Università di Genova
Facoltà di Ingegneria

Architetture e Prot. Wireless

Gestione della mobilità nelle reti IP

Prof. Raffaele Bolla

L'esigenza di mobilità nelle reti di tlc

- Le reti di tlc non prevedevano originariamente il concetto di mobilità
  - terminali ingombranti, necessità del collegamento cablato.
- L'evoluzione tecnologica ha reso sempre più interessante il concetto di mobilità:
  - la riduzione delle dimensioni dei terminali,
  - la crescente estensione delle rete di tlc,
  - l'avvento delle tecnologie di accesso senza fili,
  - la massiccia diffusione di dispositivi elettronici.

Diverse tecnologie, diverse soluzioni

- Le prime soluzioni per la mobilità sono state adottate nelle rete per la telefonia radiomobile
  - dispositivi portatili, accesso radio, necessità di copertura cellulare del territorio, grandi reti amministrate da pochi *provider*.
- Nelle reti dati non c'è stato uno sviluppo analogo
  - diverse soluzioni a livello di linea (Ethernet, Token Ring, WiFi, ...), difficoltà nella standardizzazione di meccanismi tra diversi domini amministrativi, dispositivi storicamente non utilizzabili in movimento.

Concetti di mobilità

- La mobilità nelle reti di TLC è un concetto abbastanza ampio:
  - **mobilità del terminale**
    - » possibilità di cambiare il punto di accesso alla rete senza interrompere i flussi dati attivi;
    - » es.: reti cellulari;
  - **mobilità del servizio**
    - » possibilità di accedere allo stesso servizio attraverso diversi terminali/interfacce/provider;
    - » es.: posta elettronica, agende elettroniche e preferenze;
  - **mobilità della sessione**
    - » possibilità di trasferire un flusso dati da un terminale ad un altro senza interruzione del servizio;
    - » es.: SIP;
  - **mobilità dell'utente**
    - » possibilità di localizzare l'utente su diversi terminali tramite un unico identificativo logico;
    - » es.: URL e proxy forking SIP.

Le soluzioni al problema

- **Mobilità del terminale**
  - handover (verticale, orizzontale)
    - » GSM, 802.21
- Mobilità del servizio
  - accesso centralizzato alle informazioni personali
    - » mantenimento delle informazioni su server: messaggi di posta elettronica (POP3/IMAP), preferenze e impostazioni (SIP);
- Mobilità della sessione
  - trasferimento delle informazioni di contesto
    - » SIP re-INVITE/REFER;
- Mobilità dell'utente
  - identificazione dell'utente invece del terminale
    - » SIM, USIM, URL SIP.

Mobilità del terminale

- Rappresenta un problema classico nelle reti cellulari.
- Nelle reti dati il problema originario si limitava al roaming
  - movimento in assenza di comunicazione.
- L'interesse verso un vero e proprio handover si è avuto come conseguenza:
  - dell'avvento delle tecnologie radio anche nelle reti dati (per es. WiFi e WiMax),
  - del crescente interesse verso l'utilizzo di trasmissioni multimediali in tempo reale (VoIP).

Mobilità del terminale

- Micromobilità
  - cambiamento del punto di accesso alla rete, nella stessa rete logica
  - tipicamente interessa solo il livello di linea
- Macromobilità
  - cambiamento del punto di accesso alla rete e della rete logica
  - coinvolge sia il livello di linea che il livello di rete.

Mobilità del terminale

- Il problema della mobilità del terminale nelle reti dati può essere gestito:
  - a **livello di linea**:
    - » 802.21, UMA;
  - a livello di rete:
    - » Mobile IP, Cellular-IP, HAWAII ;
  - a livello di trasporto:
    - » TCP-Migrate, MSOCKS (TCP Splice), SCTP;
  - a livello di applicazione:
    - » SIP, WiOptiMo.

Mobilità a livello di linea

- Poche tecnologie prevedono la possibilità di cambiare il punto di accesso
  - 802.11
    - » prevede servizi (Reassociation) per gestire il roaming all'interno di un BSS;
    - » non prevede meccanismi/soluzioni specifiche;
  - 802.16e
    - » Mobile 802.16 (riassociazione ad una diversa BS).

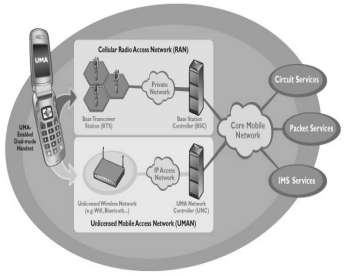
Mobilità a livello di linea

- Il problema più sentito riguarda la possibilità di gestire l'**handover verticale:**
  - IEEE 802.21: Media Independent Handover;
  - UMA: Unlicensed Mobile Access;
  - WiOptiMo: Wireless Optimizer of Mobility.
- Tutti questi sistemi sono orientati alla convergenza del processo di handover tra
  - reti radiomobili cellulari;
  - reti dati senza fili.

Mobilità a livello di linea
UMA – *Unlicensed Mobile Access*

- UMA è la nomenclatura commerciale dello standard GAN di 3GPP.
- **Generic Access Network**
  - estende i servizi mobili fonici e le applicazioni dati e IMS su reti di accesso IP;
  - l'applicazione più tipica è rappresentata dai terminali bimodali in grado di commutare in modo continuo tra reti GSM/WiFi;
  - permette la convergenza della telefonia fissa, mobile e Internet (*Fixed Mobile Convergence*).
- Lo sviluppo di GAN è stato estremamente veloce:
  - nel 2004 sono state pubblicate le specifiche iniziali;
  - nel 2005 è stato inglobato nella Release 6 di 3GPP;
  - nel 2006 sono stati presentati i primi terminali bimodali;
  - nel 2007 gli operatori radiomobili hanno cominciato ad offrire il servizio
    - » Orange, T-Mobile, Telecom Italia, Telia Sonera, Cincinnati Bell;
  - per il 2008 sono previsti i primi esperimenti di femtocelle.

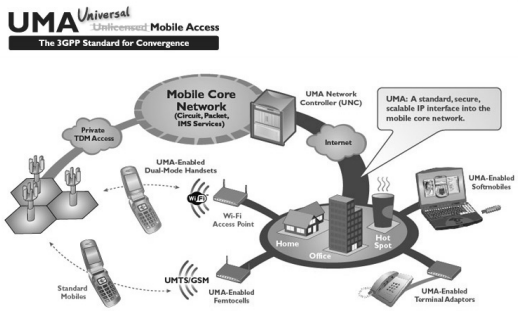
Mobilità a livello di linea
UMA – *UMA Network Controller*



- UMA definisce un nuovo elemento architetturale: l'UMA Network Controller (UNC).
- L'UNC
  - interfaccia la rete 3GPP alla rete IP pubblica;
  - estende i servizi mobili a commutazioni di circuito, pacchetto e IMS a reti a larga banda;
  - offre l'accesso ai terminali UMA attraverso la rete dati pubblica.

Mobilità a livello di linea

UMA – L'architettura



Mobilità a livello di linea

UMA – I terminali

- **Dispositivi portatili bimodali** (GSM/WiFi)
  - alte prestazioin e bassi costi in presenza di reti WiFi (abitazioni, uffici, accessi pubblici);
  - *roaming* e *handoff*.
- **Femtocelle UMA**
  - *Access Point* con funzioni di BS per celle di dimensione estremamente ridotta (comparabile con celle WiFi);
  - installazioni private;
  - tramite UMA connettono BS private al resto della rete radiomobile tramite reti a larga banda.
- **Adattatori UMA**
  - estendono i servizi degli operatori mobili alla telefonia fissa;
  - operano come sistemi VoIP, ma connettono l'utente direttamente alla rete dell'operatore mobile.
- **Applicazioni UMA**
  - estendono la connettività dell'operatore mobile con applicazioni software;
  - funzionano in modo simile agli adattatori, ma sono realizzati come applicativi per calcolatori
    - » richiedono comunque l'utilizzo di una SIM, tramite appositi adattatori USB;
  - sfruttano reti dati a larga banda (mobili o fisse).

Mobilità a livello di linea

UMA – L'offerta italiana

- Telecom Italia annunciò la propria offerta UMA (UNICO) all'inizio del 2007
  - Wind non replicò con proprie offerte.
- L'Agcom impose a TI di offrire il servizio all'ingrosso agli altri operatori
  - in risposta TI abbandonò la propria offerta.
- TI annunciò in seguito la volontà di offrire un servizio analogo prodotto "in casa"
  - basato sulla propria infrastruttura IMS/SIP;
  - disponibile come applicazione per Symbian;
  - al momento non ci sono ulteriori notizie...

Mobilità a livello di linea

802.21 – *Media Independent Handover Services*

- Il numero di interfacce di rete offerto sui dispositivi è in continuo aumento.
- Esistono diversi meccanismi per cambiare il punto di accesso (PoA, *Point-of-Attachment*)
  - a livello di linea,
  - a livello di rete,
  - al momento non c'è convergenza tra i meccanismi sviluppati nell'ambito di diverse tecnologie e/o livelli protocollari.
- Nelle reti dati l'handover coinvolge almeno i livelli 2-3 della pila ISO-OSI.

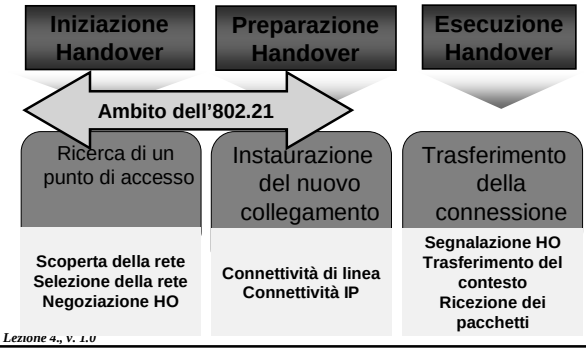
Mobilità a livello di linea

802.21 – Gli obiettivi

- Un unico standard per tutta la famiglia 802.
- Definire un insieme omogeneo e comune per selezionare la rete in maniera efficace.
- Interoperabilità con altre tecnologie e con i protocolli di rete.

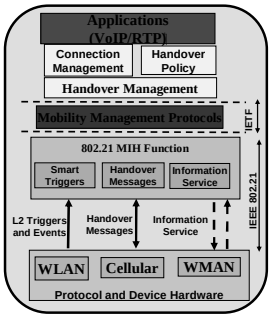
Mobilità a livello di linea

802.21 – L'ambito



Mobilità a livello di linea

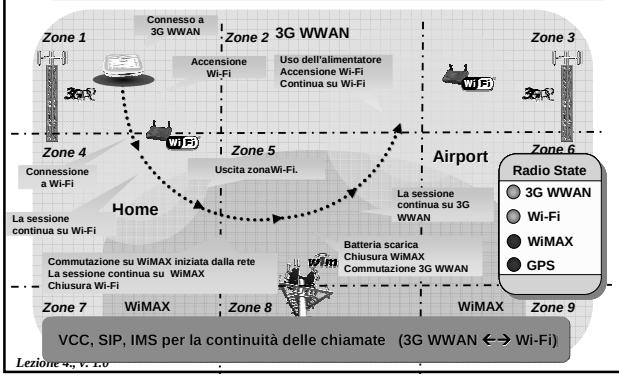
802.21 – I servizi



- Trigger
  - eventi di cambio stato
    - » *link up, link down, link parameter change, ...*
  - eventi predittivi
    - » *link is going down, ...*
  - eventi inziati dalla rete
    - » *load balancing, operator preferences, ...*

Mobilità a livello di linea

802.21 – Esempio applicativo



Mobilità a livello di linea

802.21 – I servizi

- Servizi informativi
  - lista delle reti disponibili
    - » *802.11, 802.16, GSM, GPRS/EDGE, UMTS...*
  - posizione fisica dei punti di accesso
    - » *coordinate, via, ...*
  - identificativo dell'operatore
  - accordi di *roaming*
  - costi, sicurezza, QoS, capacità del PoA
  - elementi informativi specifici del costruttore.
- Messaggi
  - ho controllato dal terminale
    - » il terminale usa servizi MIHF,
  - ho iniziato dal terminale, assistito dalla rete
    - » il terminale usa servizi informativi MIHF,
  - ho iniziato e controllato dalla rete
    - » la rete usa servizi informativi, eventi e comandi MIHF,
    - » la rete decide la necessità dell'HO e la destinazione,
  - formato dei messaggi
    - » intestazione fissa, intestazione variabile, corpo del messaggio.

Mobilità del terminale

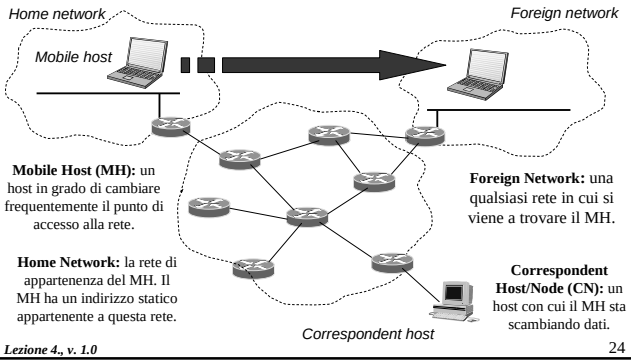
- Il problema della mobilità del terminale nelle reti dati può essere gestito:
  - a livello di linea:
    - » 802.21, UMA;
  - a **<u>livello di rete</u>**:
    - » Mobile IP, Cellular-IP, HAWAII ;
  - a livello di trasporto:
    - » TCP-Migrate, MSOCKS (TCP Splice), SCTP;
  - a livello di applicazione:
    - » SIP, WiOptiMo.

Mobilità a livello di linea

802.21 – Estensioni

- Sono previste estensioni a livello di linea per trasportare la segnalazione MIP e supportarla al meglio
  - 802.11u: annuncio MIH nelle beacon, trasporto trasparente o tramite livelli di gestione;
  - 802.16g: annuncio MIH nei pacchetti DCD, trasporto trasparente o tramite piano di controllo;
  - 3GPP: accesso agli elementi informativi, preferenze del gestore sulle reti presenti;
  - IETF (MIPSHOP): integrazione con meccanismi L3, trasporto su IP dei messaggi MIH, esplorazione a livello IP, sicurezza.

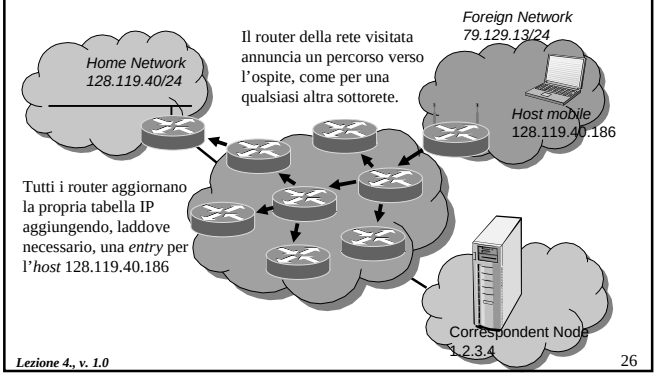
Mobilità a livello di rete – Terminologia



Mobilità a livello di rete

- Il problema consiste
  - nell'identificare un host in modo indipentente dalla sua posizione all'interno della rete;
  - relegare alla rete stessa il compito di localizzare la posizione attuale dell'host.
- Soluzioni:
  - affidarsi ai protocolli di routing esistenti;
  - utilizzo dell'infrastruttura DNS;
  - multicast;
  - indirizzamento a due livelli.

Utilizzo dei protocolli di routing



Utilizzo dei protocolli di routing

- Ci sono diverse controindicazione per questa soluzione:
  - il router sulla rete visitata dovrebbe essere in grado di riconoscere la presenza di un ospite;
  - il router sulla rete visitata dovrebbe possedere un indirizzo noto all'ospite e appartenente alla sua stessa sottorete;
  - l'utilizzo delle tabelle di instradamento diventerebbe altamente inefficiente e la loro dimensione potrebbe crescere a dismisura.
- Non rappresenta una soluzione accettabile!
  - Potrebbe essere utilizzato solo su reti di piccole dimensioni.

Nomi e indirizzi

- Un nome rappresenta un identificatore di un host indipentente dalla sua locazione.
- Un indirizzo rappresenta la locazione di un host all'interno della rete.
- I nomi sono associati agli indirizzi attraverso un meccanismo di risoluzione distribuito: DNS.
- L'idea è quella di aggiornare dinamicamente gli indirizzi nei DNS.

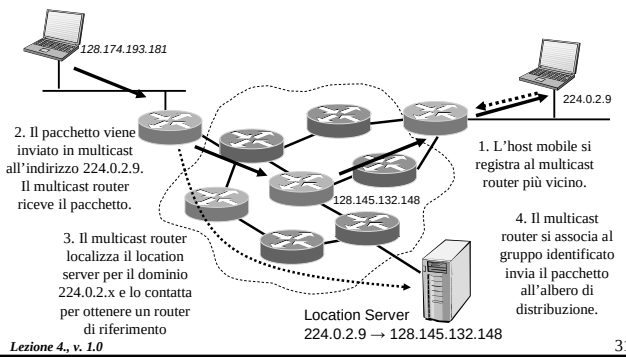
Aggiornamento dinamico dei DNS

- Problemi:
  - storicamente il DNS non gestiva l'aggiornamento dinamico;
  - l'infrastruttura è stata creata per ottimizzare gli accessi, non l'aggiornamento;
  - le informazioni vengono mantenute nelle cache (dell'host e degli intermediari);
  - non esistono meccanismi per notificare l'aggiornamento di tale informazione.
- Il meccanismo di risoluzione non è in grado di risolvere il problema!

Approcci basati sul multicast

- Gli indirizzi multicast non dipendono dalla posizione degli host all'interno della rete.
- Il multicast prevede una infrastruttura efficiente per distribuire i flussi dati e aggiornare il numero e la posizione dei partecipanti:
  - diversi protocolli sono disponibili:
    - » MOSPF, DVMRP, PIM, CBT.

Mobility Support using Multicasting in IP



Funzionalità dell'indirizzo IP

- La corrispondenza tra nome ed indirizzo è statica.
- L'indirizzo IP ha un ruolo doppio
  - identificazione dell'host
    - » utilizzata soprattutto dai livelli superiori;
  - instradamento
    - » necessaria per la consegna dei pacchetti.
- Può essere utile separare le funzionalità?
  - IETF Name Space Research Group, "What's in a name: Thoughts from the NSRG".

Separazione delle funzionalità dell'indirizzo

- Introduzione di un ulteriore livello di indirizzi
  - Nimrod, HIP, IPNL.
- *Two-Tier Addressing*
  - separazione dei due ruoli in altrettante funzionalità distinte
  - associare due indirizzi allo stesso host:
    - » uno (statico) viene utilizzato come identificatore;
    - » l'altro (dinamico) viene utilizzato per l'instradamento.

Host Identity Protocol

- Lo schema di indirizzamento in uso per Internet è ormai antiquato
  - è stato pensato per reti di host fissi;
  - è composto da due spazi principali
    - » indirizzi ip,
    - » nomi DNS (FQDN), comprendono identificativi email e SIP.
  - limitazioni di questo schema
    - » poco pratico per la mobilità, non prevede l'anonimato, non supporto l'autenticazione.
- HIP si pone come soluzione per
  - mobilità
  - sicurezza.

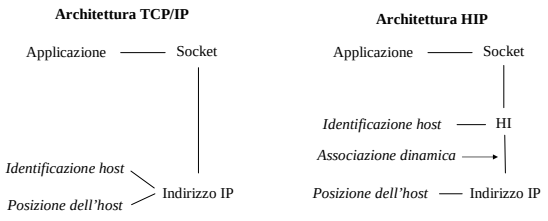
Host Identity Protocol

Lo spazio dei nomi

- Introduce un nuovo spazio di nomi (*Host Identity*)
  - tra il livello di rete e trasporto;
  - può essere usato un qualsiasi identificatore univoco
    - » nella pratica è preferibile usare una chiave pubblica associata all'host;
  - possono essere pubbliche (assegnate da CA esterne e pubblicate in apposite directory) o anonime (assegnate dal singolo host).

Host Identity Protocol

Lo spazio dei nomi

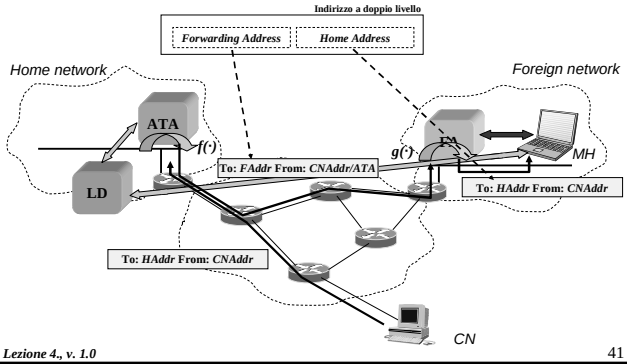


In questa architettura, gli host vengono identificati a livello di trasporto e di applicazione dall'HI; una relazione dinamica tra questo identificativo e un indirizzo IP permette di integrare le funzionalità di identificazione ed instradamento.

Host Identity Protocol
Host Layer Protocol

- L'Host Layer Protocol è responsabile della comunicazione tra le entità HI
  - autenticazione delle parti,
  - creazione di associazioni di sicurezza IPSec (SA)
    - » handshake a 4 vie basato sullo scambio di chiave Diffie-Hellman,
  - aggiornamento delle associazioni dinamiche (mobilità).
- L'identità HI può essere trasportata direttamente nell'intestazione ESP (Encapsulating Security Payload – IPSec)
- HIP prevede l'utilizzo di ESP per tutte le comunicazioni!

Indirizzamento a doppio livello - Architettura

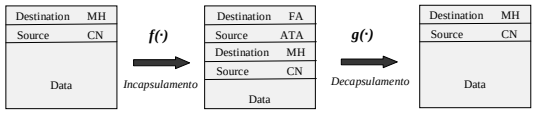


Host Identity Protocol
Vantaggi e limitazioni

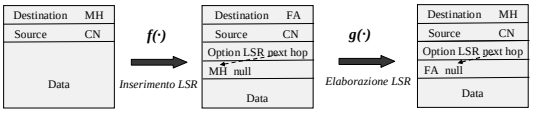
- Selezione ottima del percorso.
- Nessun overhead ad esclusione di IPSec.
- Stretta integrazione con IPSec.
- Poche implementazioni disponibili ed esperienze in questo ambito.
- Richiede modifiche radicali allo stack protocollare.
- Alto overhead per piccoli scambi dati (UDP).
- Problemi di scalabilità per l'infrastruttura DNS.

Indirizzamento a doppio livello – Traduzione degli indirizzi

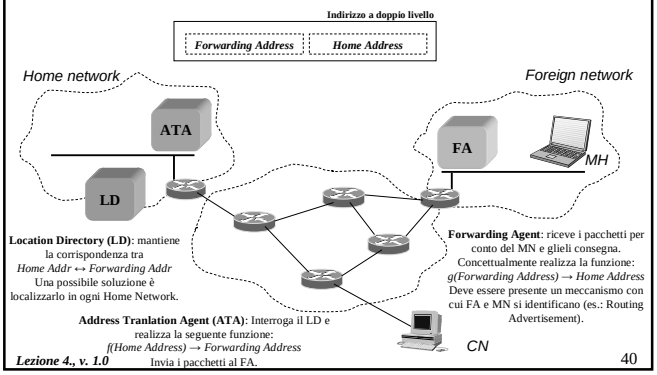
- Incapsulamento



- *Loose Source Routing*



Indirizzamento a doppio livello - Architettura



Indirizzamento a doppio livello
Mobile IP (MIP) – RFC 3344

- Rappresenta l'attuale soluzione standardizzata dall'IETF.
- Funzionalità richieste:
  - Home Agent: è un router sulla Home Network che svolge le funzioni di localizzazione, traduzione degli indirizzi (ATA) e incapsulamento (*f*);
  - Foreign Agent: svolte le funzioni di decapsulamento (*g*).
- L'indirizzo di forwarding
  - viene denominato *Care-of Address* (CoA);
  - può essere quello del FA (FA-CoA);
  - può venire assegnato al MH stesso (Co-CoA).

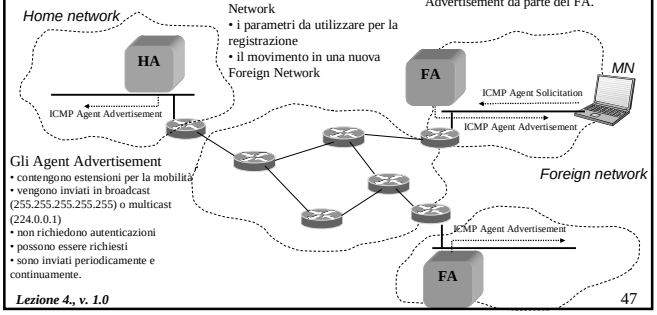
Indirizzamento a doppio livello

Mobile IP (MIP) – *Agent Discovery*

Gli Agent Solicitation sono identici ai Router Solicitation

Tramite questi messaggi i MN determina
- se si trova nella Home Network
- i parametri da utilizzare per la registrazione
- il movimento in una nuova Foreign Network

Rilevazione del movimento:
- ricezione di un prefisso di rete diverso;
- mancata ricezione degli Agent Advertisement da parte del FA.



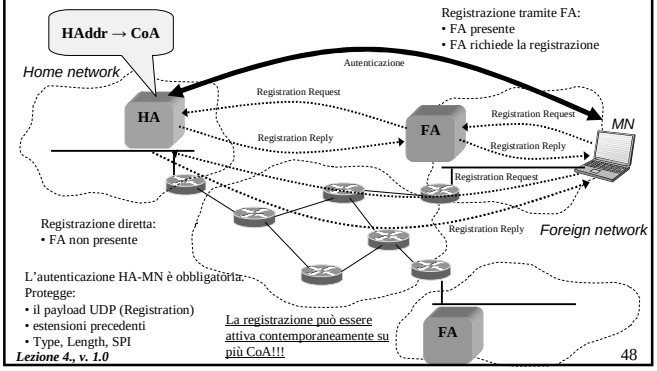
Gli Agent Advertisement
- contengono estensioni per la mobilità
- vengono inviati in broadcast (255.255.255.255.255) o multicast (224.0.0.1)
- non richiedono autenticazioni
- possono essere richiesti
- sono inviati periodicamente e continuamente.

Indirizzamento a doppio livello

Mobile IP (MIP) – *Registrazione*

HAddr → CoA

Registrazione tramite FA:
- FA presente
- FA richiede la registrazione



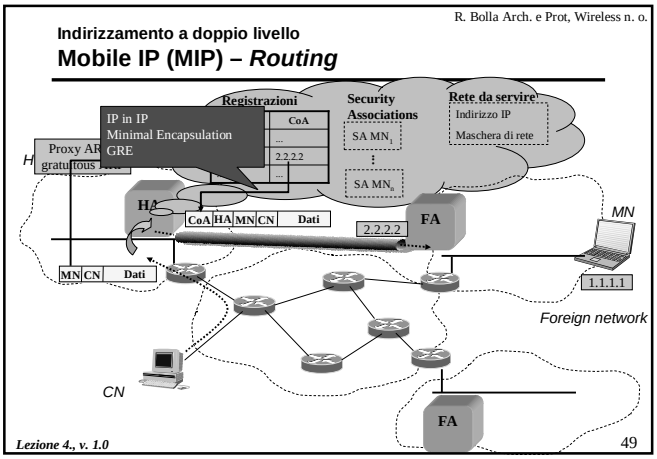
Registrazione diretta:
- FA non presente

L'autenticazione HA-MN è obbligatoria.
Protegge:
- il payload UDP (Registration)
- estensioni precedenti
- Type, Length, SPI

La registrazione può essere attiva contemporaneamente su più CoA!!!

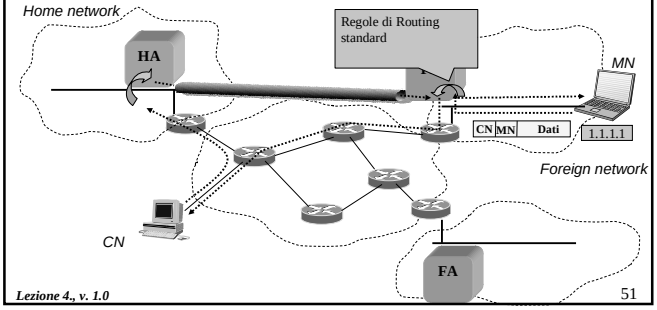
Indirizzamento a doppio livello

Mobile IP (MIP) – *Routing*



Indirizzamento a doppio livello

Mobile IP (MIP) – *Routing*

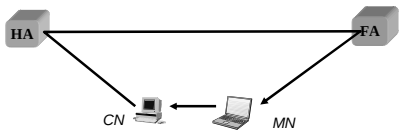


Indirizzamento a doppio livello

Mobile IP (MIP) – *Routing*

Indirizzamento a doppio livello

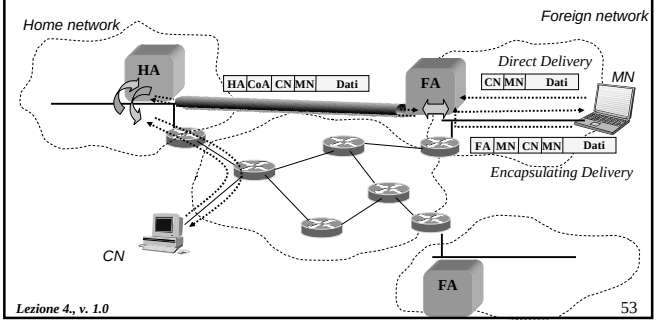
Mobile IP (MIP) – *Routing*



- Problema del "Triangular routing"
  - gestione inefficiente delle risorse di rete
    - » es. comunicazione con host della Foreign Network
  - filtraggi "anti-spoofing" dei firewall.
- Soluzioni:
  - tunnel simmetrico
  - ottimizzazione del percorso (non esiste standard per MIPv4).

Indirizzamento a doppio livello

Mobile IP (MIP) – *Reverse Tunneling*



Indirizzamento a doppio livello

Mobile IP (MIP) – Problematiche di sicurezza

- Nodi mobili usano spesso collegamenti radio:
  - intercettazioni, attacchi a ripetizione.
- Il MIP non dovrebbe introdurre ulteriori debolezze rispetto al protocollo originale
  - l'inoltro dei pacchetti al di fuori del meccanismo di routing rappresenta una possibilità di attacco
    - » intercettazione (l'intruso si registra come MN per ricevere tutto il suo traffico);
    - » *Deny-of-Service* (sommergere di richieste l'HA);
    - » *spoofing* (l'intruso sfrutta il tunnel tra MN e HA).

Indirizzamento a doppio livello

Mobile IP (MIP) – Meccanismi di sicurezza

- MIP prevede la sola autenticazione per i messaggi di registrazione
  - *Security Association*
    - » identificata da SPI e indirizzi IP;
- L'autenticazione può essere fornita:
  - tra MN e HA (*obbligatoria*);
  - tra HA e FA (facoltativa);
  - tra MN e FA (facoltativa).
- L'autenticazione avviene tramite le "Authentication Extension"
  - HMAC-MD5 con chiave a 128 bit.

Indirizzamento a doppio livello

Mobile IP (MIP) – Estensioni al meccanismo

- Il meccanismo base si presta bene per risolvere il problema della macromobilità
  - il protocollo è stato pensato in origine per il roaming.
- Ci sono significative limitazioni nel caso di frequenti modifiche nel punto di accesso
  - latenza, perdita di pacchetti, eccessivo traffico di segnalazione,
  - il ritardo nasce dallo scambio di messaggi tra MN/HA/FA necessario per aggiornare la posizione.
- In questo scenario sono più appropriati protocolli per la micromobilità
  - localizzazione in ambito locale.

Indirizzamento a doppio livello

Mobile IP (MIP) – Estensioni al meccanismo

- *Host-based routing*
  - vengono mantenute informazioni di instradamento specifiche per singoli host;
  - Cellular IP, HAWAII.
- *Hierarchical tunneling*
  - l'instradamento avviene mediante tunnel tra diversi punti di riferimento (tipicamente FA) organizzati in modo gerarchico;
    - » MIP Regional Registration, IDMP.
- *Smooth handover*
  - i precedenti punti di accesso vengono istruiti per inoltrare i pacchetti diretti al vecchio CoA al nuovo CoA, eventualmente sfruttando meccanismi di livello due (trigger e invio simulaneo su più canali);
  - MIP Low Latency Handoff, MIP Fast Handovers.

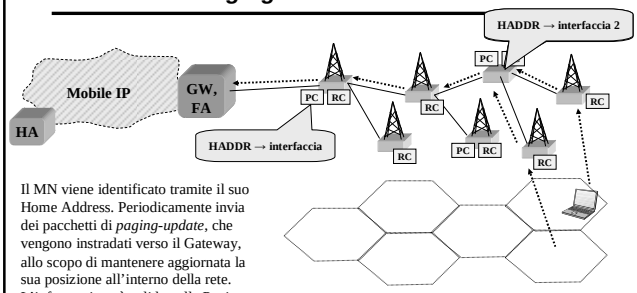
Micromobilità

Cellular IP

- Separa il problema della mobilità in due ambiti:
  - macromobilità: MobileIP
  - micromobilità: CellularIP.
- Cellular IP è ottimizzato per reti radio con elevata mobilità dei nodi.
- In analogia ai sistemi radiomobili cellulari:
  - la posizione è nota approssimativamente per gli host inattivi,
  - la posizione è aggiornata di continuo per gli host attivi.

Micromobilità

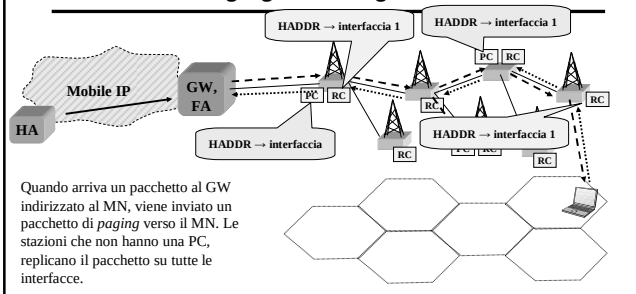
Cellular IP – *Paging Cache*



Il MN viene identificato tramite il suo Home Address. Periodicamente invia dei pacchetti di *paging-update*, che vengono instradati verso il Gateway, allo scopo di mantenere aggiornata la sua posizione all'interno della rete. L'informazione è valida nelle Paging Cache per un certo tempo massimo.

Micromobilità

Cellular IP – *Paging* e *Routing Cache*

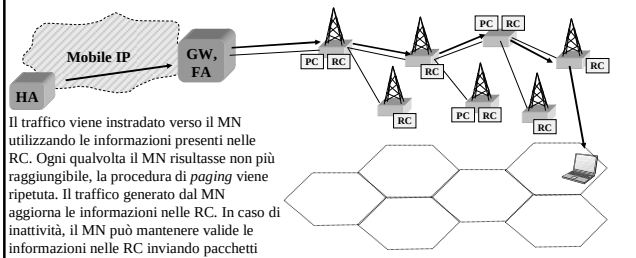


Quando arriva un pacchetto al GW indirizzato al MN, viene inviato un pacchetto di *paging* verso il MN. Le stazioni che non hanno una PC, replicano il pacchetto su tutte le interfacce.

Il MN risponde con un pacchetto di *route-update*; le stazioni attraversate da tale pacchetto registrano l'interfaccia su cui l'hanno ricevuto nella Routing Cache, in modo da creare un percorso su cui instradare il traffico diretto al MN.

Micromobilità

Cellular IP – *Routing* e *handover*



Il traffico viene instradato verso il MN utilizzando le informazioni presenti nelle RC. Ogni qualvolta il MN risultasse non più raggiungibile, la procedura di *paging* viene ripetuta. Il traffico generato dal MN aggiorna le informazioni nelle RC. In caso di inattività, il MN può mantenere valide le informazioni nelle RC inviando pacchetti *route-update* verso il GW.

L'handoff viene gestito in maniera automatica; non appena il MN arriva nella nuova cella, il traffico generato (o appositi pacchetti di *route-update*) aggiorna le RC. Le informazioni nelle RC non vengono cancellate, ma scadono dopo un certo periodo di inattività, molto minore rispetto a quello delle PC.

Micromobilità

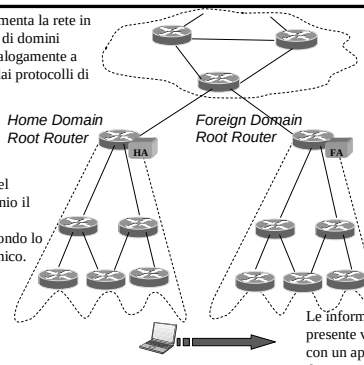
HAWAII

- Handoff-Aware Wireless Access Internet Infrastructure.
- Integra il MobileIP con uno schema di micromobilità.
- Sfrutta un approccio simile al Cellular IP:
  - mantenere lo stesso indirizzo IP all'interno di un dominio,
  - ogni router mantiene una informazione di localizzazione specifica per ogni MN presente.
- Ottimizzato per: limitare l'interruzione del traffico, scalabilità, QoS, affidabilità.

Micromobilità

HAWAII – Architettura

HAWAII segmenta la rete in in un insieme di domini gerachico, analogamente a quanto fatto dai protocolli di routing.



Nella transizione tra diversi domini il MN utilizza lo schema del MIP. Un FA assegna al MN un CoA colocato al primo ingresso nella Foreign Network.

Il MN invia i messaggi di *path setup* e *path refresh* verso il Foreign DRR; i nodi attraversati inseriscono un campo specifico al MN nella loro tabella di instradamento.

All'interno del proprio dominio il MN riceve i pacchetti secondo lo schema canonico.

Le informazioni relative ad ogni MN presente vengono mantenute dai router con un approccio soft-state (necessitano di un aggiornamento periodico).

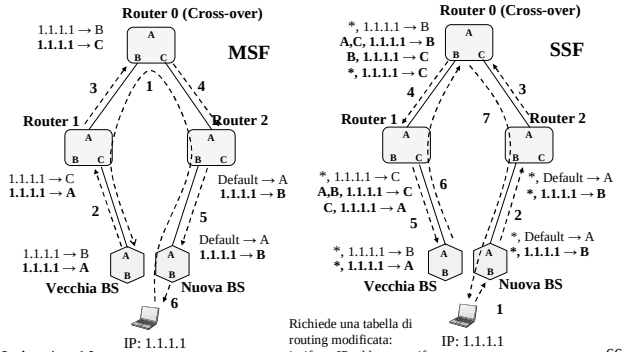
Micromobilità

HAWAII – Handover

- Il problema dell'handover si traduce in opportuni meccanismi di aggiornamento delle tabelle di instradamento dei router.
- Cross-over router: l'ultimo router presente sul tratto comune tra il precedente e il nuovo percorso tra DRR e MN.
- Schemi proposti:
  - *forwarding scheme: Multiple Stream Forwarding* e *Single Stream Forwarding*
    - » i pacchetti vengono inoltrati dalla precedente stazione base alla nuova prima di essere reindirizzati dal router di cross-over;
  - *non-forwarding scheme*: *Unicast Non-Forwarding* e *Multicast Non-Forwarding*
    - » i pacchetti vengono reinstradati al router di cross-over.

Micromobilità

HAWAII – Schemi di *forwarding* per l'handover



Richiede una tabella di routing modificata: in-iface, IP addr → out-iface

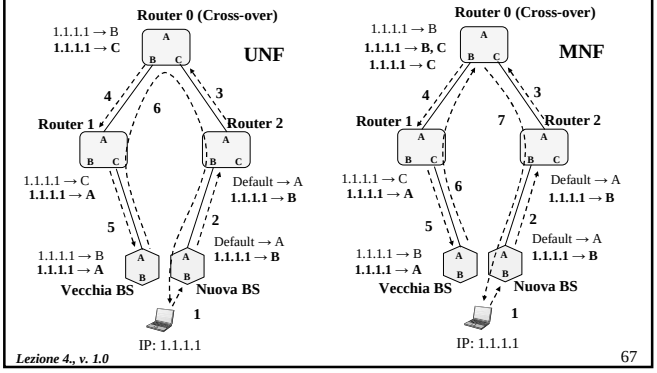
Micromobilità

Mobile IP (MIP) – *Smooth Handoff*

- Anche la modifica nella connettività fisica introduce latenza. Per es. in 802.11
  - scansione degli AP disponibili;
  - selezione del nuovo AP;
  - associazione
    - » controllo di accesso (802.1X),
    - » autenticazione (802.11i).
- Mobile IP può controllare solo gli aspetti inerenti il livello di rete
  - *Low Latency Mobile IPv4 Handoffs*

Micromobilità

HAWAII – Schemi di *forwarding* per l'handover



Micromobilità

Mobile IP (MIP) – *Low Latency Handoff*

- Introduce nuovi elementi al protocollo:
  - *PrRtAdv* e *PrRtSol*, sono Agent Advertisement di una terza entità
    - » incorporano le estensioni *Generalized Link Layer and IPv4 Address (LLA)* per trasportare indirizzi IPv4 e di linea di qualsiasi tipo (Ethernet, IMSI, EUI-64, BSSID);
  - *L2-triggers*, indicazioni dal livello di linea
    - » MT (*Mobile*), ST (*Source*), TT (*Target*), LU (*Link-Up*), LD (*Link-Down*).
- Tre modalità di handover:
  - *Pre-registration*
  - *Post-registration*
  - *Combinata.*

Micromobilità

Mobile IP (MIP) – *Smooth Handoff*

- Mobile IP nasce per permettere il *roaming* dei terminali.
- La transizione senza interruzione tra due punti di accesso presenta delle problematiche relative
  - al rilevamento del movimento (cambiamento rete logica/FA);
  - configurazione dell'indirizzo (DHCP o CoCoA);
  - registrazione presso HA.
- La latenza complessiva è data dalla somma dei tre fattori.

Micromobilità

Mobile IP (MIP) – Limitazioni per handover

- Ogni meccanismo MIP per velocizzare l'handover consiste in una proposta
  - non sono ancora usati né testati approfonditamente.
- Tutti questi meccanismi si fondano sulla presenza di indicazione dal livello di linea
  - non tutti i livelli di linea potrebbero essere in grado di fornire questo tipo di informazione;
  - la latenza potrebbe essere comunque elevata.

Indirizzamento a doppio livello

Mobile IPv6 (MIPv6)

- Stesso approccio di MIP
  - gli aspetti peculiari di IPv6 migliorano il meccanismo
    - » scompare la funzionalità di *Foreign Agent*;
    - » il CoA è sempre co-locato;
    - » supporto intrinseco alla ottimizzazione del percorso;
    - » sicurezza
- Modalità di registrazione
  - Home Registration
  - Correspondent Registration

Mobilità delle reti

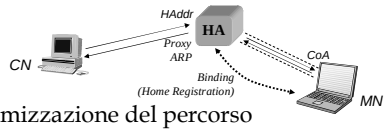
Mobile IP

- Un *Mobile Router* è responsabile di gestire la mobilità di una o più reti che si muovono in modo congiunto.
- Un *Mobile Router* agisce come un qualsiasi nodo mobile, ma si comporta come router nei confronti delle sottoreti collegate.
- Il *Mobile Router* può operare come *Foreign Agent*, permettendo a nodi mobili di transitare nella rete mobile.

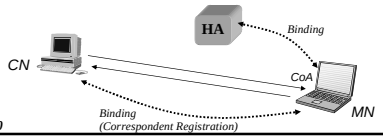
Indirizzamento a doppio livello

Mobile IPv6 (MIPv6)

- Modalità di comunicazione
  - tunnel bidirezionale



  - ottimizzazione del percorso



Mobilità delle reti

Mobile IP

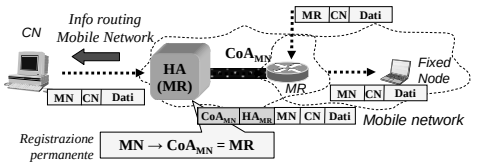
- Due modalità di funzionamento:
  - i nodi della rete si comportano come nodi mobili registrati con CoA del MR;
  - il MR utilizza protocolli di routing standard attraverso il suo HA.
- La mobilità della rete è trasparente ad eventuali nodi mobili presenti.

Mobilità delle reti

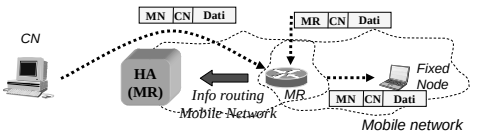
- Il problema della mobilità può coinvolgere intere reti
  - es. PAN/BAN: cellulare, palmare, portatile, ...
- In questa situazione è ragionevole pensare ad una soluzione diversa dal gestire la mobilità per ogni singolo nodo.
- IPv4: *Mobile Router* (MIP).
- IPv6: *Network Mobility* (NEMO).

Mobilità delle reti

Mobile IP – Modalità di funzionamento



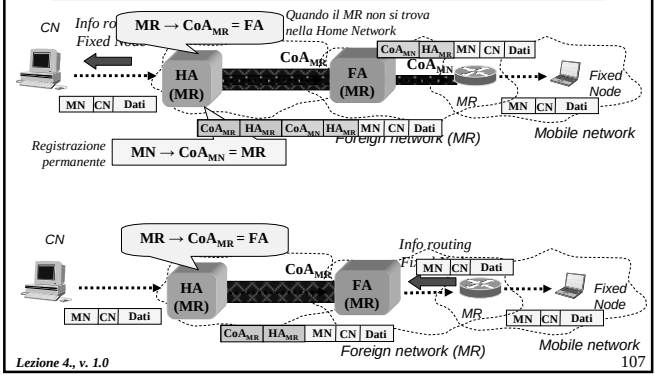
L'HA del MR agisce come FA permanente per il FN. Le informazioni di routing relative alla Mobile Network vengono propagate dall'HA stesso.



Il MR si comporta come un qualsiasi router per la Mobile Network, propagando informazioni di raggiungibilità.

Mobilità delle reti

Mobile IP – Modalità di funzionamento

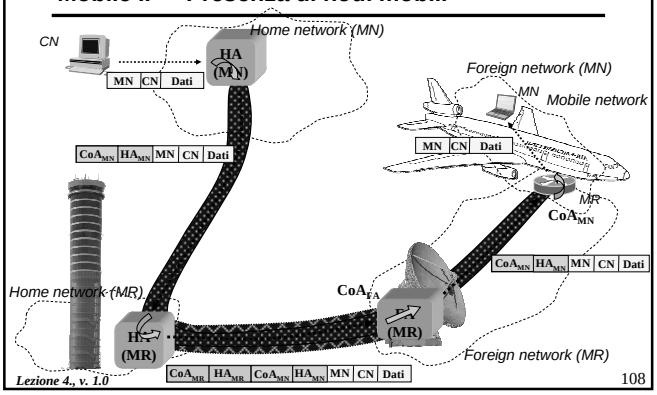


Mobilità a livello di trasporto

- *Transport Layer Mobility* (TLM).
- Sposta la gestione del problema della mobilità a livello di trasporto (TCP/UDP):
  - ai livelli sottostanti rimanere l'onere di mantenere la connettività
    - » fisica: handover intra o inter-tecnologia,
    - » logica: acquisizione dei parametri IP (indirizzo, maschera di rete, gateway predefinito);
  - la mobilità non è più trasparente alle applicazioni.
- Da non confondere con la mobilità di sessione!

Mobilità delle reti

Mobile IP – Presenza di nodi mobili



Mobilità a livello di trasporto

- Questo approccio permette
  - di applicare le procedure di mobilità in modo differenziato per le diverse connessioni
    - » in genere è vantaggiosa solo per connessioni lunghe;
  - alle applicazioni di scegliere lo schema di mobilità più appropriato;
  - di ottimizzare il comportamento delle applicazioni in funzione del movimento
    - » il TCP potrebbe ripartire con lo slow-start in seguito al movimento, non conoscendo lo stato di congestione del nuovo segmento di rete;
    - » applicazioni multimediali potrebbero modificare la trasmissione (es. codifica) in funzione della nuova tipologia di collegamento (banda, ritardo, latenza, affidabilità).

Mobilità del terminale

- Il problema della mobilità del terminale nelle reti dati può essere gestito:
  - a livello di linea:
    - » 802.11, 802.21
  - a livello di rete:
    - » Mobile IP, Cellular-IP, HAWAII ;
  - a **livello di trasporto**:
    - » TCP-Migrate, MSOCKS (TCP Splice), SCTP;
  - a livello di applicazione:
    - » SIP.

Mobilità a livello di trasporto

- Non sono richieste modifiche ai livelli sottostanti
  - questi meccanismi possono essere utilizzati su tutte le reti in esercizio.
- La gestione della mobilità può avvenire:
  - end-to-end, tutti i sistemi terminali devono essere modificati
    - » es.: TCP Migrate, mSCTP;
  - tramite intermediari, solo i sistemi mobili devono essere modificati
    - » es.: MSOCKS.

Mobilità a livello di trasporto

TCP Migrate

- Rappresenta un'estensione al TCP.
- L'architettura prevede:
  - indirizzamento dei terminali,
  - localizzazione degli host mobili,
  - migrazione della connessione.
- Indirizzamento
  - denota il punto di attacco dell'host alla rete
    - » l'indirizzo può essere assegnato dinamicamente (DHCP, configurazione senza stato) o manualmente.
- La localizzazione avviene tramite il DNS
  - le risoluzioni (record A) hanno TTL nullo
    - » non vengono mantenuti nelle cache intermedie
    - » i record NS hanno TTL più lungo
      - si evita l'interrogazione dei RNS.

Mobilità a livello di trasporto

TCP Migrate

- La migrazione della connessione rappresenta il punto più critico
  - ogni connessione TCP è identificata dalla quadrupla

    <*saddr, sport, daddr, dport*>
  - si introduce un *token* quale elemento descrittivo di ogni connessione instaurata

    <*saddr, sport, token*>
  - ogni richiesta di migrazione specifica il token
    - » il ricevente può così associare la richiesta ad una precedente connessione ed autenticarla.

Mobilità a livello di trasporto

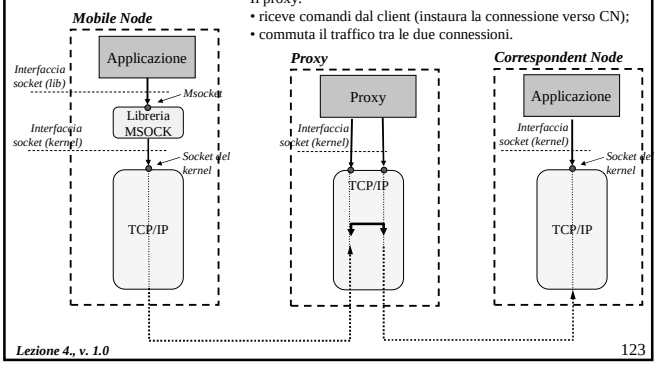
MSOCKS

- Prevede l'utilizzo di un intermediario.
- La connessione TCP viene spezzata (TCP-Splice):
  - tra MN e proxy;
  - tra proxy e CN.
- Il MN può utilizzare punti di accesso diversi per ogni singola connessione.
- Estende le funzionalità del protocollo SOCKS.
- Funziona anche in presenza di firewall/NAT.

Mobilità a livello di trasporto

MSOCKS – Architettura

Il proxy:
- riceve comandi dal client (instaura la connessione verso CN);
- commuta il traffico tra le due connessioni.



Mobilità a livello di trasporto

MSOCKS – Considerazioni

- La concentrazione del traffico sul proxy
  - può creare limitazioni alla scalabilità;
  - può introdurre ulteriori latenze, soprattutto nella fase di recupero della connessione.
- Il livello di sicurezza è analogo a quello del protocollo SOCKS
  - pensato per attraversare un firewall.
- Le modifiche richieste agli host sono minime
  - la libreria Msocket può essere installata sui MN senza richiedere modifiche strutturali del SO.

Mobilità a livello di trasporto

Mobile SCTP

- Le soluzioni "classiche" hanno riscosso scarso interesse:
  - a livello di rete (MIP) richiedono cambiamente architetturali;
  - a livello di trasporto (TCP Migrate) richiedono modifiche in protocolli largamente utilizzati.
- I dispositivi mobili in genere possono sfruttare contemporaneamente interfacce su reti diverse.
- *Stream Control Transmission Protocol*
  - orientato alla trasmissione di blocchi;
  - pensato per la trasmissione della segnalazione SS7 su reti a IP;
  - utilizza meccanismi di controllo di flusso e congestione simili a quelli del TCP;
  - separa le funzionalità di recupero di errore da quelle di sequenzializzazione della trasmissione;
  - prevede il *multihoming*.

Mobilità a livello di trasporto

Mobile SCTP

- Lo schema del Mobile SCTP è in grado di mantenere la connettività se uno solo dei due nodi è mobile
  - lo schema non funzionerebbe nel caso di mobilità simultanea dei due nodi.
- Possibili integrazione del meccanismo:
  - ulteriori estensioni (Mobile SCTP+);
  - Mobile IP;
  - DNS dinamico;
  - RSerPool.

Mobilità del terminale

- Il problema della mobilità del terminale nelle reti dati può essere gestito:
  - a livello di linea:
    - » 802.11, 802.21
  - a livello di rete:
    - » Mobile IP, Cellular-IP, HAWAII ;
  - a livello di trasporto:
    - » TCP-Migrate, MSOCKS (TCP Splice), SCTP;
  - a **livello di applicazione**:
    - » SIP.

Mobilità a livello di applicazione

- Le applicazioni hanno maggior libertà nel controllare se e come gestire la mobilità.
- Separazione delle funzionalità di
  - identificazione: URL e DNS;
  - instradamento: architettura IP.
- Soluzione distribuita
  - si evita il problema del *triangular routing*;
  - si evita di avere un punto critico o collo di bottiglia;
  - minor *overhead* e latenze nella comunicazione.
- Maggior semplicità nell'implementazione (non richiede modifiche ai SO).
- Ogni applicazione deve essere in grado di gestire la mobilità.
- La gestione della micromobilità richiede comunque la presenza di appositi intermediari.

Mobilità a livello di applicazione

- Non esistono schemi universali per gestire la mobilità del terminale a livello di applicazione
  - ogni meccanismo dipende intrinsecamente dalla caratteristiche dell'applicazione stessa,
    - » per es. utilizzo di TCP o UDP;
  - diverse applicazioni hanno una diversa sensibilità all'interruzione del servizio
    - » es. navigazione web (HTTP), risoluzione dei nomi (DNS), VoIP (SIP/H323, RTP), ecc.
- SIP è una applicazione per cui la mobilità è stata prevista in tutte le sue accezioni.

Mobilità a livello di applicazione

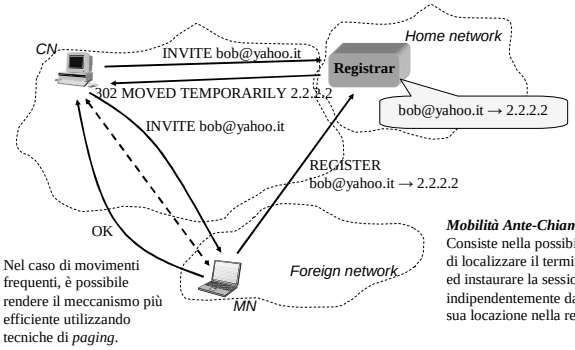
SIP

- SIP è un protocollo relativamente recente.
- Nasce come estensione della telefonia alle reti dati.
- Estende le funzionalità base di mobilità già presenti nelle reti radiomobili.

Mobilità \ Tecnologia	**Reti cellulari (GSM)**	**SIP**
Terminale	Handover	Handover
Personale	SIM (m:1)	URI (1:n o m:1)
Sessione	–	Controllo da terza parte Metodo REFER
Servizi	SIM (rubrica, messaggi)	Registrar server, CPL (rubrica, preferenze, gestione delle chiamate).

Mobilità a livello di applicazione

SIP

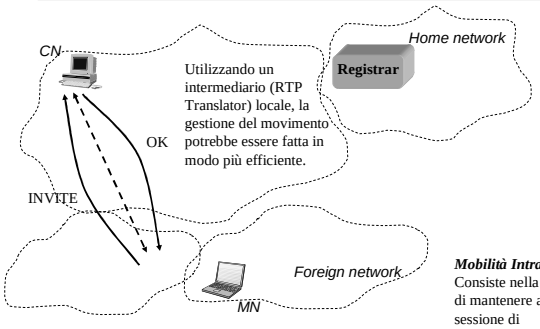


Nel caso di movimenti frequenti, è possibile rendere il meccanismo più efficiente utilizzando tecniche di *paging*.

Mobilità Ante-Chiamata
Consiste nella possibilità di localizzare il terminale ed instaurare la sessione indipendentemente dalla sua locazione nella rete.

Mobilità a livello di applicazione

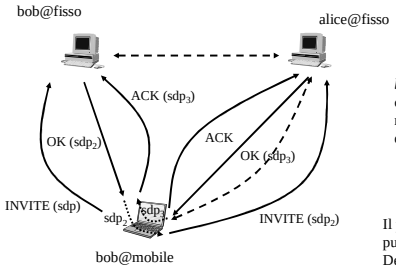
SIP



Mobilità Intra-Chiamata
Consiste nella possibilità di mantenere attiva la sessione di comunicazione.

Mobilità della sessione

SIP – Migrazione controllata da terza parte



bob@mobile può anche dividere la connessione in componenti e reindirizzarli su terminali differenti.

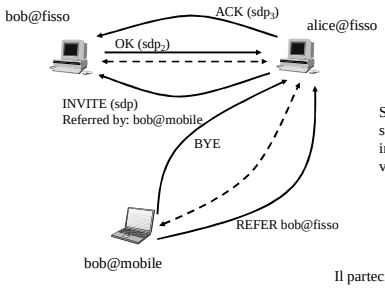
Il partecipante originale rimane il punto di riferimento.
Deve rimanere attivo per terminare la sessione.

Mobilità della sessione

- Indica la capacità di trasferire una sessione di comunicazione da un terminale all'altro.
- È strettamente correlato ad una visione che pone l'utente al centro del sistema
  - l'applicazione segue l'utente, non il terminale.
- Non è possibile realizzarla a tutti i livelli
  - necessita di individuare un "contesto";
  - in genere è possibile solo per i livelli di trasporto e applicazione.

Mobilità della sessione

SIP – Metodo REFER



Se la connessione viene suddivisa su diversi terminali, è necessario invitarli entrambi (es. audio e video).

Il partecipante originale esce di scena e viene completamente sostituito dal nuovo.

Mobilità della sessione

SIP

- SIP è un protocollo in grado di gestire la mobilità della sessione
  - call-center con smistamento delle chiamate;
  - migrazione della sessione su un diverso terminale.
- SIP prevede due modalità per migrare una sessione
  - controllata da terza parte;
  - tramite il metodo REFER.