

# Internet Protocol Versione 6: aspetti avanzati

## Gli aspetti innovativi del protocollo IPv6

### Autoconfigurazione degli hosts: stateless (1)

- Configurazione di base
  - Generazione di un indirizzo link-local
  - Probing per verificare che sia unico
- L'host può parlare con tutte le macchine della propria LAN, senza l'intervento di un router
- Se esiste un router
  - Ascolto dei messaggi di Router Advertisement
  - (oppure) Messaggio di Router Solicitation
  - Configurazione dell'indirizzo e probing per verificare che sia unico
- L'host rimane perennemente in ascolto dei messaggi dei routers
  - Un host pu' essere ri-configurato a run time

### Autoconfigurazione

- Indirizzi: normalmente forniti dai provider:
  - se si cambia il provider occorre cambiare gli indirizzi
- Occorre un protocollo di assegnazione degli indirizzi e delle informazioni di configurazione, progettato per:
  - facilitare la rinumerazione delle macchine di un sito
  - evitare configurazioni manuali (Plug and Play)
  - non richiedere presenza di server o router per piccoli siti
- gestire:
  - Link Local Address
  - Site Local Address
  - Global Address
- Cosa è necessario configurare
  - Host, Routers, DNS

### Autoconfigurazione degli hosts: stateless (2)

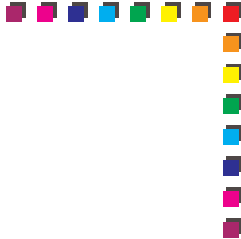
- L'host rimane perennemente in ascolto dei messaggi dei routers
  - Si favorisce il renumbering
    - Un host può essere ri-configurato a run time
    - È possibile passare da un indirizzo site-local a uno global
- Indirizzi
  - Preferiti
  - Deprecati
  - (non validi)



## Autoconfigurazione degli hosts: stateful

- DHCPv6 : modello client/server
- Compatibile con autoconfigurazione stateless
- Messaggi disponibili:

- Solicit
- Advertise
- Request
- Reply
- Release
- Reconfigure

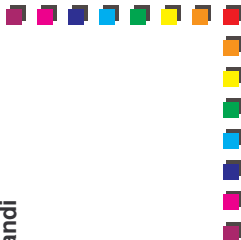


5



## Autoconfigurazione dei routers

- Router Renumbering (RFC 2894)
- Pacchetti di Router Renumbering
  - contengono PCOs (Prefix Control Operations)
    - Match-Prefix : specifica operazioni da compiere
    - Use-Prefix
  - sono trasportati da pacchetti ICMPv6
- Due tipi di messaggi di Router Renumbering
  - Commands : inviati ai router
  - Results : inviati dai router in risposta ai comandi

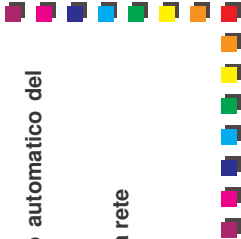


6



## DNS

- DNS : Domain Name System
  - database distribuito
  - associa nomi a indirizzi IP
  - l'elemento atomico del DNS è il record (RR)
- Record :
  - tipo A : per indirizzi di 32 bit
  - tipo AAAA : per indirizzi di 128 bit (RFC1886)
    - dominio IP6.INT
  - tipo A6 (RFC 2874) :
    - consente configurazione e aggiornamento automatico del DNS
    - l'informazione è suddivisa su più record
    - facilitate le operazioni di renumbering della rete

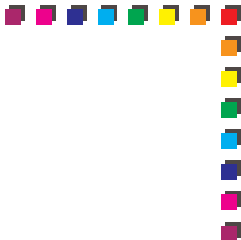


7



## Neighbor discovery

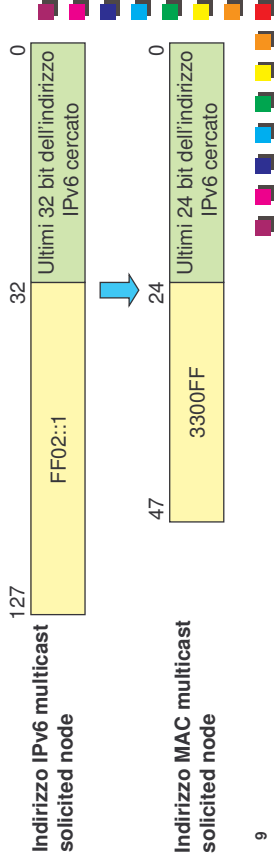
- In IPv6 scompare ARP sostituito dalle nuove funzionalità di ICMP:
  - Router Discovery: per scoprire i routers
  - Prefix Discovery: per scoprire il prefisso del link a cui sono connessi
  - Parameter Discovery: determinazione di parametri quali l'MTU del link o l'hop limit di default
  - Address Autoconfiguration
  - Neighbor Discovery
  - Neighbor Unreachability Detection
  - Duplicate Address Detection
  - Next-Hop Determination
  - Redirect



8

## Ricerca dell'indirizzo MAC

- Si invia un messaggio ad un indirizzo IPv6 multicast che è derivato dall'indirizzo dell'host che si sta ricercando
- Esempio: ricerca dell'indirizzo MAC dell'host 2001::1
  - Messaggio Neighbor Solicitation all'indirizzo FF02::1:0:1
  - Messaggio di risposta Neighbor Advertisement



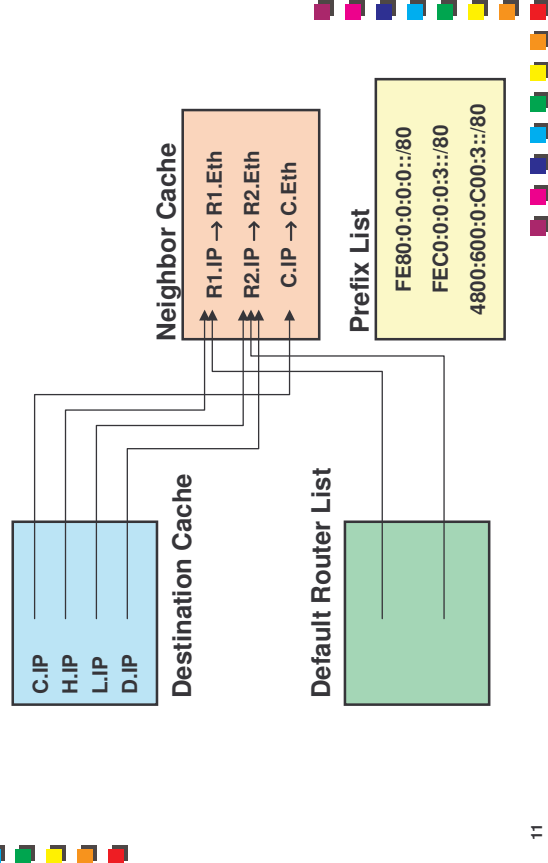
9

## Address Resolution

- Una stazione che debba trasmettere un pacchetto verifica se l'indirizzo è locale (match con un address prefix) o remoto:
  - Se è locale:
    - determina l'indirizzo tramite una Neighbor Solicitation
    - non vengono più utilizzati gli indirizzi broadcast
  - Se è remoto:
    - sceglie un router tra quelli imparati tramite un Router Advertisement
- Le risposte vengono memorizzate in cache

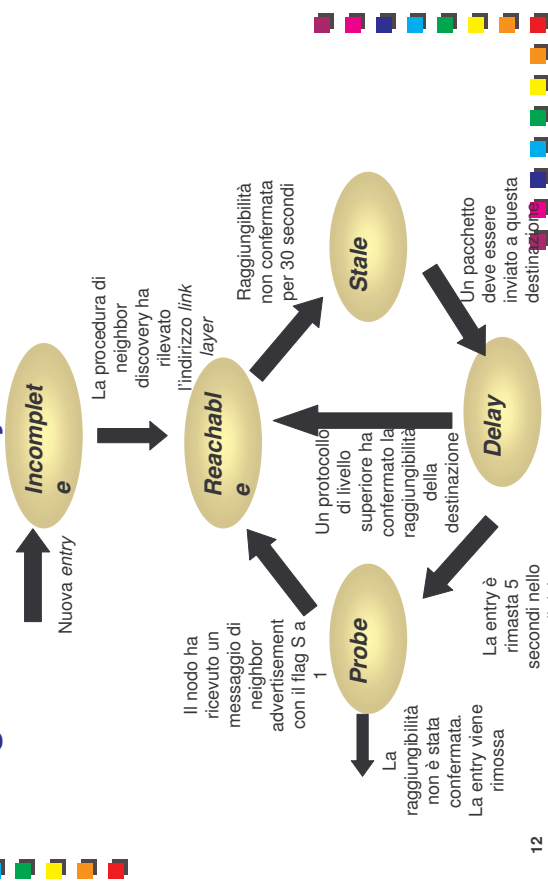
10

## Le cache di un host



11

## Neighbor Reachability Detection

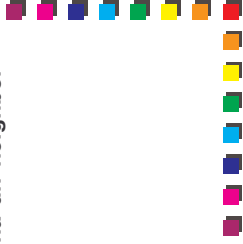


12



## Algoritmo di comunicazione

- Longest prefix match
  - Host raggiungibile direttamente
    - Possiedo già il prefix (è uguale al mio)
    - Devo ricavare l'indirizzo MAC finale
  - Necessità di inoltrare il pacchetto al router
- Neighbor cache
  - È consultata al momento di dover raggiungere il prossimo passo verso la destinazione
  - Se l'informazione non è presente, si scatena un neighbor discovery

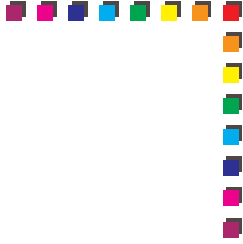


13



## Sicurezza

- Standard in IPv6
- Distribuzione chiavi
  - Photuris (zero-knowledge key exchange)
  - basato sull'algoritmo di Diffie-Hellman
- Autenticazione
  - Keyed MD5
- Cifratura
  - DES-CBC
- Vedere da RFC 2401 a RFC 2412

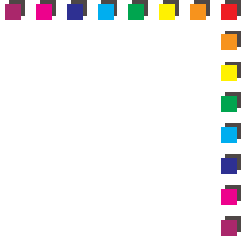


14



## Mobilità

- Due possibili aspetti
  - Mobilità
    - Capacità di spostarsi da una zona all'altra della rete ed essere comunque operativo
    - Risolto dai meccanismi di configurazione stateless e stateful presenti in IPv6
  - Portabilità
    - Capacità di poter essere raggiunto sempre attraverso lo stesso indirizzo indipendentemente dalla locazione fisica
    - Affrontato da Mobile IPv6

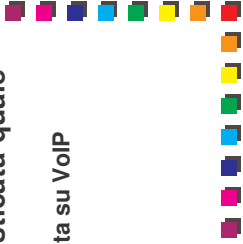


15

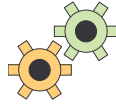


## Mobilità e reti di livello 2

- Una rete di livello 2 (es. Switched Ethernet) offre un supporto nativo alla mobilità
  - Gli switch, attraverso il backward learning, sono in grado di localizzare con precisione la locazione di ogni host a livello MAC
  - I protocolli di livello 3 utilizzano messaggi in multicast (ICMPv6 Neighbor Solicitation) per localizzare l'host sulla LAN
- Se la mobilità è confinata sulla rete di livello 2, non è necessaria una infrastruttura più sofisticata quale Mobile IPv6
  - Esempio: azienda con telefonia interna basata su VoIP

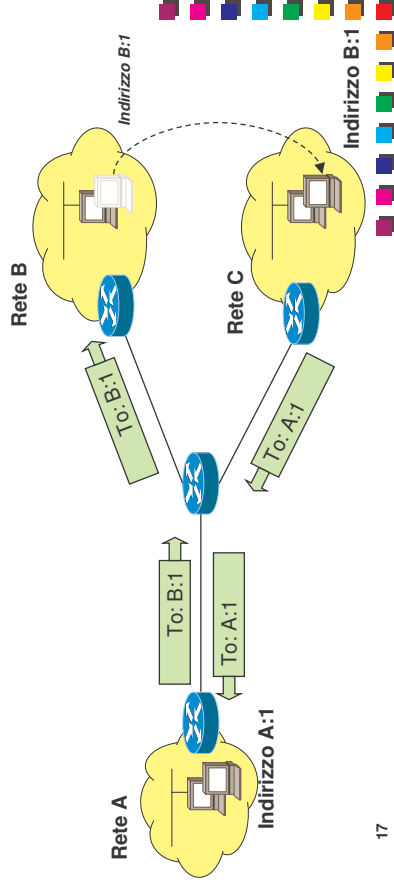


16

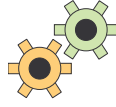


## Il meccanismo di instradamento in IPv6

- Basato sull'indirizzo di rete della destinazione
  - Il semplice spostamento della macchina (senza cambio dell'indirizzo) provoca l'irraggiungibilità della stessa
  - Il percorso di andata è ancora valido

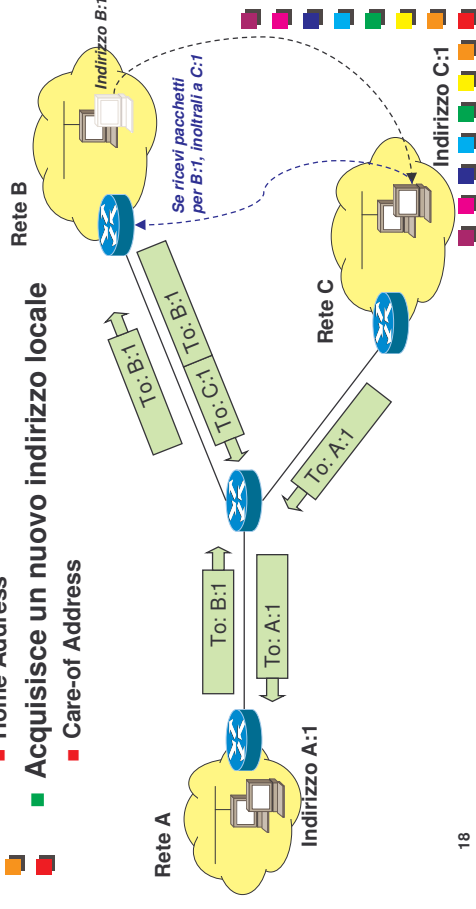


17



## L'idea alla base di Mobile IPv6

- Ogni host mantiene un suo indirizzo globale
  - Home Address
- Acquisisce un nuovo indirizzo locale
  - Care-Of Address



18



## Rilevamento del movimento

- Non ben specificati dallo standard
- Meccanismi di livello 2
  - Forse i più affidabili
  - Non sempre disponibili
  - Possibilità di cambiamento del livello 2 ma non della rete di livello 3

### ■ Meccanismi di livello 3

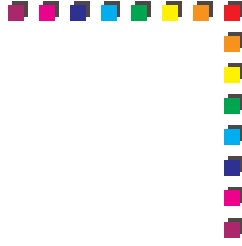
- Mobile IPv6 non specifica nessun meccanismo ad-hoc
- Analisi del contenuto dei messaggi di Router Advertisement
  - La ricezione dell'annuncio di un nuovo prefisso non implica automaticamente un movimento
- Difficoltà a distinguere tra network renumbering e movimento

19

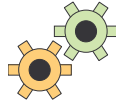


## Determinazione del Care-Of Address

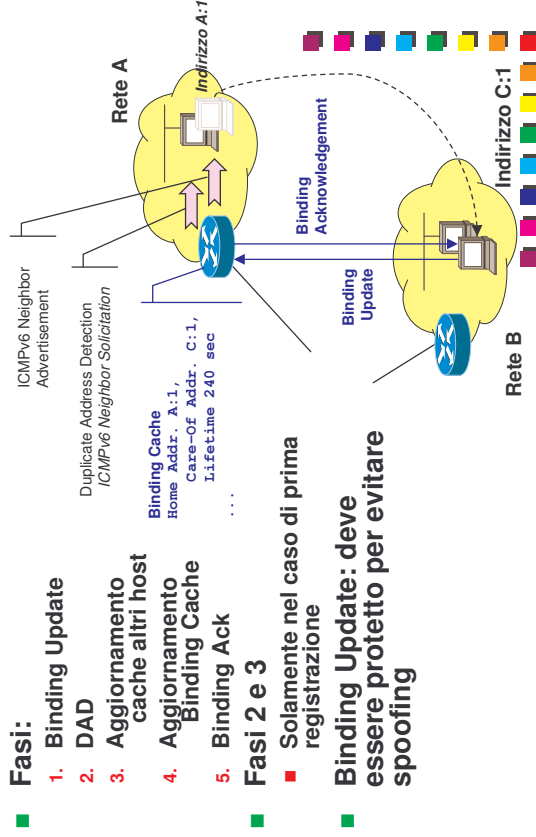
- Attraverso uno dei meccanismi di autoconfigurazione di IPv6
  - Stateless, stateful (DHCPv6)
- Sono ammessi più Care-Of Address
  - Ad esempio host che è attualmente connesso a più celle



20



## Registrazione presso l'Home Agent



21

## Compiti dell'Home Agent

- Agire "in rappresentanza" dell'host mobile
  - Genera messaggi ICMPv6 Neighbor Solicitation / ICMPv6 Neighbor Advertisement quando richiesto
  - Inoltra i messaggi destinati all'Home Address verso il nuovo indirizzo, mediante tunnelling
- I pacchetti destinati all'indirizzo link-local vengono scartati
  - L'host mobile non è fisicamente presente sul link
  - Generato un messaggio ICMPv6 Destination Unreachable
  - Multicast: inoltrati all'host solamente se appartengono ad un gruppo per cui l'host ha effettuato il JOIN
- Mantiene la lista degli altri Home Agent
  - Home Agents List
  - Necessaria durante la fase di localizzazione dell'Home Agent

22

## Localizzazione dell'Home Agent

- Ogni router può essere un Home Agent
  - Router Advertisement con il bit H (Home Agent) settato
  - Mobile Host riceve questi pacchetti e genera la Home Agent List, scegliendo il migliore
- Caso in cui sia impossibile contattare l'Home Agent
  - Cambi di configurazione nella rete home, interruzioni di servizio
  - Home Agent Address Discovery Request, in anycast
  - Home Agent Address Discovery Reply, comprendente la lista degli Home Agent, in unicast



23

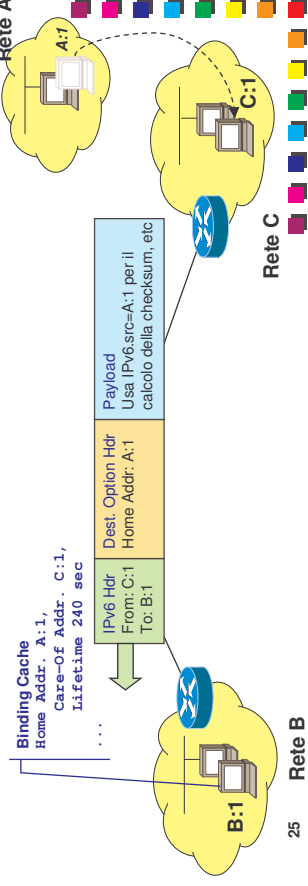
## Invio dei pacchetti dati da parte del Mobile Node

- Necessità contrastanti
  - Necessario mantenere l'Home Address per problemi di compatibilità con le applicazioni
    - TCP identifica le sessioni anche sulla base degli indirizzi sorgente e destinazione
  - Reti con Network Ingress Filtering abilitato
    - Consentono il passaggio di pacchetti in uscita verso Internet solamente se l'indirizzo sorgente appartiene alla rete stessa
  - E' necessario quindi utilizzare il Care-Of Address
- Soluzioni
  - Route Optimization
  - Inoltro senza l'uso di Mobile IPv6
  - Reverse Tunnelling

24

## Route Optimization

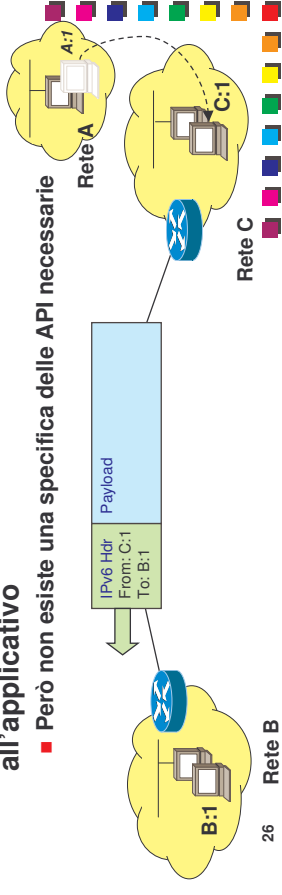
- Possibile se
  - Il Correspondent Node ha supporto IPv6
  - Il Correspondent Node ha un binding attivo nella sua Binding Cache verso il Care-Of Address del nodo mobile
- Introdotta un nuovo Destination Option Header
  - Protocolli L4 operano come se l'indirizzo fosse l'Home Address



25

## Inoltro senza l'uso di Mobile IPv6

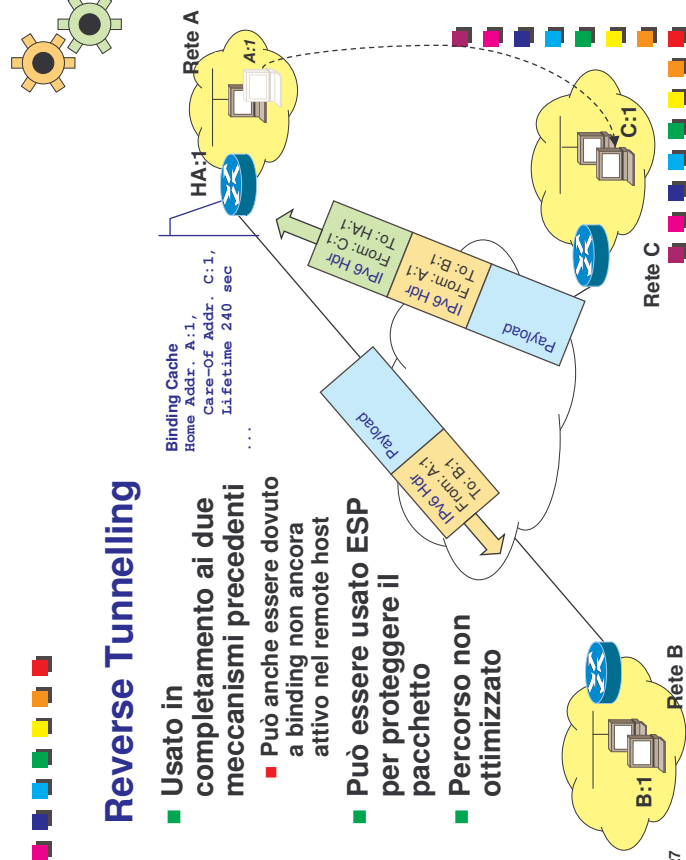
- Mobile host usa il Care-Of Address per le comunicazioni
- Possibile se
  - Le applicazioni hanno sessioni "corte" (es. DNS)
  - L'interazione è prevalentemente di tipo client-server
  - L'applicativo è in grado di recuperare eventuali errori
- La scelta di questo meccanismo è lasciata all'applicativo
  - Però non esiste una specifica delle API necessarie



26

## Reverse Tunneling

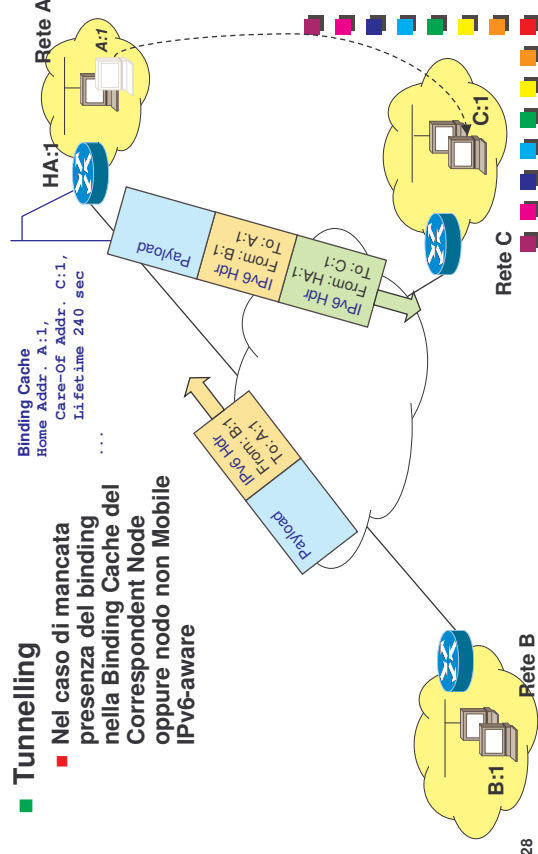
- Usato in completamente ai due meccanismi precedenti
  - Può anche essere dovuto a binding non ancora attivo nel remote host
- Può essere usato ESP per proteggere il pacchetto
- Percorso non ottimizzato



27

## Invio pacchetti da parte del Correspondent Node (1)

- Tunneling
  - Nel caso di mancata presenza del binding nella Binding Cache del Correspondent Node oppure nodo non Mobile IPv6-aware

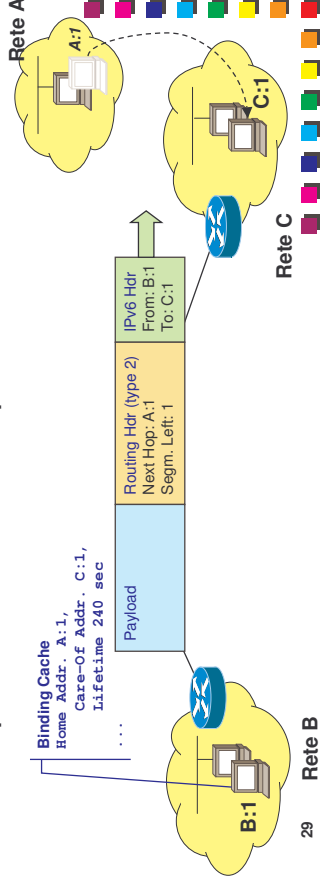


28



## Invio pacchetti da parte del Correspondent Node (2)

- Route Optimization
  - Viene definito un nuovo Routing Header (Type = 2)
    - Concettualmente simile al Type= 0, ma procesamiento semplificato
  - Processingo locale al nodo mobile
  - Necessario per garantire la visibilità del solo indirizzo permanente in riferimento ai protocolli di livello 4



29

## Registrazione dell'indirizzo temporaneo presso il Correspondent Node

- Necessario per poter attivare la route optimization
  - Attivata automaticamente alla ricezione di un pacchetto inoltrato dall'Home Agent tramite tunnelling
- Invio di messaggio Binding Update
- Se il Correspondent Node accetta il messaggio
  - Aggiorna la sua Binding Cache
  - Genera un messaggio di Binding Acknowledgement
  - Il Mobile Host aggiorna la sua Binding Update List
- Se il Correspondent Node non accetta il messaggio (ad esempio in caso non abbia capacità Mobile IPv6)
  - Viene generato un messaggio ICMPv6 Parameter Problem
  - Il Mobile Host aggiorna la sua Binding Update List
    - È necessario ricordare di non inviare un altro messaggio di Binding Update a quell'host, almeno per un certo periodo di tempo

30

## Aggiornamento e cancellazione del Care-Of Address

- Aggiornamento
  - Procedura identica alla registrazione
  - Messaggio Binding Update, quindi Binding Acknowledgement
- Cancellazione
  - Quando il nodo mobile ritorna alla rete "home"
  - Messaggio Binding Update con le seguenti caratteristiche:
    - Bit A (Acknowledgement): settato
    - Bit H (Home Registration): settato
    - Lifetime: impostato a zero
    - Care-Of Address: impostato al valore dell'Home Address
  - Non è possibile utilizzare l'indirizzo permanente sulla rete "home" fino a quando la cancellazione avrà effetto
    - L'Home Agent continua a "difendere" l'Home Address

31

## Richiesta di aggiornamento del Binding da parte del Correspondent Node

- Messaggio Binding Refresh Request
  - Inviato dal Correspondent Node per richiedere un rinnovo dell'indirizzo al nodo mobile
  - Utilizzato nel caso in cui l'host remoto stia utilizzato una entry della sua Binding Cache che è in scadenza

32



## Mobile IP vs. Mobile IPv6 (1)

- There is no need to deploy special routers as "foreign agents", as Mobile IPv6 operates in any location without any support required from the local router.
- Support for route optimization is a fundamental part of the protocol, rather than a nonstandard set of extensions.
- Mobile IPv6 route optimization can operate securely even without pre-arranged security associations. It is expected that route optimization can be deployed on a global scale between all mobile nodes and correspondent nodes.
- Support is also integrated into Mobile IPv6 for allowing route optimization to coexist efficiently with routers that perform "ingress filtering" [26].
- The IPv6 Neighbor Unreachability Detection assures symmetric reachability between the mobile node and its default router in the current location.

33

## Mobile IP vs. Mobile IPv6 (2)

- Most packets sent to a mobile node while away from home in Mobile IPv6 are sent using an IPv6 routing header rather than IP encapsulation, reducing the amount of resulting overhead compared to Mobile IPv4.
- Mobile IPv6 is decoupled from any particular link layer, as it uses IPv6 Neighbor Discovery [12] instead of ARP. This also improves the robustness of the protocol.
- The use of IPv6 encapsulation (and the routing header) removes the need in Mobile IPv6 to manage "tunnel soft state".
- The dynamic home agent address discovery mechanism in Mobile IPv6 returns a single reply to the mobile node. The directed broadcast approach used in IPv4 returns separate replies from each home agent.

34

## Protocolli di Routing

- All'interno di un Routing Domain
  - RIPng
  - OSPFv3

35

## Le difficoltà della transizione

- Necessità della transizione da IPv4 a IPv6
- E' previsto un lungo periodo di coesistenza ma....
- IPv4 e IPv6 non interoperano tra loro !
- Soluzione : tecniche multiprotocol
  - Dual Stack
  - Conversion
  - Tunneling

36

## Dual-stack

- Stack IPv6 e stack IPv4 su ogni host
- Supporto completo per entrambi i protocolli
- Limiti :
  - non riduce fabbisogno di indirizzi IPv4
  - aumenta complessità della rete
- Altre soluzioni dual-stack :
  - DSTM (Dual Stack Transition Mechanism)
  - ALG (Application Level Gateway)

## NAT-PT

- Network Address Translator – Protocol Translator
- Alternativa al Dual-Stack
- Traduce traffico IPv6 in IPv4 e viceversa
- E' una variante del NAT IPv4
  - stessi problemi di NAT IPv4
- E' una soluzione temporanea

# Tunneling

- Permette di collegare reti IPv6 tra loro, anche se interconnesse da nuvole IPv4
- Meccanismi di tunneling in uso :
  - tunneling manuale
  - 6over4 (RFC 2529)
  - 6to4
  - Tunnel Broker (RFC 3053)

## La rete 6bone

