



# Tutorial Mobile IPv6

Stefano Lucetti, Giuseppe Risi

Gruppo RETI di TELECOMUNICAZIONI  
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione - Università di Pisa

IPv6 Day  
Bari, 03 Marzo 2003





# Sommario

*6net*

- Mobilità nelle reti IP
- Introduzione a Mobile IPv4
- Differenze MIPv4 – MIPv6
- Scenario di riferimento e terminologia
- Principio di funzionamento MIPv6
- Sicurezza in MIPv6
- Configurazione ed installazione  
di un trial MIPv6





# Sommario

*6net*

- **Mobilità nelle reti IP**
- Introduzione a Mobile IPv4
- Differenze MIPv4 – MIPv6
- Scenario di riferimento e terminologia
- Principio di funzionamento MIPv6
- Sicurezza in MIPv6
- Configurazione ed installazione di un trial MIPv6





# Mobilità in reti IP - 1

*6net*

- IP : Indirizzamento gerarchico
- Indirizzo IP:
  - Identificatore di sottorete (prefisso)
  - Identificatore dell'interfaccia
- Il routing avviene in base all'identificatore di sottorete
- Se un nodo cambia il suo punto di attacco alla rete (cambia sottorete), i datagrammi indirizzati a lui saranno persi perché instradati ad una sottorete errata.





# Mobilità in reti IP - 2

*6net*

- Soluzioni:
  1. Cambiare l'indirizzo IP del nodo per renderlo conforme al suo punto di attacco alla rete
  2. Propagare informazioni di routing relative al singolo nodo mobile attraverso la rete
- Non applicabili perché:
  1. Le connessioni al livello di trasporto (ad esempio TCP) andrebbero perse ad ogni cambio di indirizzo
  2. La soluzione non è scalabile
- Inoltre:
  - *L'ingress filtering* da parte dei router impedirebbe anche l'invio di datagrammi da parte del nodo mobile





# Sommario

*6net*

- Mobilità nelle reti IP
- **Introduzione a Mobile IPv4**
- Differenze MIPv4 – MIPv6
- Scenario di riferimento e terminologia
- Principio di funzionamento MIPv6
- Sicurezza in MIPv6
- Configurazione ed installazione di un trial MIPv6





# Mobile IPv4

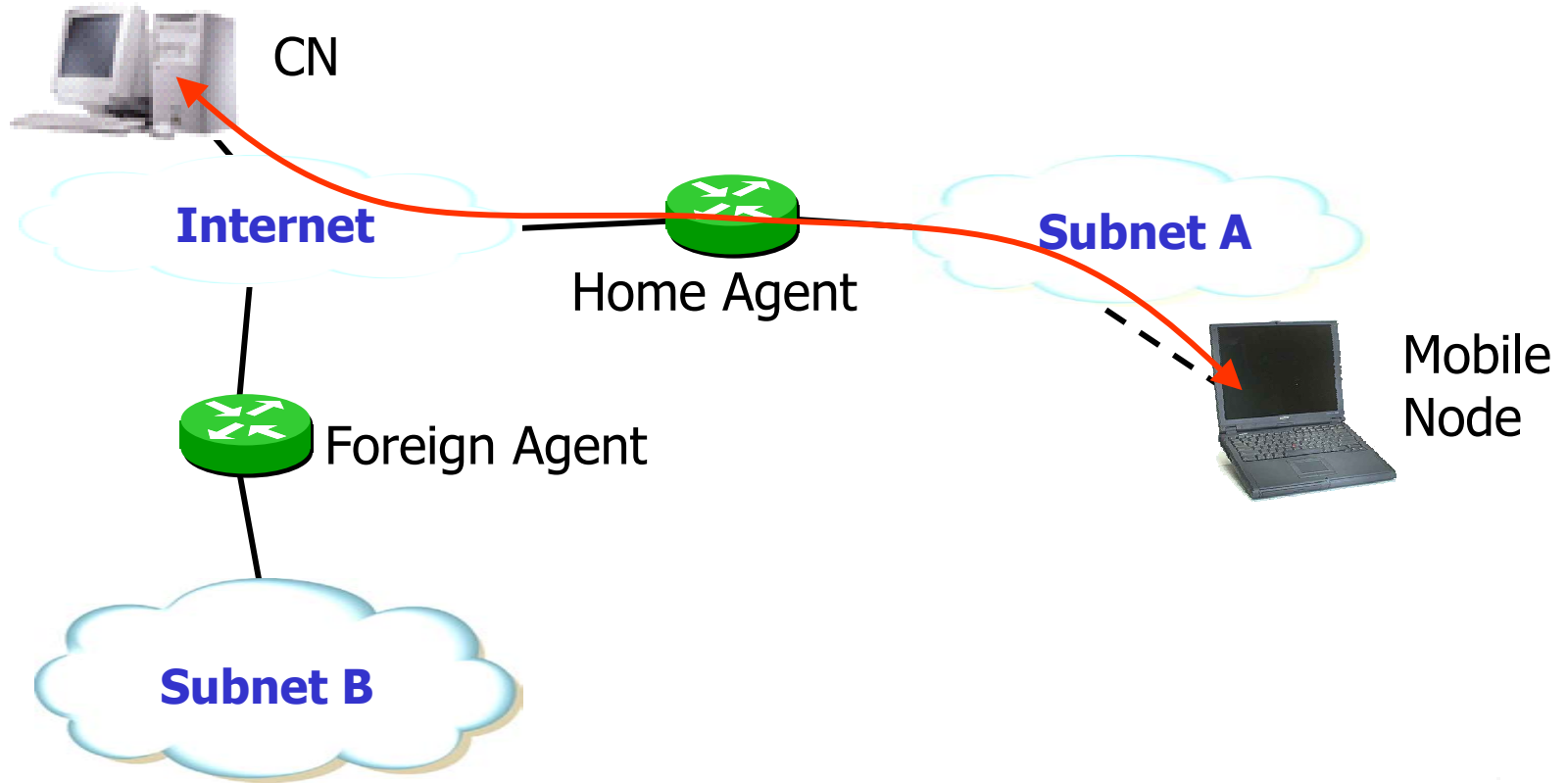
6net

- Definisce i meccanismi per le più importanti procedure relative alla mobilità:
  - **Rilevazione del movimento**
  - **Consegna dei dati**
  - **Gestione dei tunnel**
- Il problema della mobilità è risolto assegnando ad un nodo che si trova in una sottorete remota un secondo indirizzo IP, detto *care-of address*.
- Il *care-of address* appartiene alla sottorete visitata, ed è quindi topologicamente corretto.
- Mobile IPv4 maschera questo indirizzo ai livelli superiori, evitando di interrompere così le connessioni a livello di trasporto aperte.





# Mobile IPv4 - Overview

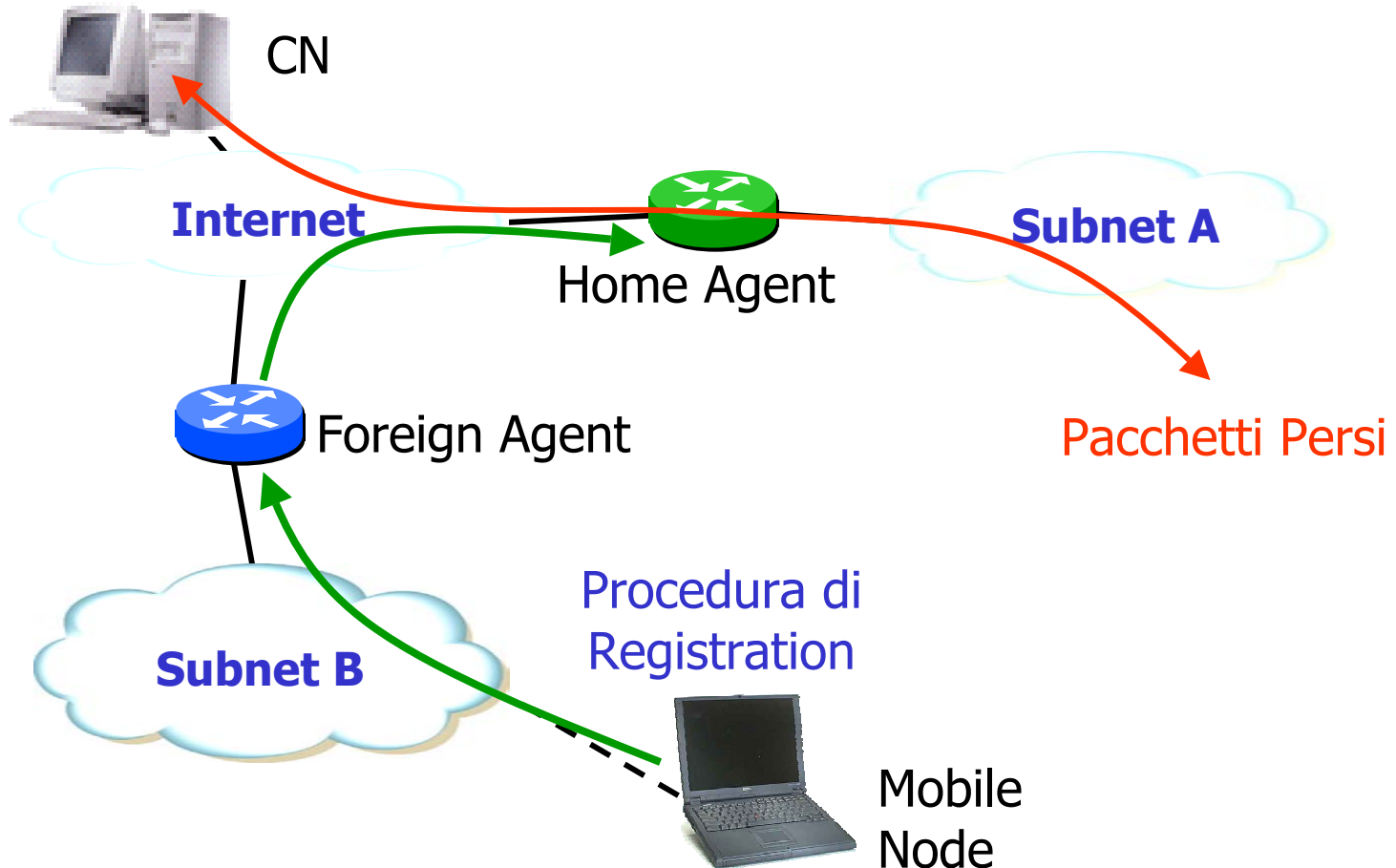






# Mobile IPv4 - Overview

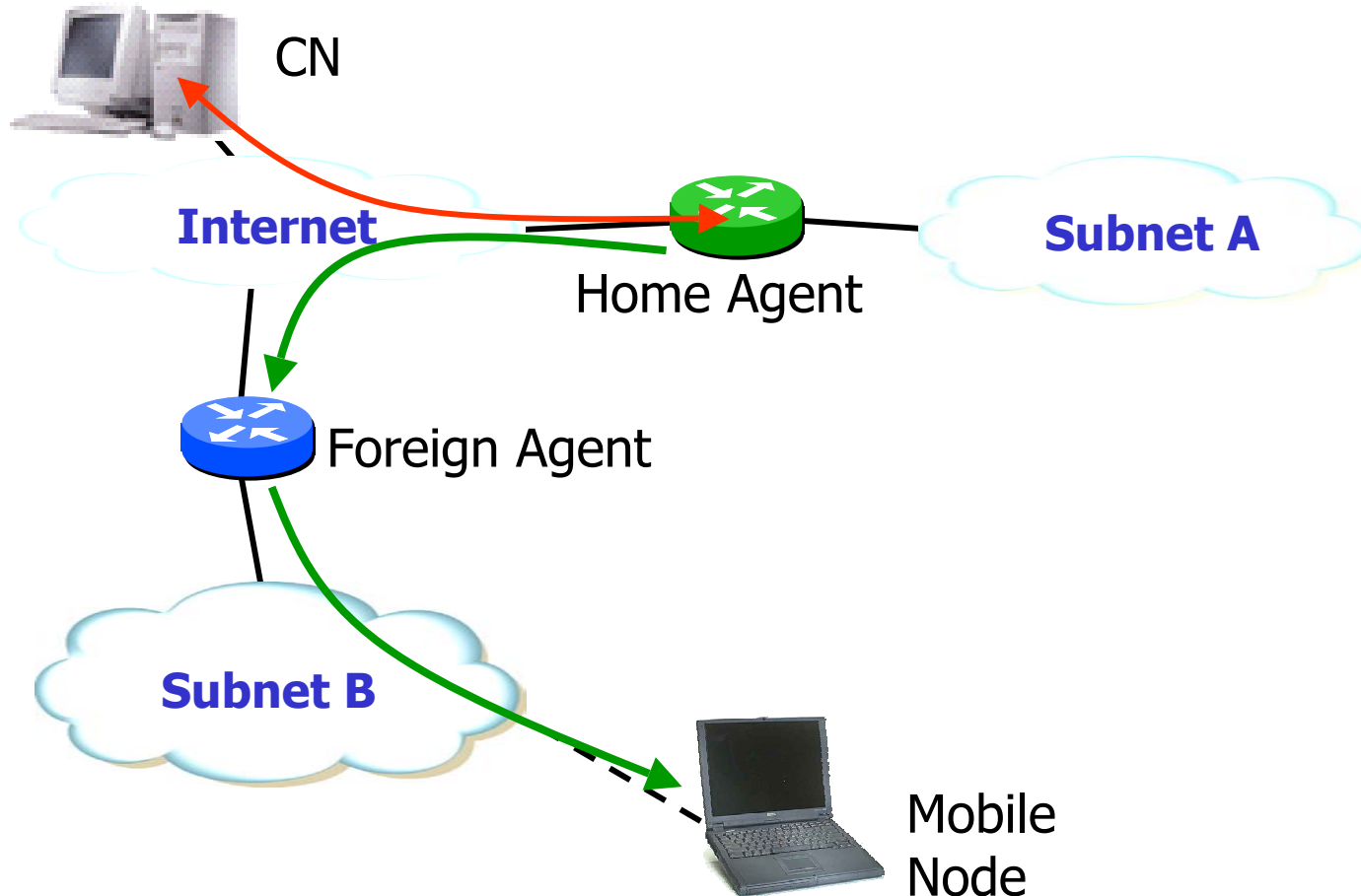
*6net*





# Mobile IPv4 - Overview

*6net*

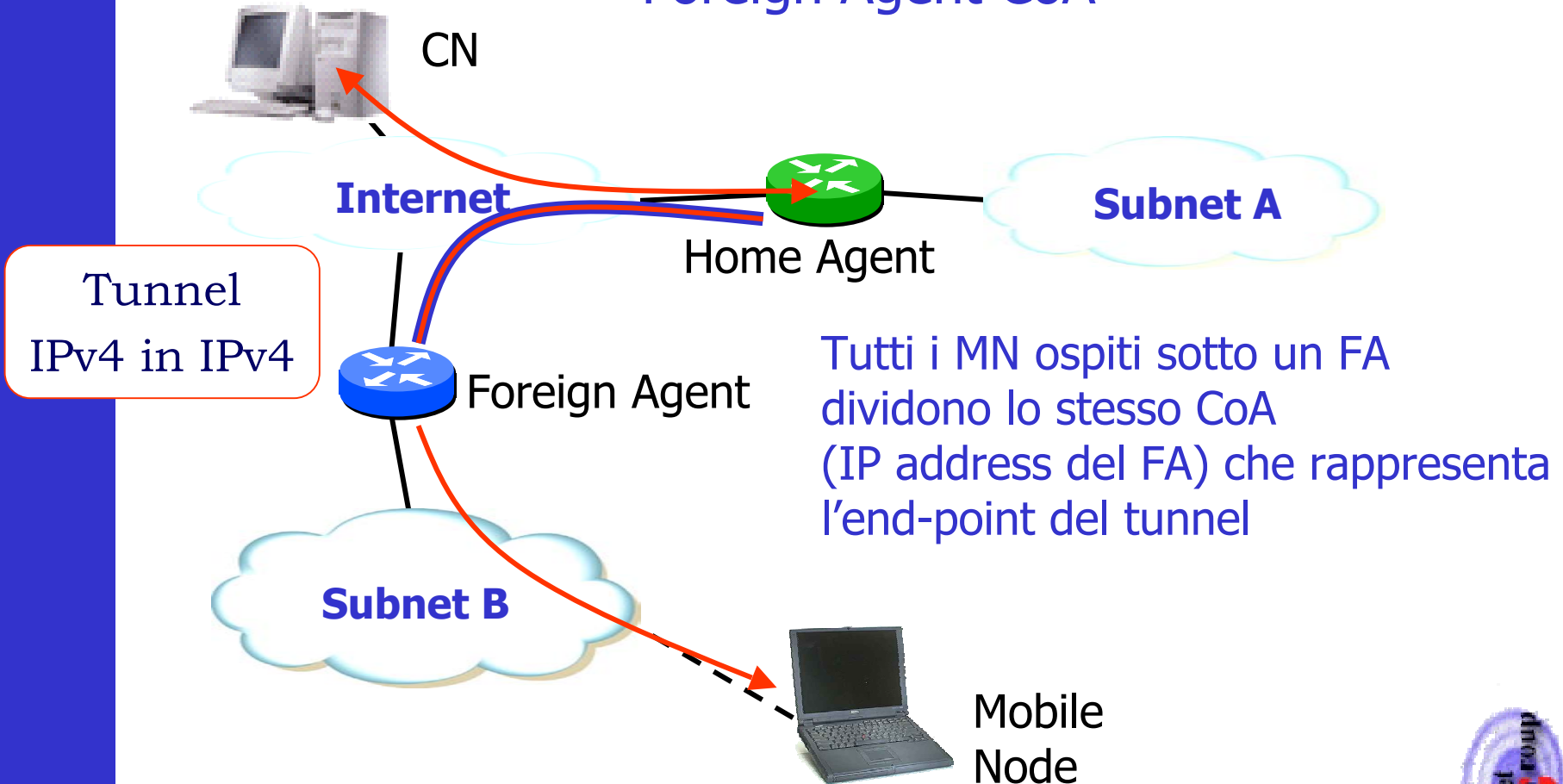




# Mobile IPv4 - Overview

*6net*

## Caso di Foreign Agent CoA

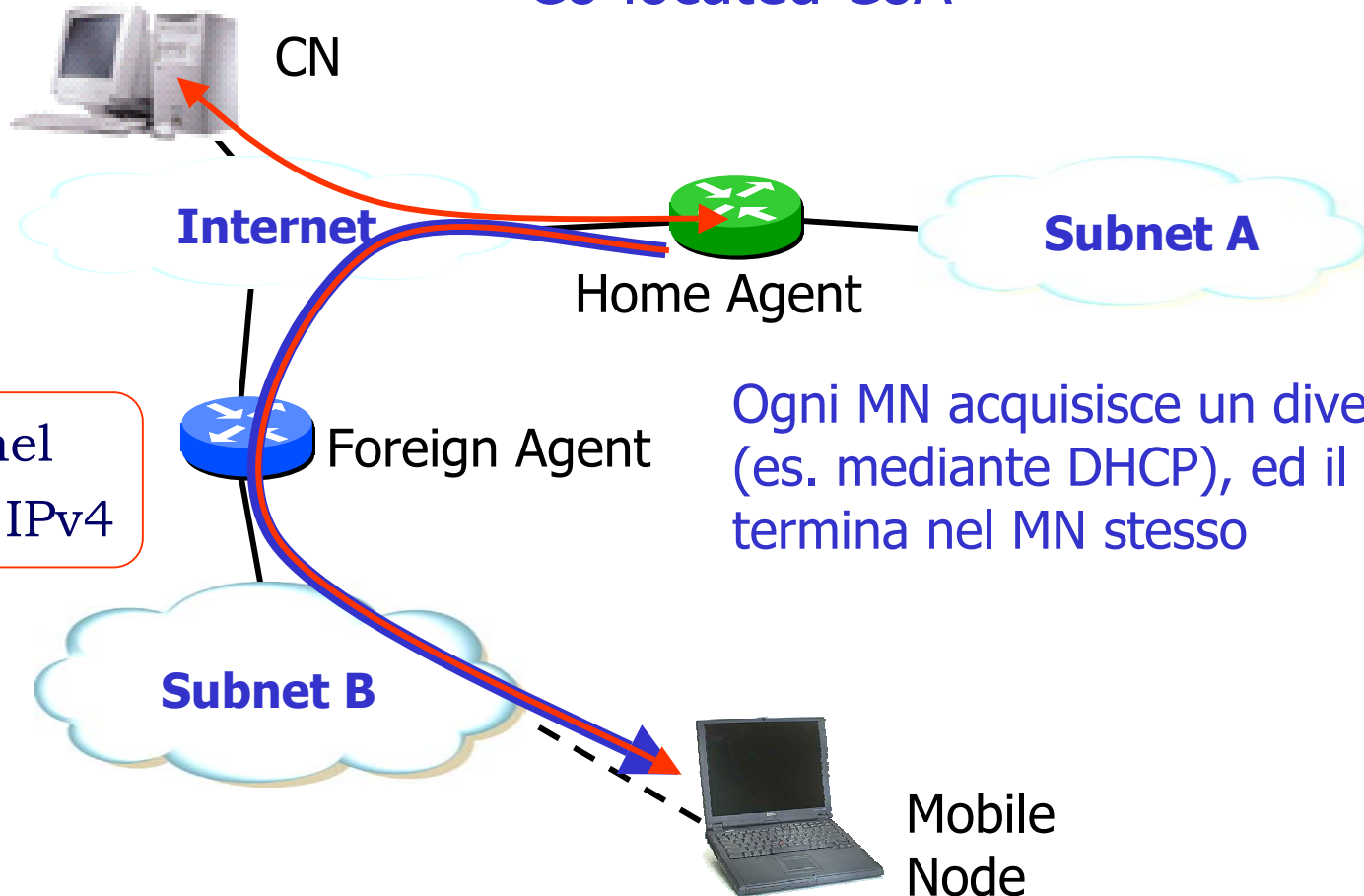




# Mobile IPv4 - Overview

*6net*

Caso di  
Co-located CoA



Tunnel  
IPv4 in IPv4

Ogni MN acquisisce un diverso CoA  
(es. mediante DHCP), ed il tunnel  
termina nel MN stesso

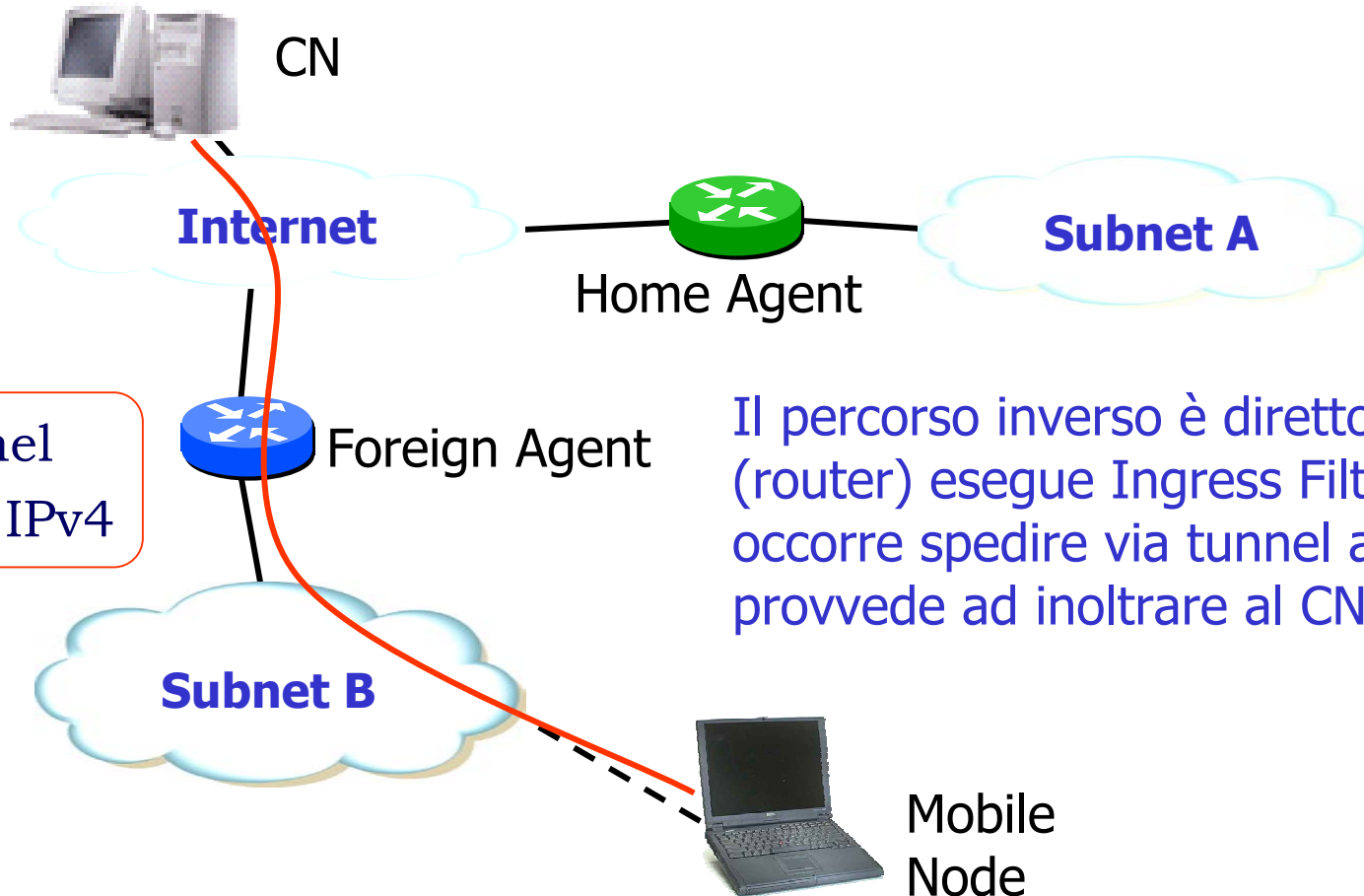




# Mobile IPv4 - Overview

*6net*

## Percorso inverso



Tunnel  
IPv4 in IPv4

Il percorso inverso è diretto. Se il FA (router) esegue Ingress Filtering, occorre spedire via tunnel all'HA, che provvede ad inoltrare al CN





# Limiti di Mobile IPv4

*6net*

- Mobile IPv4 è stato sviluppato dopo la diffusione dell'IP, perciò richiede modifiche allo stack protocollare installato sui nodi mobili, e lo sviluppo di nuovi elementi di rete (FA)
- Nel caso di Co-located CoA richiede l'assegnamento in ciascuna sottorete di un nuovo indirizzo IP per ciascun nodo che la visita, ponendo limiti di scalabilità alla luce del limitato spazio di indirizzamento disponibile
- Le estensioni volte ad ottimizzare Mobile IPv4 richiedono la modifica dello stack protocollare anche su tutti i nodi che intendono comunicare con nodi mobili (es. Route Optimization)





# Sommario

*6net*

- Mobilità nelle reti IP
- Introduzione a Mobile IPv4
- **Differenze MIPv4 – MIPv6**
- Scenario di riferimento e terminologia
- Principio di funzionamento MIPv6
- Sicurezza in MIPv6
- Configurazione ed installazione di un trial MIPv6





# Mobile IPv6

6net

- Integra l'**esperienza** acquisita con Mobile IPv4 con le **opportunità** offerte da IPv6, tra cui il maggiore spazio di indirizzamento, e la gestione degli *Extension Headers*
- Nasce in maniera **integrata** ad IPv6:
  - Sviluppo parallelo alla diffusione di IPv6 stesso
  - Non richiede la modifica di un enorme parco apparecchiature installate







# Differenze MIPv4 – MIPv6

6net

- Non c'è necessità di sviluppare e mettere in rete i *Foreign Agent*. I nodi mobili in MIPv6 sfruttano features di IPv6 che permettono loro di operare **senza alcun supporto della rete ospite**
- Le opzioni avanzate di MIPv4 (quali la *Route Optimization*) sono **integrate** nativamente nel protocollo MIPv6
- Sono previsti meccanismi di supporto per garantire l'autenticità dei messaggi di segnalazione





# Differenze MIPv4 – MIPv6

*6net*

- La maggior parte dei pacchetti spediti verso un nodo mobile che si trova in una rete ospite vengono inviati sfruttando l'IPv6 **Routing Header**, piuttosto che essere incapsulati, riducendo sensibilmente l'**overhead** introdotto rispetto a MIPv4
- MIPv6 si basa sul **Neighbor Discovery IPv6**, e non sull'ARP, svincolandosi perciò dal particolare livello data link sottostante





# Sommario

*6net*

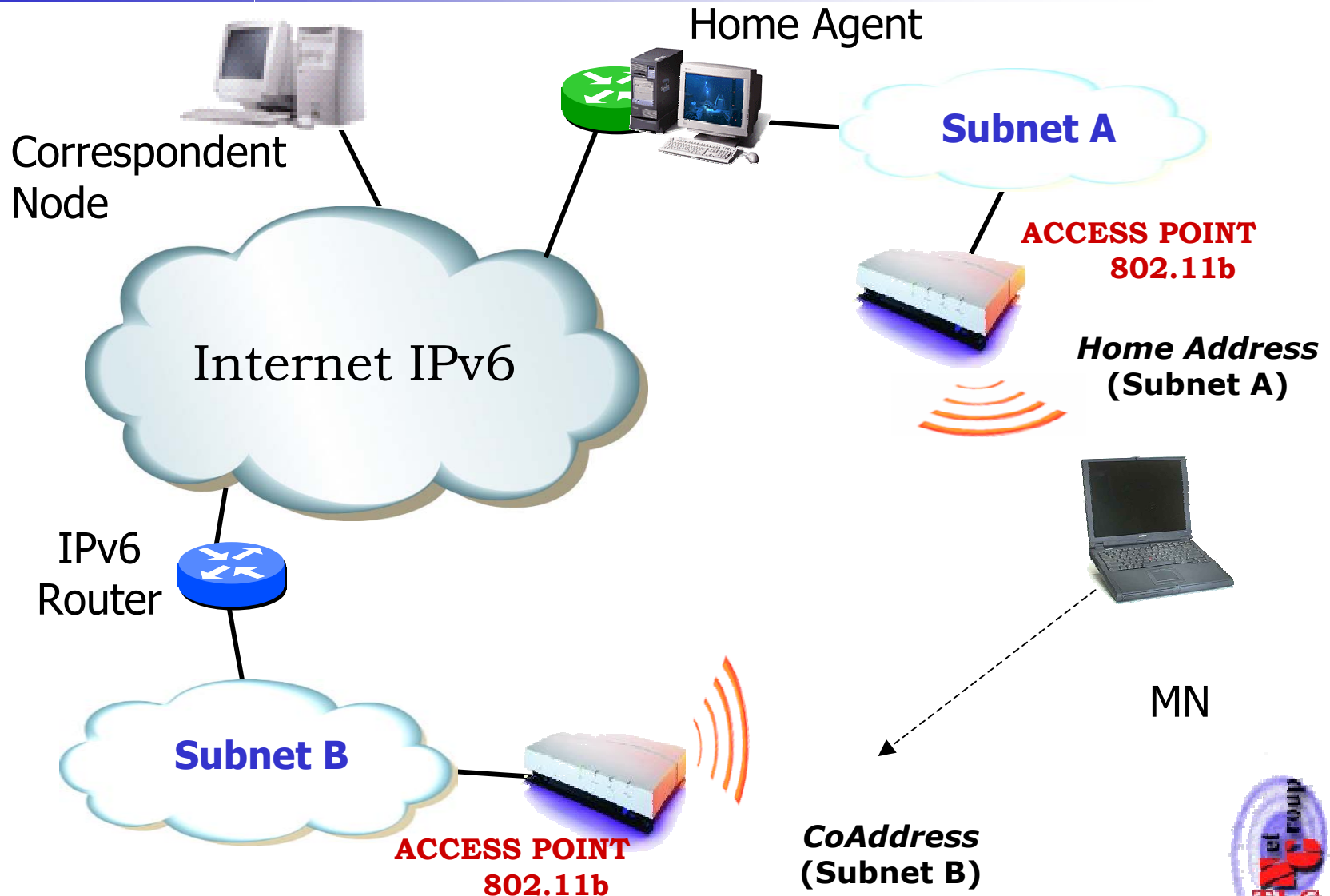
- Mobilità nelle reti IP
- Introduzione a Mobile IPv4
- Differenze MIPv4 – MIPv6
- **Scenario di riferimento e terminologia**
- Principio di funzionamento MIPv6
- Sicurezza in MIPv6
- Configurazione ed installazione di un trial MIPv6





# Scenario di riferimento

*6net*





# Mobile IPv6

6net

- Ogni nodo è **identificato** dal suo indirizzo IPv6 **statico** (*Home Address*)
- I datagrammi vengono **instradati** in base ad un indirizzo IPv6 **temporaneo** (*Care-of Address*), legato alla posizione attuale del nodo
- Il meccanismo è **trasparente** per tutti i livelli superiori
- È compito del nodo mobile fornire le informazioni relative al suo CoA alla home network





- **Home Address**

- Indirizzo IP del nodo mobile all'interno della propria rete di appartenenza (*home network*)

- **Care-of Address (CoA)**

- Indirizzo IP temporaneo acquisito dal nodo mobile ed appartenente alla sottorete ospitante
- Un nodo mobile può avere più Care-of Address contemporaneamente
- Solo uno di questi è registrato presso l'Home Agent del nodo mobile, e prende il nome di **primary CoA**





# Terminologia - Entità

*6net*

- Mobile Node - MN
  - Un nodo che può cambiare il suo punto di attacco alla rete tra diverse sottoreti, mantenendo la sua raggiungibilità per mezzo del proprio *home address*
- Home Agent - HA
  - Router appartenente alla *home network* del MN presso quale il MN registra il suo *Care-of Address* corrente
- Correspondent Node - CN
  - Qualunque nodo che comunica con un MN
  - Tutti i nodi IPv6 della rete devono avere le funzionalità di CN





# Sommario

*6net*

- Mobilità nelle reti IP
- Introduzione a Mobile IPv4
- Differenze MIPv4 – MIPv6
- Scenario di riferimento e terminologia
- **Principio di funzionamento MIPv6**
- Sicurezza in MIPv6
- Configurazione ed installazione di un trial MIPv6







# Principio di funzionamento

*6net*

- Quando un MN è nella propria Home Network l'invio dei pacchetti da/verso il MN avviene normalmente
- Quando il MN è in una rete "ospite", esso è indirizzabile mediante uno o più CoA
- Il MN acquisisce il proprio CoA mediante autoconfigurazione dell'indirizzo:
  - Stateless
  - Stateful (tramite DHCPv6)
- L'associazione tra Home Address e CoA è detto **binding**.



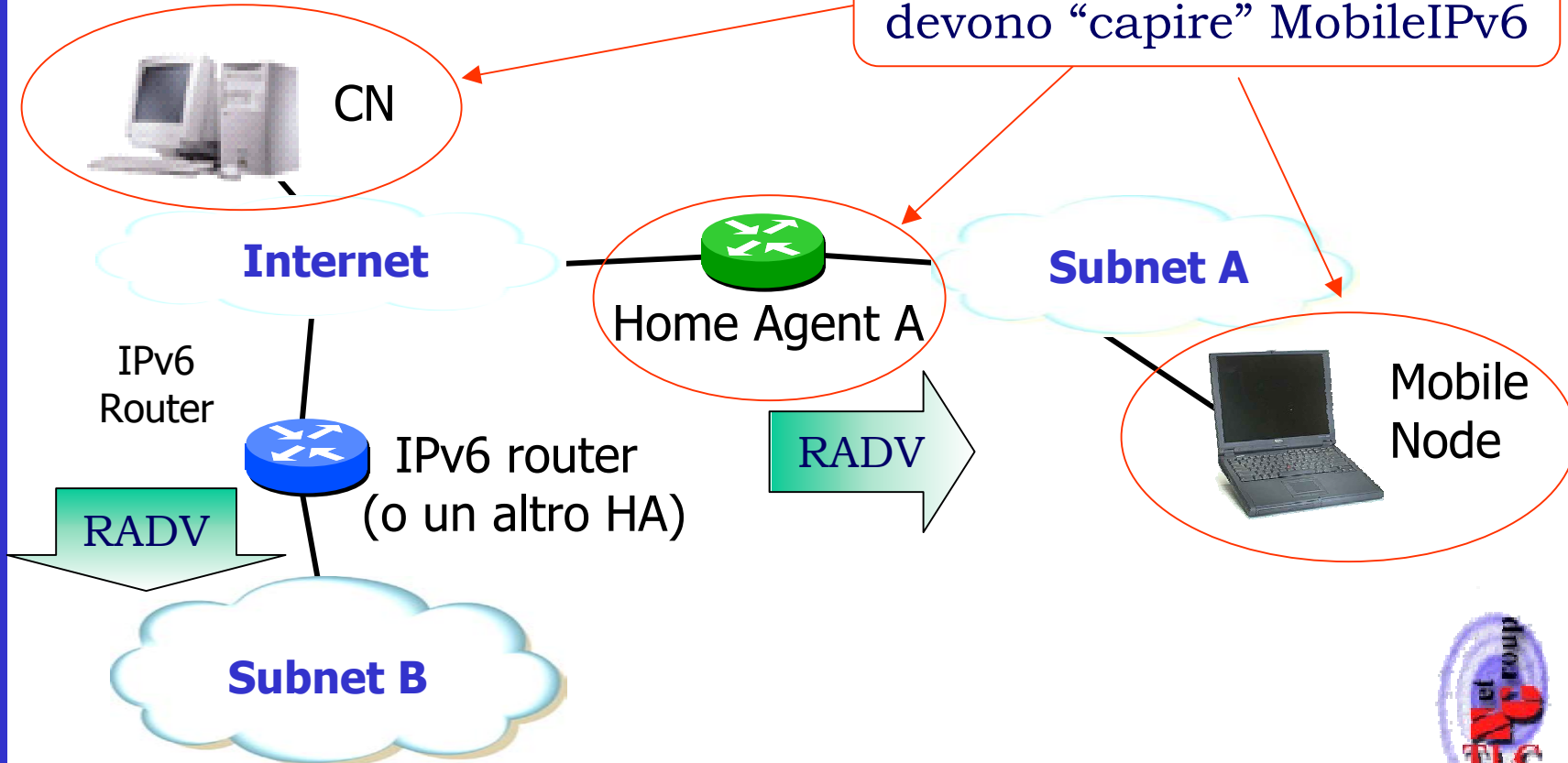


# Scenario di riferimento

*6net*

- Gli Home Agent inviano periodicamente sulla propria sottorete dei Router Advertisement con il bit Home Agent posto ad 1

Questi sono i **sol**i nodi che devono "capire" MobileIPv6





# Router Advertisement

*6net*

## Internet Protocol Version 6

Version: 6

Traffic class: 0x00

Flowlabel: 0x00000

Payload length: 56

**Next header: ICMPv6 (0x3a)**

Hop limit: 255

Source address: fe80::250:bfff:fee6:9ab2 (fe80::250:bfff:fee6:9ab2)

Destination address: **ff02::1** (ff02::1)

## Internet Control Message Protocol v6

**Type: 134** (Router advertisement)

Code: 0

Checksum: 0xfb1b (correct)

Cur hop limit: 64

Flags: 0x20

0... .. = Not managed

.0.. .. = Not other

**..1. .... = Home Agent**

...0 0... = Router preference: Medium

**Router lifetime: 30**

Reachable time: 0

Retrans time: 0

-- Segue --





# Router Advertisement

*6net*

## ICMPv6 options

**Type: 3 (Prefix information)**

Length: 32 bytes (4)

Prefix length: 64

Flags: 0xc0

1... .. = Onlink

.1.. .. = Auto

..0. .... = Not router address

...0 .... = Not site prefix

Valid lifetime: 0x00278d00

Preferred lifetime: 0x00093a80

**Prefix: 2001:760:604:5000::**

## ICMPv6 options

**Type: 1 (Source link-layer address)**

Length: 8 bytes (1)

**Link-layer address: 00:50:bf:e6:9a:b2**

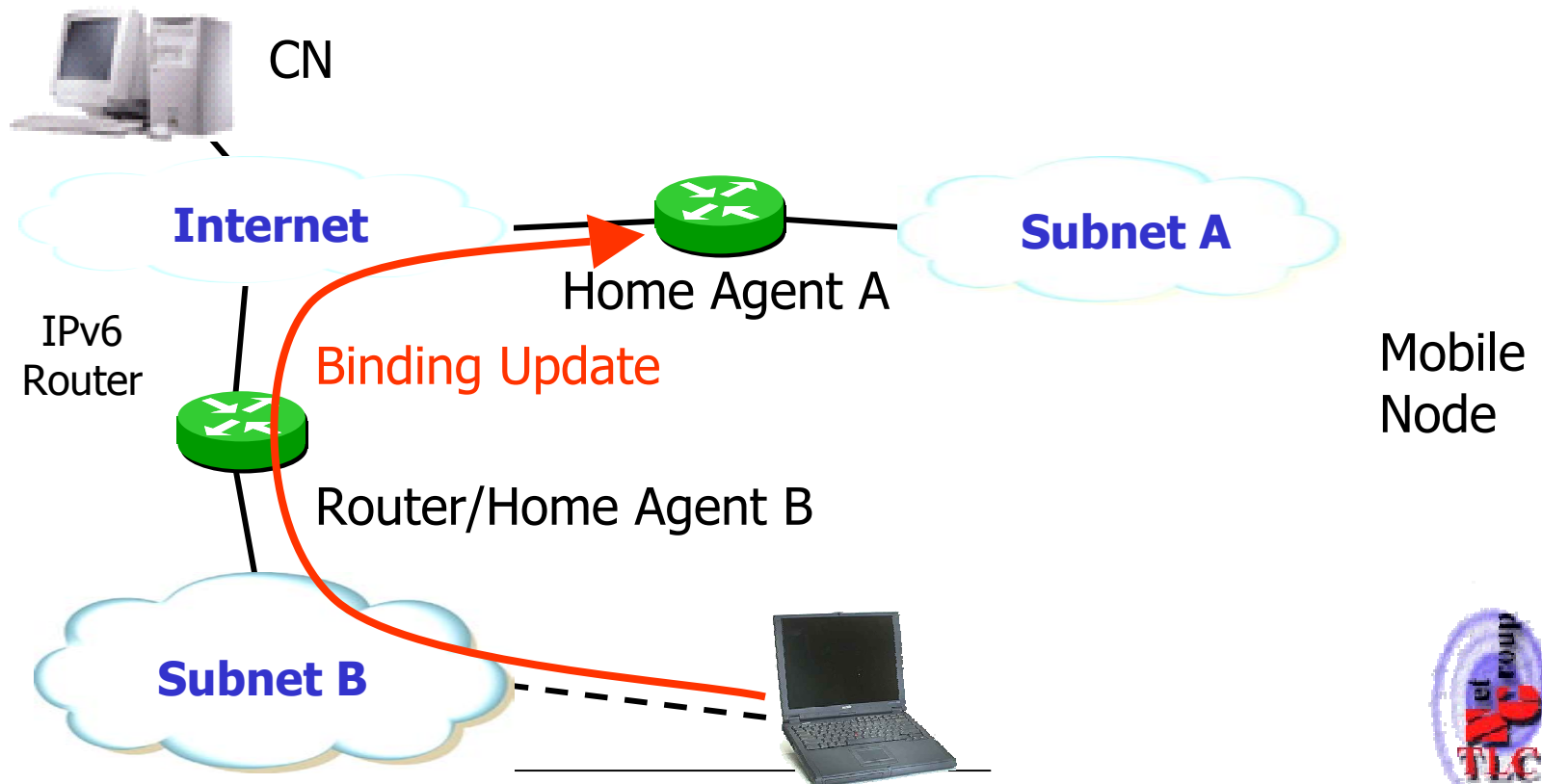




# Principio di funzionamento

6net

- Quando il MN si sposta dalla subnet A alla B riceverà i RADV del Router/HA B.
  - Acquisisce un CoA (Prefix B + proprio identificativo EUI64)
  - Invia un *Binding Update* al proprio Home Agent per registrare il CoA acquisito





# Contenuto di un BU (MN → HA)

*6net*

## Internet Protocol Version 6

Version: 6  
Traffic class: 0x00  
Flowlabel: 0x00000  
Payload length: 40  
**Next header: IPv6 destination option (0x3c)**  
Hop limit: 255  
Source address: 2001:760:604:4000:202:2dff:fe20:6e8e  
Destination address: 2001:760:604:5000::1

MN CoA

## Destination Option Header

**Next header: IPv6 destination option (0x3c)**  
Length: 2 (24 bytes)  
PadN: 4 bytes  
**Option Type: 201 (0xc9) - Home Address**  
Option Length : 16  
Home Address : 2001:760:604:5000:202:2dff:fe20:6e8e

Home Agent  
Address

-- Segue --

MN Home  
Address





# Contenuto di un BU (MN → HA)



## Destination Option Header

Next header: IPv6 no next header (0x3b)

Length: 1 (16 bytes)

**Option Type: 198 (0xc6) - Binding Update**

Option Length : 8

1... .. = Acknowledge (A) : **Binding Ack requested**

.1.. .... = Home Registration (H) : **Home Registration**

..1. .... = Router (R) : Router

...1 .... = Duplicate Address Detection (D) : **Perform**

.... 0... = MAP Registration (M) : No MAP Registration

.... .0.. = Bicasting all (B) : Do not request for bicasting

Prefix Length : 0

Sequence Number : **13**

Life Time : 10000

PadN: 4 bytes

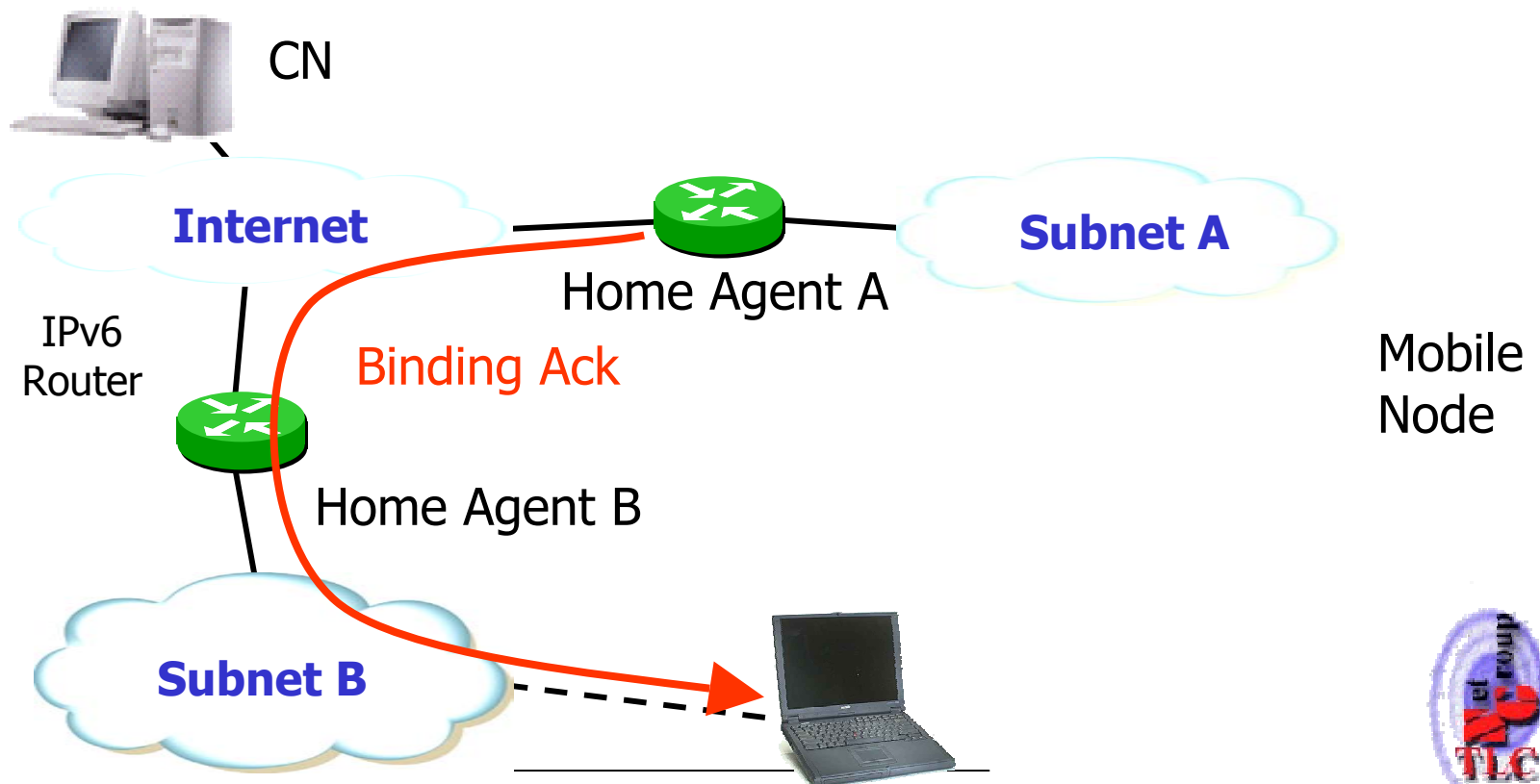




# Principio di funzionamento

*6net*

- L'HA risponde al Binding Update con un Acknowledgement per confermare al MN l'avvenuta registrazione del CoA







# Contenuto di un BAcK

*6net*

## Internet Protocol Version 6

Version: 6  
Traffic class: 0x00  
Flowlabel: 0x00000  
Payload length: 40  
**Next header: IPv6 routing (0x2b)**  
Hop limit: 253  
Source address: 2001:760:604:5000::1  
Destination address: 2001:760:604:4000:202:2dff:fe20:6e8e

Home Agent  
Address

## Routing Header, Type 0

**Next header: IPv6 destination option (0x3c)**  
Length: 2 (24 bytes)  
Type: 0  
Segments left: 1  
address 0: 2001:760:604:5000:202:2dff:fe20:6e8e

MN CoA

-- Segue --

MN Home  
Address





# Contenuto di un BAck

*6net*

## Destination Option Header

Next header: IPv6 no next header (0x3b)

Length: 1 (16 bytes)

Pad1

**Option Type: 7 (0x07) - Binding Acknowledgement**

Option Length : 11

Status: **0 - Binding Update accepted**

Sequence Number : **13**

Life Time : 1000

Refresh : 800

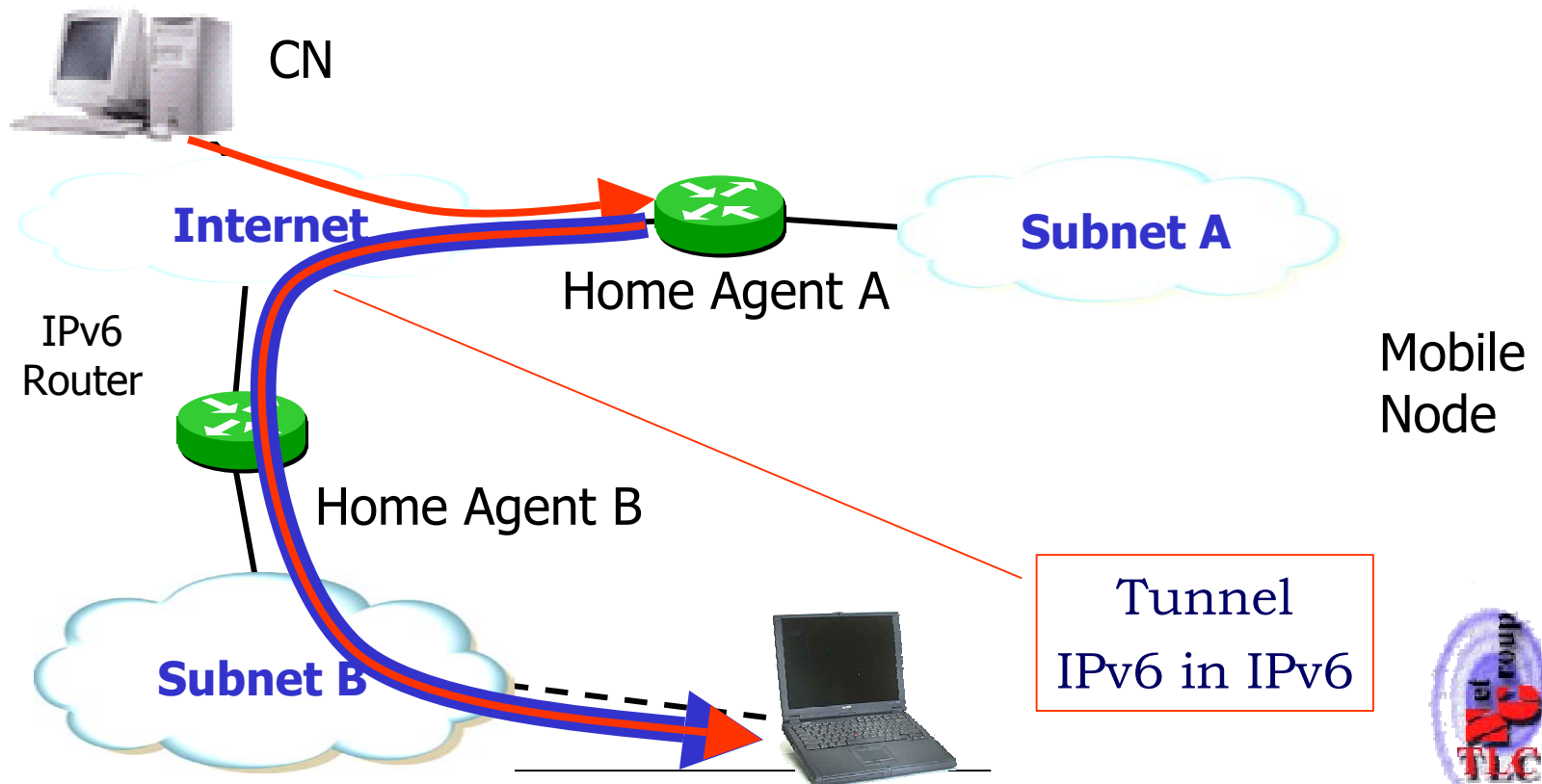




# Principio di funzionamento

6net

- L'Home Agent intercetta i pacchetti indirizzati all' Home Address del MN mediante la procedura di *proxy Neighbor Discovery*
- Questi pacchetti vengono inviati dall'Home Agent al **CoA primario** del MN attraverso un tunnel effettuato mediante IPv6 encapsulation





# IPv6 in IPv6 tunneling

*6net*

## Internet Protocol Version 6

Version: 6  
Traffic class: 0x00  
Flowlabel: 0x00000  
Payload length: 104  
**Next header: IPv6 (0x29)**  
Hop limit: 253  
Source address: 2001:760:604:5000::1  
Destination address: 2001:760:604:4000:202:2dff:fe20:6e8e

Home Agent  
Address

## Internet Protocol Version 6

Version: 6  
Traffic class: 0x00  
Flowlabel: 0x00000  
Payload length: 64  
**Next header: ICMPv6 (0x3a)**  
Hop limit: 62  
Source address: 2001:760:604:1000::2  
Destination address: 2001:760:604:5000:202:2dff:fe20:6e8e

MN CoA

CN Address

## Internet Control Message Protocol v6

Type: 129 (Echo reply)  
Code: 0  
Checksum: 0x0661 (correct)  
ID: 0xd204  
Sequence: 0x0000  
Data (56 bytes)

MN Home  
Address

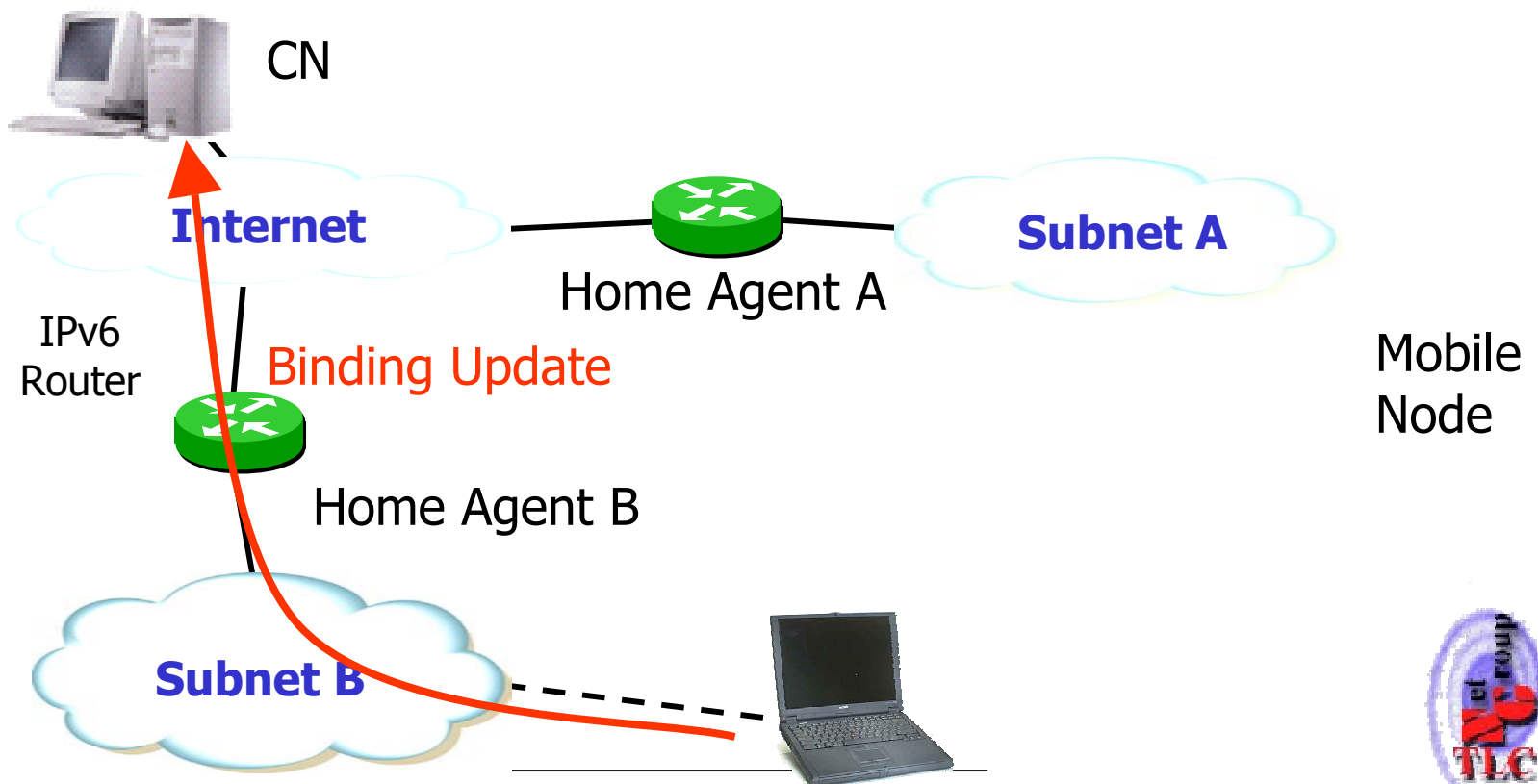




# Principio di funzionamento

*6net*

- I MN possono informare i CN con cui stanno comunicando che sono direttamente raggiungibili al loro CoA primario, mediante una procedura chiamata *correspondent binding*, tramite l'invio di un Binding Update





# Contenuto di un BU (MN → CN)

*6net*

## Internet Protocol Version 6

Version: 6  
Traffic class: 0x00  
Flowlabel: 0x00000  
Payload length: 40  
**Next header: IPv6 destination option (0x3c)**  
Hop limit: 255  
Source address: 2001:760:604:4000:202:2dff:fe20:6e8e  
Destination address: 2001:760:604:1000::2

MN CoA

## Destination Option Header

**Next header: IPv6 destination option (0x3c)**  
Length: 2 (24 bytes)  
PadN: 4 bytes  
**Option Type: 201 (0xc9) - Home Address**  
Option Length : 16  
Home Address : 2001:760:604:5000:202:2dff:fe20:6e8e

CN  
Address

-- Segue --

MN Home  
Address





# Contenuto di un BU (MN → CN)



## Destination Option Header

Next header: IPv6 no next header (0x3b)

Length: 1 (16 bytes)

**Option Type: 198 (0xc6) - Binding Update**

Option Length : 8

0... .. = Acknowledge (A) : **Binding Ack not requested**

.0.. .... = Home Registration (H) : **No Home Registration**

..1. .... = Router (R) : Router

...0 .... = Duplicate Address Detection (D) : Do not perform

.... 0... = MAP Registration (M) : No MAP Registration

.... .0.. = Bicasting all (B) : Do not request for bicasting

Prefix Length : 0

Sequence Number : 14

Life Time : 1000

PadN: 4 bytes

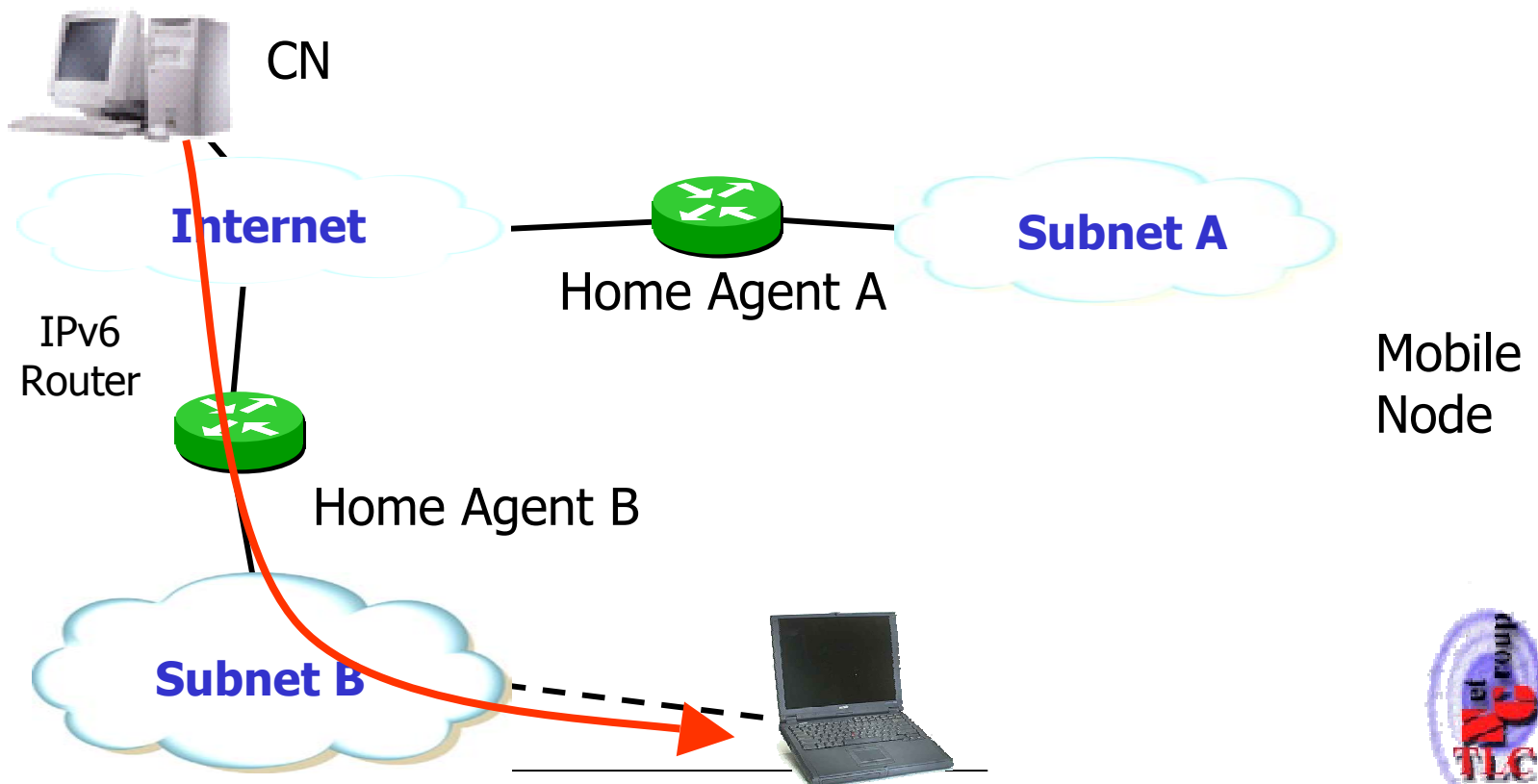




# Principio di funzionamento

*6net*

- I pacchetti dal CN al MN vengono quindi spediti direttamente grazie all'informazione di Binding sfruttando il *routing header*







# Pacchetto con Routing Header

*6net*

## Internet Protocol Version 6

Version: 6  
Traffic class: 0x00  
Flowlabel: 0x00000  
Payload length: 88  
**Next header: IPv6 routing (0x2b)**  
Hop limit: 62  
Source address: 2001:760:604:1000::2  
Destination address: 2001:760:604:4000:202:2dff:fe20:6e8e

CN  
Address

## Routing Header, Type 0

**Next header: ICMPv6 (0x3a)**  
Length: 2 (24 bytes)  
Type: 0  
Segments left: 1  
address 0: 2001:760:604:5000:202:2dff:fe20:6e8e

MN CoA

## Internet Control Message Protocol v6

Type: 129 (Echo reply)  
Code: 0  
Checksum: 0x5482 (incorrect, should be 0x6482)  
ID: 0xd204  
Sequence: 0x0100  
Data (56 bytes)

MN Home  
Address





# Pacchetti inviati dal MN



- L'invio di un pacchetto da parte di un MN può avvenire in 2 maniere:
  - tramite un tunnel che termina nell'Home Agent (che provvederà a sua volta a inviare il pacchetto al CN settando come Source Address l'Home Address del MN)
  - direttamente il pacchetto al CN, usando il proprio CoA, settando però il proprio *Home Address destination option* (opzione introdotta con MIPv6)

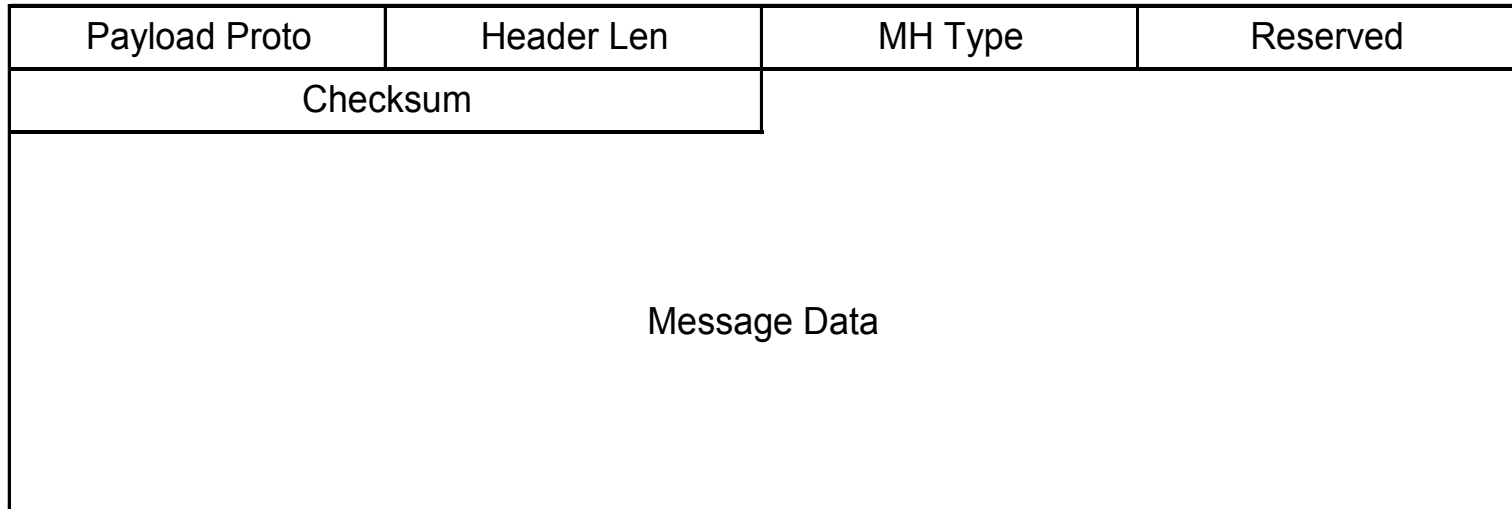




# Formato Mobility Header



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32



- **Payload Proto:** Next Header
- **Header Len:** lunghezza del Mobility Header in multipli di 8 ottetti, esclusi i primi 8 ottetti.
- **MH Type:** identifica il particolare messaggio.
- **Reserved:** riservati per uso futuro.
- **Checksum:** campo contenente il checksum del MH.
- **Message Data:** contenuto informativo del MH.





# Mobility Header

*6net*

- Message Type:
  - 0: Binding Refresh Request
  - 1: Home Test Init
  - 2: Care-of Test Init
  - 3: Home Test
  - 4: Care-of Test
  - 5: Binding Update
  - 6: Binding Acknowledgement
  - 7: Binding Error





# Scoperta dell'Home Agent

*6net*

- Può accadere che il MN non conosca l'indirizzo del proprio Home Agent (sostituzione di un router, ecc.)
- MIPv6 fornisce una procedura di identificazione dell'Home Agent (*Dynamic Home Agent Address Discovery*)
- Il MN invia una richiesta (**Home Agent Discovery Request**) al “MIPv6 Home Agents” anycast address.

Uno degli Home Agents risponde quindi con una lista di Home Agents attivi sulla Home Network del MN (**Home Agent Discovery Reply**).





- I binding acquisiti vengono immagazzinati, insieme con il loro tempo di vita residuo, in cache locali a ciascun nodo (**Binding cache**)
- Ciascun MN ha poi una **Binding Update List**, contenente l'elenco dei BU inviati dal MN e che non sono ancora scaduti
- Ciascun HA e MN ha poi una **Home Agents List** contenente l'elenco degli HA da cui sono stati ricevuti recentemente messaggi di Router Adv. il cui bit HomeAgent sia settato ad 1





# Esempi delle strutture dati



% mipdiag -c (all'Home Agent)

## Mobile IPv6 Binding cache

| Home Address | Care-of Address | Lifetime |
|--------------|-----------------|----------|
| MN-HAddr.    | MN CoA          | 481      |

% mipdiag -mninfo (al Mobile Node)

| Home Address | Home Agent Address | Care-of address | Reg. |
|--------------|--------------------|-----------------|------|
| MN-HAddr.    | HA address         | MN CoA          | 1    |

% mipdiag -l (al Mobile Node)

## Mobile IPv6 Binding update list

Recipient CN: 2001:760:604:5000::1

BINDING home address: 2001:760:604:5000:202:2dff:fe20:6e8e  
 care-of address: 2001:760:604:4000:202:2dff:fe20:6e8e  
 expires: 403 sequence: 13 state: 1  
 delay: 3 max delay 256 callback time: 203

Recipient CN: 2001:760:604:1000::2

BINDING home address: 2001:760:604:5000:202:2dff:fe20:6e8e  
 care-of address: 2001:760:604:4000:202:2dff:fe20:6e8e  
 expires: 639 sequence: 14 state: 1  
 delay: 1 max delay 256 callback time: 639





# Sommario

*6net*

- Mobilità nelle reti IP
- Introduzione a Mobile IPv4
- Differenze MIPv4 – MIPv6
- Scenario di riferimento e terminologia
- Principio di funzionamento MIPv6
- **Sicurezza in MIPv6**
- Configurazione ed installazione di un trial MIPv6







# Sicurezza in MIPv6

*6net*

- Mobile IP si presta ad attacchi da parte di terze parti, che possono falsificare binding o generarne di fasulli al fine di impedire la corretta consegna dei pacchetti verso un nodo
- Mobile IPv6 prevede meccanismi di autenticazione e cifratura per proteggere l'invio dei messaggi di segnalazione
- La procedura per la verifica della reale posizione di un MN che invia dei Binding si chiama **Return Routability**

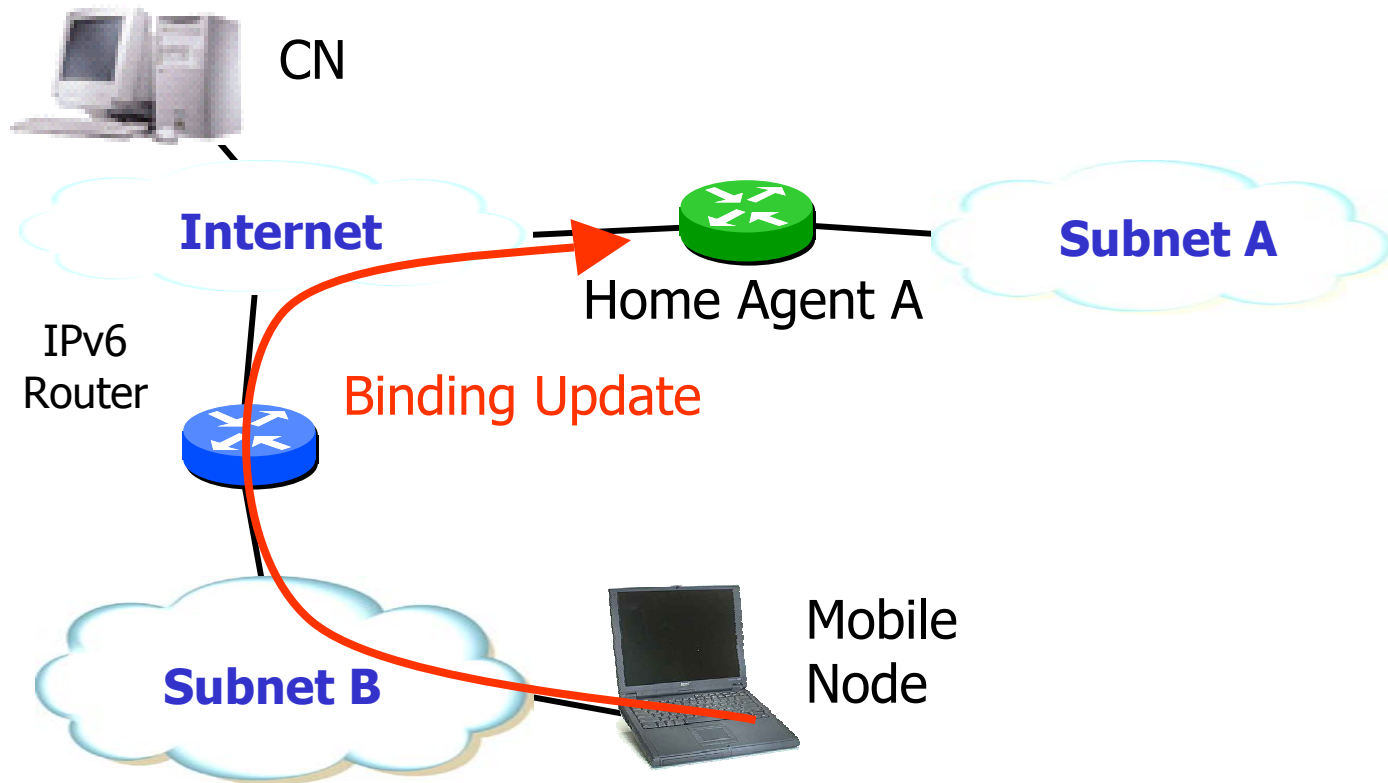




# Return Routability

*6net*

- I messaggi tra MN e HA possono essere protetti mediante IPsec, perché può esistere una Security Association a priori [AddressHA, AddressMN, SharedKEY]

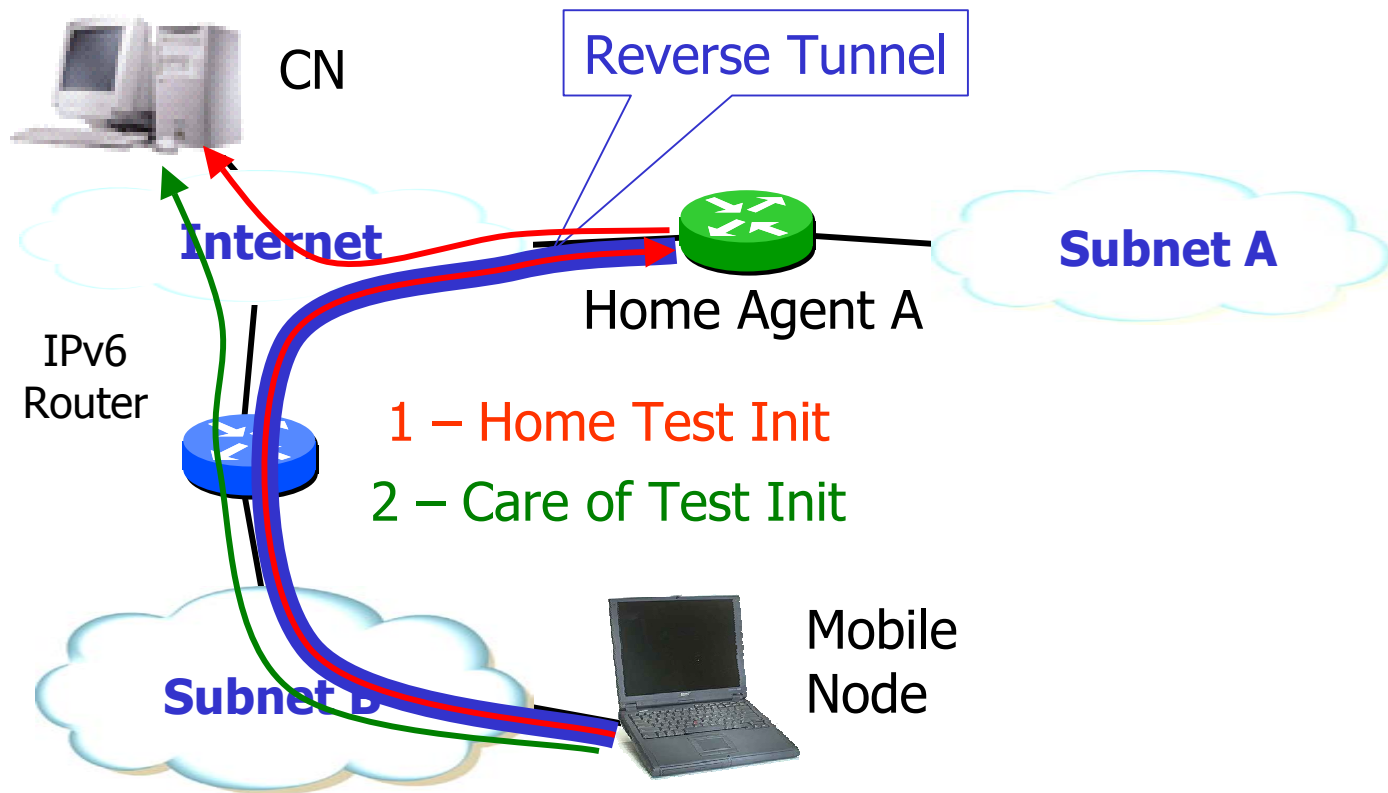




# Return Routability

*6net*

- I messaggi tra MN e CN non possono essere protetti mediante IPsec, perché non sono noti a priori gli indirizzi
- Viene usata la procedura di **Return Routability**

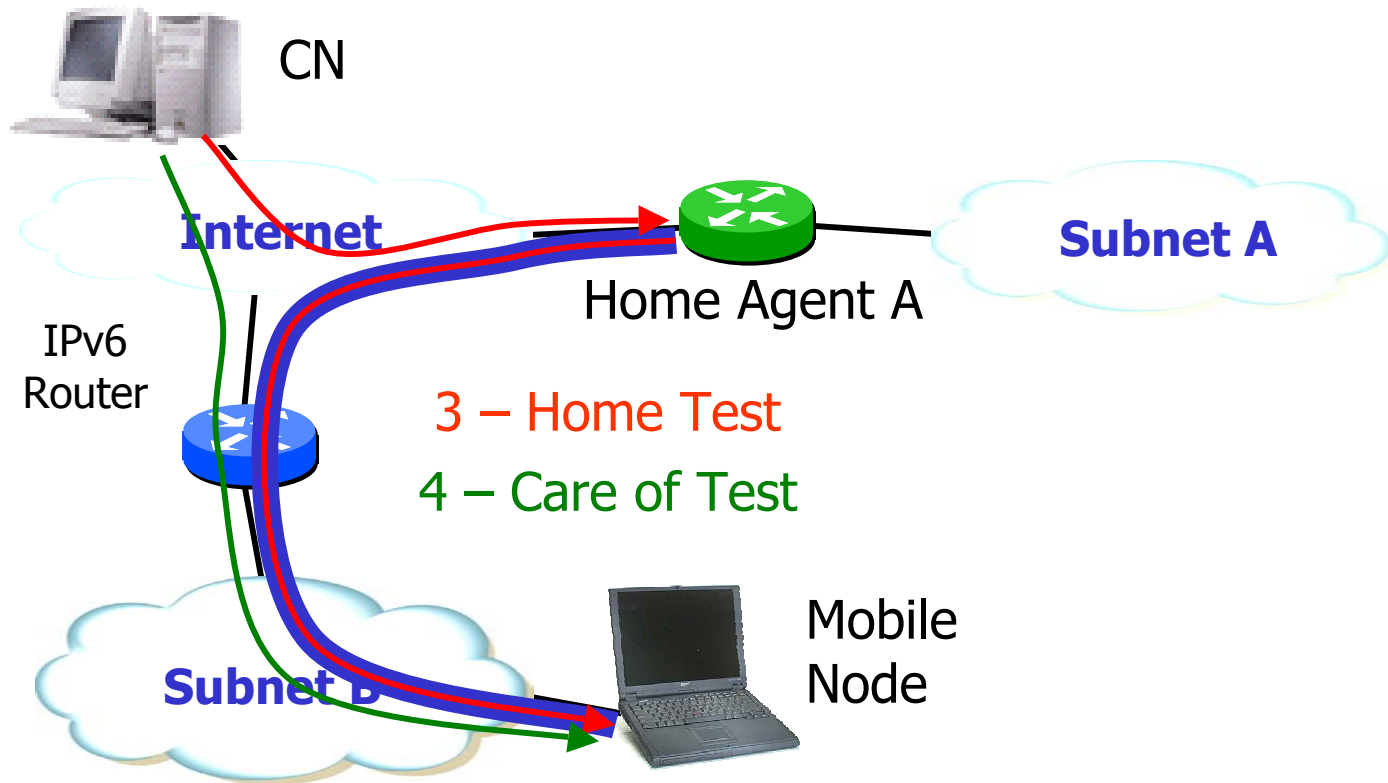




# Return Routability

6net

- Terminata la procedura di **Return Routability** il MN può inviare il BU verso il CN.
- Eventuali BU inviati precedentemente al termine della procedura vengono **rifiutati**, perché considerati **non sicuri**





# Sommario

*6net*

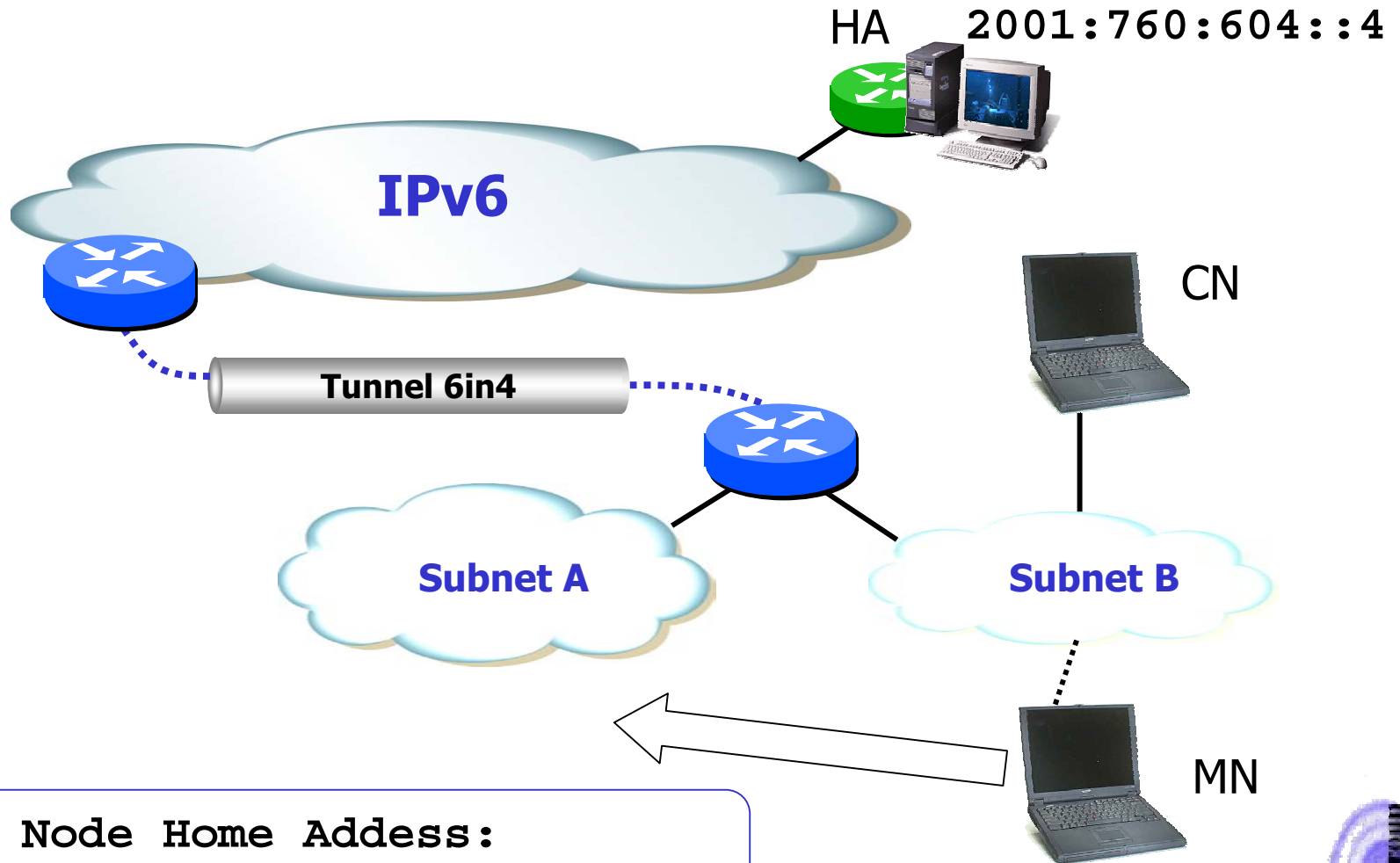
- Mobilità nelle reti IP
  - Introduzione a Mobile IPv4
  - Differenze MIPv4 – MIPv6
  - Scenario di riferimento e terminologia
  - Principio di funzionamento MIPv6
  - Sicurezza in MIPv6
- Configurazione ed installazione di un trial MIPv6





# Trial MIPv6

*6net*



Mobile Node Home Address:  
2001:760:604::202:2dff:fe20:6e8e





# Installazione Trial

*6net*

- Varie implementazioni disponibili
- Aggiornate a diversi draft – non è detto che siano interoperabili
- Per Linux, è disponibile **MIPL**  
(**Mobile **IPv6 for **Linux**)**  
<http://www.mipl.mediapoli.com>**
- Consiste di
  - Patch del kernel
  - Applicazione di gestione e diagnostica (mipdiag)





# Implementazione MIPL

*6net*

- Ultima release mipl **0.9.5.1** su Kernel 2.4.20
- Implementa il draft-ietf-mobileip-ipv6-19  
(ultima versione del draft è la 20 del Genn. 2003)
- Introduce le funzionalità di **HA**, **MN** e **CN**
- Configurazione mediante un unico file  
`network-mip6.conf`
- Diagnostica tramite il comando `mipdiag`







# Riferimenti

6net

- `draft-ietf-mobileip-ipv6-20.txt`  
da `www.ietf.org`
- `www.mipl.mediapoli.com`

Per ulteriori informazioni:

`s.lucetti@iet.unipi.it`

`g.risi@iet.unipi.it`

`http://www.unipi.6net.garr.it` (IPv6)

