tutti i consistenti vantaggi forniti dal routing di livello 1, che con una parcellizzazione troppo spinta verrebbero ridotti al minimo. Per quanto detto le dimensioni tipiche di un'area OSI dovrebbero essere quelle di una città, tuttavia, come vedremo nel seguito, la mancanza, quasi ovunque, di organizzazioni a livello locale, non rende di fatto perseguibile questo approccio e risulterà pertanto necessaria la creazione di varie aree all'interno di una singola città. Pochi sono i siti che si discostano da questa realtà: citiamo l'area di Trieste come esempio.

Resta comunque consigliabile non dar vita ad aree con un numero di ES troppo ridotto, inferiore a qualche decina, per esempio. Per quegli enti che a livello locale non realizzano una tale consistenza, sarà più opportuno che gli indirizzi OSI vengano assegnati da altra organizzazione mediante opportuna convenzione. È appena il caso di ricordare che l'assegnazione degli indirizzi nulla ha a che vedere con il naming, per cui viene fatta salva in ogni caso la visibilità sia nazionale sia internazionale di ogni organizzazione.

## 6.3 Le reti metropolitane e regionali

La presenza di reti metropolitane e regionali è sancita all'interno del GARR dall'esistenza di alcune realtà a livello metropolitano, come le MAN che operano a Torino e Trieste, o sovrametropolitano, come la MAN toscana, che collega Pisa e Firenze, oppure da organismi che si sono costituiti per la gestione di reti di comunicazione particolarmente complesse, come, ad esempio, la rete ALMANet dell'Università di Bologna, che si estende su varie città dell'Emilia e Romagna: Reggio Emilia, Bologna, Forlì, Cesena, Rimini e Ravenna. Dal punto di vista dell'indirizzamento OSI, un'area metropolitana o regionale difficilmente potrebbe costituire un unico dominio di routing OSI, poichè all'interno di essa operano enti che appartengono a or-

ganizzazioni diverse, che non hanno alcun punto di riferimento a livello locale. I GARR metropolitani infatti, laddove costituiti, non hanno svolto che poche funzioni di coordinamento e non posseggono strutture operative proprie. Ne consegue necessariamente che per l'amministrazione dei propri indirizzi gli enti locali non possono che far riferimento al criterio di ripartizione per organizzazione.

Esaminando, a titolo di esempio, la rete metropolitana di Bologna, si può vedere come essa contenga al suo interno enti appartenenti a numerose organizzazioni del GARR: Università, CI-NECA, INFN, ENEA ed altre ancora. Gli indirizzi NSAP dei siti suddetti non potrebbero in alcun modo essere raggruppati, non esiste infatti alcuna organizzazione operativa del GARR, che possa agire a livello metropolitano. Pertanto, se i siti assumono indirizzi assegnati sulla base del criterio di ripartizione per organizzazione, ne consegue che all'interno dell'area saranno presenti NSAP di organizzazioni diverse. L'area metropolitana di Bologna risulta quindi eterogenea, mentre omogenea si presenterebbe un'area che contenesse solo NSAP con lo stesso prefisso. Dal punto di vista dell'intra-domain routing v'è poca differenza tra aree omogenee ed eterogenee, dal momento che il protocollo di routing deve mantenere aggiornate le informazioni per il raggiungimento di tutti gli ES all'interno dell'area, che mai raggiungono numeri elevati. Diverso è invece il comportamento per l'inter-domain routing: infatti un'area omogenea potrebbe essere compiutamente individuata dal suo prefisso, pertanto i router di frontiera del dominio potrebbero annunciare solo questo verso l'esterno per garantire il raggiungimento di tutti i nodi dell'area.

Mancando tale processo di sintesi degli indirizzi a livello di area metropolitana, ne consegue che risulterà impossibile procedere a processi di astrazione anche ai livelli più alti. Del pari va considerato che il primo processo di sintesi potrà essere operato a livello del dominio di routing assegnato al GARR e che, nella realtà attuale, non sarà poi molto elevato il numero dei nodi che appariranno ai diversi domini sottostanti, per cui l'inconveniente sopra descritto non comporterà un'effettiva perdita delle performance del routing. In definitiva a livello strutturale un'area metropolitana come quella di Bologna consisterà di tante aree di livello 2 OSI, quante saranno le organizzazioni che a livello locale intenderanno implementarle.

Come verrà meglio discusso più avanti, è possibile che in un'area metropolitana o regionale sia anche presente un'area OSI con indirizzo di tipo geografico. Questa infatti sarebbe la soluzione migliore per assegnare gli indirizzi a quelle apparecchiature locali, che vengono utilizzate in modo indifferenziato da tutti gli enti appartenenti all'area metropolitana per il collegamento al backbone del GARR. Tali apparecchiature, indipendentemente dalla loro localizzazione, potrebbero avere in questo modo una particolare identificazione in virtù della loro funzione specifica.

## **6.4 Il backbone del GARR**

L'esistenza del backbone della rete GARR trae la sua origine dall'assenza in Italia di un soggetto in grado di gestire un'infrastruttura di comunicazione atta a soddisfare le esigenze della ricerca. Inizialmente sorto per realizzare una dorsale a larga banda attestata su TDM (Time Division Multiplexer) per la trasmissione dei protocolli TCP/IP, DECnet, SNA ed X.25, tra sei Poli Primari, esso è andato progressivamente arricchendosi, sino a fornire il collegamento a quasi tutti gli enti di ricerca italiani.



In futuro la configurazione del backbone e la sua stessa struttura subiranno notevoli cambiamenti, in funzione dell'introduzione in Italia del servizio Frame Relay offerto su C-LAN. Il vantaggio della C-LAN/FR sta nella introduzione dei PVC (Permanent Virtual Circuit), mediante i quali ogni polo della rete può dotarsi di un numero adeguato di collegamenti diretti con altri poli, in funzione delle proprie esigenze di comunicazione. La differenza con il caso attuale è consistente, in quanto la struttura presente potrebbe essere sostituita da un insieme di collegamenti tra poli della rete. Il GARR ne gestirebbe un certo numero, quelli necessari a creare una connessione tra le varie aree metropolitane e regionali, ma ogni ente potrebbe gestirne anche di propri. In virtù di ciò, che appare come una vera novità nella filosofia della rete della ricerca, l'attenzione si sposta dai centri di erogazione dei servizi di rete agli utenti della stessa, con un conseguente grosso ribaltamento di prospettiva. È indubbio che in tale contesto assumono la massima importanza le politiche di pianificazione e di raccordo tra gli enti, in modo che tutti i soggetti che si affacciano alla rete possano ispirarsi agli stessi criteri di gestione.

Il backbone del GARR costituisce attualmente in Italia il dominio di routing di livello più elevato: esso collega le aree metropolitane e regionali, offrendo loro mutua interconnessione e trasporto verso le reti internazionali. Il backbone non ha utenti direttamente connessi: tutta l'utenza proviene da domini di rango inferiore e vi accede per mezzo di router. Le aree metropolitane, nelle quali si concentrano gli utenti, si affacceranno in uno o più punti sul backbone e su di esso annunceranno tutti i loro domini di routing, poichè a quel livello non sarà intervenuta alcuna possibile sintesi degli indirizzi. Il backbone, come dominio di routing, potrà essere articolato in sottodomini, per i quali, come si vedrà in seguito, val la pena di utilizzare un indirizzamento di tipo geografico. Tali sottodomini saranno raccordati con le varie aree metropolitane o regionali e la loro gestione verrà curata direttamente dal GARR. Al livello del dominio di routing del backbone del GARR sarà possibile effettuare una sintesi globale degli indirizzi, che consentirà di sintetizzare l'annuncio dell'intera rete della ricerca su di un eventuale rete italiana e su quelle internazionali.

## **6.5 Le reti proprietarie**

Le reti proprietarie sono costituite dall'insieme dei collegamenti che connettono siti diversi appartenenti ad un singolo ente. Tali siti possono appartenere o meno alla stessa area metropolitana o regionale (link intra-area ed inter-area). Appare evidente che l'utilizzo di un link proprietario può essere esclusivo dell'ente oppure in parte anche aperto ad altri. Nel primo caso la gestione del collegamento sarà interamente a cura dell'ente proprietario, mentre nel secondo, essa si dovrà raccordare con le altre realtà interessate (Zero e Single Homed Routing Domain). Considerato l'alto costo che le linee hanno in Italia, l'utilizzo di un link inter-area si giustifica per motivi specifici, dettati dalle esigenze delle ricerche condotte nei siti in questione, che potrebbero necessitare di un collegamento con determinati valori di banda. Può essere interesse dell'ente proprietario utilizzare il suddetto collegamento come cammino principale anche per le comunicazioni dirette o provenienti da altre destinazioni al posto dei normali collegamenti, che i siti collegati hanno con la rete del GARR.

## 7 Amministrazione dell'NSAP

### 7.1 Prefisso amministrativo

Il formato dell'NSAP è stato concepito in modo gerarchico soprattutto per facilitare la decentralizzazione della sua amministrazione. Il formato ISO-DCC, identificato da un AFI = 39, assegna un IDI ad ogni nazione, attuando un primo livello di decentralizzazione. All'interno delle nazioni europee, RARE WG4 [9] ha codificato un certo numero di raccomandazioni per distribuire l'NSAP fra le diverse organizzazioni nazionali. Il GARR, in mancanza di qualunque normativa in merito, ha preso l'iniziativa di documentare le regole da seguire per la distribuzione degli indirizzi all'interno dell'Italia [10], e ha fatto richiesta di un identificatore (fig 7-1). Il problema ora è come definire il formato del DSP e come assegnare gli indirizzi fra le diverse organizzazioni afferenti al GARR.

<b>39.380f.1001.</b>	<b>xxxxxxxxxxxxxxxxsystem-id.sel</b>
----------------------	--------------------------------------

**Figura 7-1 Prefisso amministrativo**

Risulta che 39.380f.1001 è il prefisso amministrativo del GARR.

### 7.2 Criteri per definire il formato del DSP del GARR

Rifacendoci alla struttura della rete del GARR, già descritta, emerge come essa sia composta da numerose organizzazioni che operano a livello locale o nazionale: v'è quindi, da un lato, necessità di fornire la necessaria autonomia a tali organizzazioni e dall'altro di mantenere la connettività locale efficiente.

In questa situazione, non è possibile pensare di avere solo un formato di tipo geografico, che avrebbe sì il potenziale vantaggio di facilitare le aggregazioni di indirizzi, casomai si presentasse la possibilità di utilizzarli, ma renderebbe impossibili topologie fortemente magliate e iniziative autonome da parte delle singole organizzazioni afferenti al GARR.

Il formato del DSP del GARR è pertanto strutturato nel seguente modo:

1001.xxxx.

dove xxxx è un campo di 2 bytes che contiene l'identificatore delle organizzazioni del GARR.

Il valore di xxxx = /00 identifica un indirizzo di tipo geografico, sotto il controllo diretto del GARR come autorità amministrativa, e il formato è il seguente (vedi anche App. A):

1001.0000.res(2b).dom(2b).area(2b)

dove: 1001.0000 = prefisso amministrativo

prefisso ammin.(+res)+dom = prefisso del dominio di routing  
prefisso del dominio di routing + area = indirizzo di area

I valori di xxxx # /00 identificano indirizzi sotto il controllo delle varie organizzazioni, es:

1001.0001.res(2b).dom(2b).area(2b)

dove: 1001.0001 = prefisso amministrativo che identifica l'organizzazione.

In questo caso la definizione del formato della parte rimanente dell'indirizzo è di competenza dell'organizzazione identificata dal valore di xxxx, ma le regole e i principi da seguire per la sua definizione sono gli stessi. Una raccomandazione importante, data la fluidità della rete e la difficoltà di prevedere la sua evoluzione, diventa quella di iniziare con la definizione dei campi certi, quali l'area, e in generale i campi con valore meno significativo (lower order), mentre vanno lasciate per usi futuri le parti più significative (H.O). Un eventuale definizione del campo corrispondente al 'dominio di routing' dovrebbe avere una reale corrispondenza nel tipo di routing, cioè i router di confine di un *routing domain* dovrebbero operare con un protocollo di tipo inter-domain, quale per es. l'IDRP. Infine per ottenere una maggior flessibilità nell'assegnazione degli indirizzi e prevedere possibili esigenze future si raccomanda che le organizzazioni interessate non procedano all'assegnazione degli indirizzi mediante allocazioni contigue, ma riservino opportuni range di indirizzi non assegnati (una successione con modulo 4 può apparire opportuna e sufficiente). Con questa logica per il campo DSP del GARR si procederà, ad esempio, alla seguente allocazione:

- /00 per indirizzi di tipo geografico,
- /01 per gli indirizzi assegnati all'INFN,
- /05 per gli indirizzi assegnati all'ENEA,
- /09 per gli indirizzi assegnati ad Almanet
- /13 .....

### 7.3 Criteri di gestione

Due sono i criteri a cui si deve ispirare la pianificazione del routing su di una moderna rete per la ricerca: essa deve perseguire il massimo dell'efficienza, coniugando con questa il minor costo di gestione in termini di risorse umane ed economiche. E ciò è tanto più vero in Italia dove la rete della ricerca, pur avendo ormai assunto una fisionomia precisa ed una consistenza rilevante, si trova ad insistere su di un'infrastruttura inadeguata, ad alti costi e basse prestazioni, tale quindi che solo un funzionamento ottimale è in grado di far fronte alle attuali esigenze dell'utenza.

La suddivisione della rete in domini di routing interoperanti secondo procedure definite e concordate accresce la funzionalità della rete, poichè tra l'altro consente di delimitarne i malfunzionamenti a livello globale. Essa inoltre prefigura una ripartizione gestionale, che si può facilmente attuare utilizzando la gerarchia del formato dell'NSAP per la decentralizzazione amministrativa.

### **8 Organizzazione operativa**

La gestione operativa degli indirizzi ISO DCC in Italia deve essere affidata ad una Commissione nazionale per il coordinamento del CLNS, che ne curi tutti gli aspetti amministrativi e tecnici con compiti di coordinamento, supervisione e controllo; essa in particolare deve provvedere:

- all'assegnazione degli indirizzi; -
- alla supervisione della topologia del routing nazionale.

La commissione suddetta deve inoltre provvedere ad attuare il decentramento amministrativo, predisponendone le procedure ed individuando le autorità a livello locale che ne assumeranno la responsabilità attuativa. La registrazione delle suddette autorità, mediante l'individuazione di un responsabile tecnico ed amministrativo, e la sottoscrizione di un disciplinare costituiranno le operazioni indispensabili per l'attuazione del decentramento.

Le aree metropolitane e regionali, che si connettono al backbone in un polo geografico, devono costituire apposite commissioni locali per il coordinamento degli accessi alla rete nazionale, il controllo del routing locale ed ogni necessaria attività amministrativa.

Risulta opportuno che un rappresentante di ogni commissione locale faccia parte della suddetta commissione nazionale con compiti di controllo e garanzia.

## 9 Appendice A

A titolo di esempio, consideriamo l'organizzazione della rete OSI mostrata in figura 9-1, che coinvolge alcune reti metropolitane, ed esaminiamo una possibile assegnazione degli indirizzi OSI.

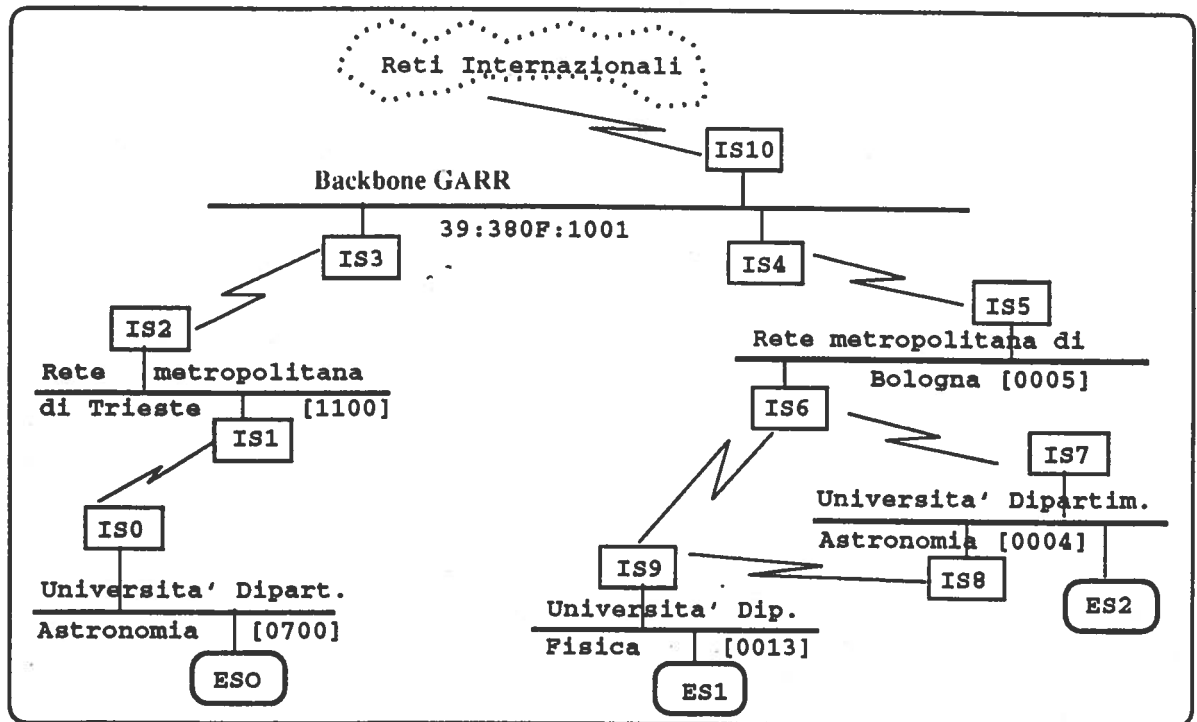


Figura 9-1 Esempio di rete GARR metropolitana

Appare evidente che nell'esempio mostrato il routing può essere organizzato su tre livelli:

- |           |                |   |
|-----------|----------------|---|
| livello 1 | reti locali    | offre interconnessione sulle LAN e connessione alla rete metropolitana                        |
| livello 2 | reti regionali | offre interconnessione tra le diverse reti locali e trasporto verso il backbone               |
| livello 3 | backbone       | offre interconnessione tra le diverse reti regionali e trasporto verso le reti internazionali |

Al fine di implementare un routing gerarchico, occorre definire gli indirizzi OSI dei sistemi appartenenti ai diversi domini in modo opportuno. Tenendo presente lo schema dell'indirizzo ISO DCC NSAP proposto per l'Italia,

IDP		DSP							
AFI	IDI	IT-DP		IT-DSP (15 ottetti)					
		IT-FI	IT-DI	Org. (2)	Res. (2)	R.D. (2)	Area (2)	ID (6)	SEL (1)

notiamo come il campo IT-DSP per le organizzazioni afferenti al GARR viene ulteriormente suddiviso nei campi:

- Org. che individua l'organizzazione afferente al GARR (2 ottetti),
- Res. a disposizione dell'organizzazione, riservato ad usi futuri (2 ottetti),
- R.D. dominio di routing (2 ottetti),
- Area area (2 ottetti),
- ID identificatore del nodo (6 ottetti).
- SEL selettore dell'NSAP.

A partire dall'IDP assegnato all'Italia:

39:380F

supponiamo che al GARR sia stato assegnato un IT-DP pari a /1001. A questo punto il dominio del GARR, rete di backbone, è univocamente individuato dal prefisso:

39:380F:1001.

Supponiamo inoltre che l'Università di Bologna all'interno del GARR sia individuata dal valore /0005 del campo Org., che identifica l'organizzazione all'interno del GARR, mentre l'area metropolitana di Trieste abbia un identificatore con valore /1100.

Pertanto i due domini di livello 2, pertinenti all'Università di Bologna ed all'area metropolitana di Trieste, saranno rispettivamente individuati dai prefissi:

39:380F:1001:0005

39:380F:1001:1100.

Supponiamo infine che all'interno dell'area metropolitana di Bologna al Dipartimento di Fisica sia stata assegnata un'area di routing identificata dal numero /13 ed al Dipartimento di Astronomia l'area /04. Analogamente l'area assegnata al Dipartimento di Astronomia dell'Università

di Trieste sia identificata dal valore /07. In tutti i casi supponiamo nulli i valori dei campi RES. e R.D.

In definitiva i domini di routing di livello 1 nell'esempio sono univocamente identificati dai prefissi

39:380F:1001:0005:0000:0000:0004	Dip. Astronomia di Bologna
39:380F:1001:0005:0000:0000:0013	Dip. Fisica di Bologna
39:380F:1001:1100:0000:0000:0007	Dip. Astronomia di Trieste

dove i diversi campi sono stati per maggior chiarezza separati dai due punti.

Esaminiamo ora la connessione tra i nodi ES1 ed ES2; essa coinvolge solo i router di livello 1 IS9 ed IS8 e resta pertanto completamente interna al livello 2. I router suddetti, onde portare a buon fine la connessione è necessario che posseggano informazioni sulla raggiungibilità di tutte le aree di livello 1 appartenenti all'area di Bologna, mentre possono ignorare lo stato di raggiungibilità dei siti afferenti ad altre aree metropolitane. In particolare la raggiungibilità delle aree di livello 1, che hanno prefisso

39:380F:1001:0005:0000:0000

deve essere nota al router IS6 ed a tutti quelli a valle di quest'ultimo; non vi sarà quindi ragione che tali aree vengano annunciate dal router IS5 verso il backbone.

Esaminiamo ora una connessione tra il nodo ES2 ed il nodo ES0. Essa coinvolge router di diversi livelli: si deve infatti risalire dal livello 3 verso il backbone, per poi ridiscendere nuovamente al livello 3. Tale cammino, tuttavia, poichè avviene tra sistemi che si riconoscono all'interno di una gerarchia è estremamente rapido, perchè viene svolto in modo efficiente. Quando infatti il sistema ES2 con indirizzo

39:380F:1001:0005:0000:0000:0004:xx-xx-xx-xx-xx-xx:xx

invia un pacchetto al nodo ES0, con indirizzo l'area metropolitana

39:380F:1001:1100:0000:0000:0700:yy-yy-yy-yy-yy-yy:xx,

questo, non essendo diretto ad alcun nodo della LAN, viene intercettato dal router IS7, che lo smista subito al router IS6. Quest'ultimo, riscontrando che il dominio di livello 2 richiesto è diverso dal proprio, passa il pacchetto al livello superiore, dal quale gli viene annunciata tale destinazione. Analogamente il pacchetto ridiscenderà dal backbone alla destinazione finale. I router interessati all'instradamento del pacchetto operano in modo efficiente perchè nel complesso del contesto descritto mantengono un insieme di tabelle, che ha la minor ridondanza possibile e comunque solo quella necessaria al corretto funzionamento della rete. Appare evidente che un routing gerarchico può essere implementato solo se vengono adottati criteri di razionalizzazione nell'esame della topologia di rete e nell'assegnazione degli NSAP. I vantaggi che ne conseguono sono decisivi ed importanti a tal punto che in alcuni casi conviene, laddove necessario, modificare la topologia della rete, qualora essa risultasse a ciò di impedimento.

## **10 Bibliografia**

- [1] *Information Processing System - Data Communications - Network Service Definition, International Standard 8348, 1987, International Organization for Standardization.*
- [2] *Schema dell'Indirizzo ISO DCC NSAP per l'Italia, F.Delpino, A.Ghiselli, GARR.*
- [3] *ISO/IEC, Information Processing Systems - Telecommunications and Information Exchange between Systems - Protocol for Exchange of Inter-domain Routing Information among Intermediate Systems to support Forwarding of ISO 8473 PDUs. International Standard ISO/IEC 10747, 1993.*
- [4] *Information Processing System - Open System Interconnection - Basic Reference Model, International Standard ISO 7498, International Organization For Standardization.*
- [5] *ISO/IEC, End System to Intermediate System Routing Exchange Protocol for use in Conjunction with the protocol for the provision of the Connectionless-mode Network Service. International Standard 9542, ISO/IEC JTC 1, Switzerland 1987.*
- [6] *ISO/IEC. Intermediate System to Intermediate System Intra-Domain Routing Exchange Protocol for use in conjunction with the Protocol for Providing the Connectionless-Mode Network Service (ISO 8473), International Standard ISO/IEC 10589, 1992.*
- [7] *RARE WG4 recommendations for NSAP address format for national research network organizations, Associes de Recherche Europeens, Commissions des Communautés Europeennes, January 1991.*

## **Ringraziamenti**

*Si ringrazia in particolare il gruppo di lavoro sull'NSAP e in generale il gruppo GARR-CLNS (ex GARR-DECnet) per l'utile discussione e suggerimenti.*

*Gruppo di lavoro sull'NSAP: F.Delpino, C.DeSanti, A.Ghiselli, R.Gomezel, G.Limongiello, A.Mattasoglio, F.Pagani*