

Segnalazione

segnalazione: scambio di messaggi tra entità di rete per fornire un servizio orientato alla connessione

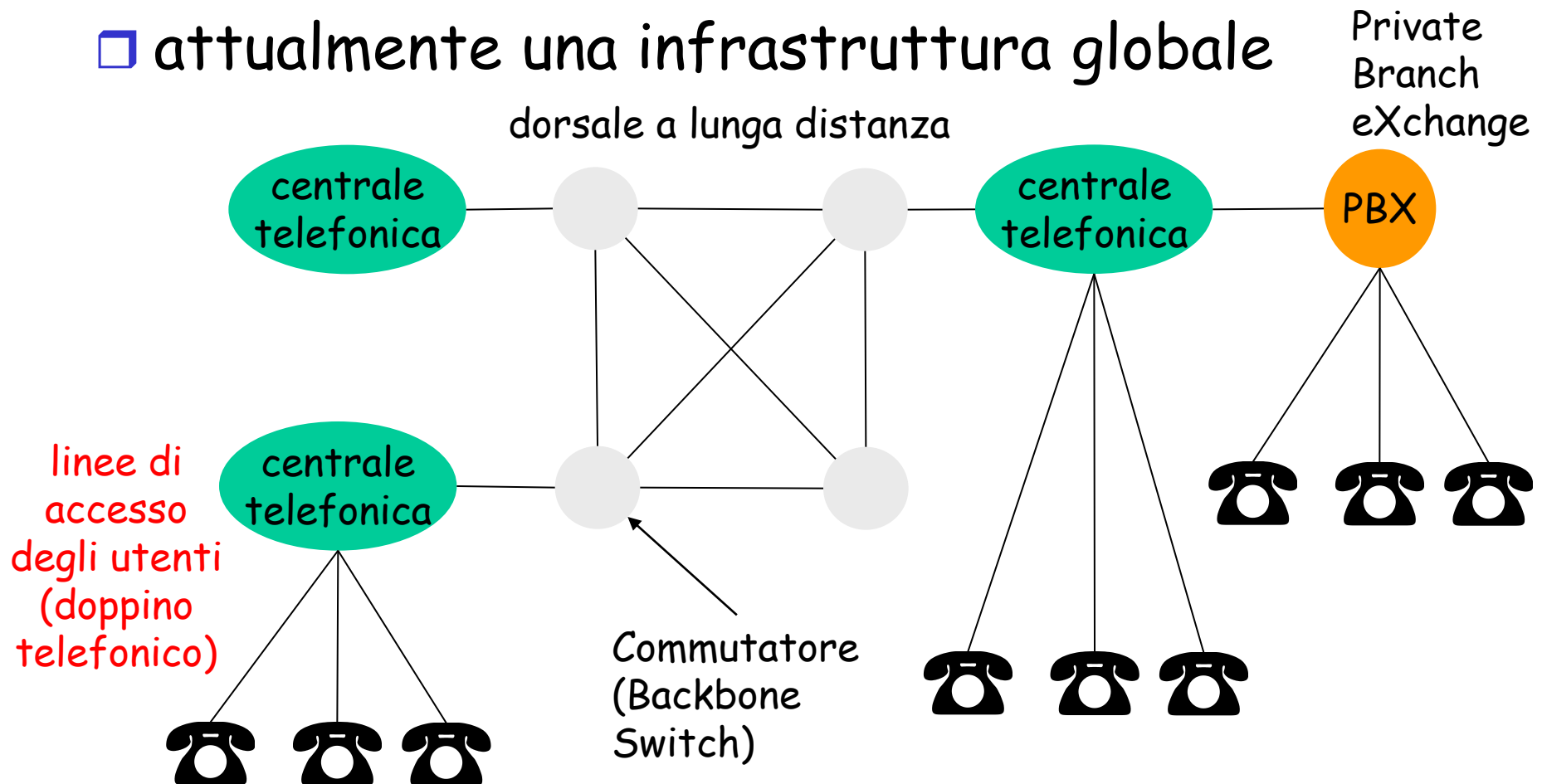
- **prima, durante, dopo la connessione/chiamata**
 - instaurazione/terminazione della chiamata (stato)
 - mantenimento della chiamata (stato)
 - misure, tariffazione (stato)
- **tra:**
 - utente-finale <-> elemento di rete
 - utente-finale <-> utente-finale
 - elemento di rete <-> elemento di rete

Esempi

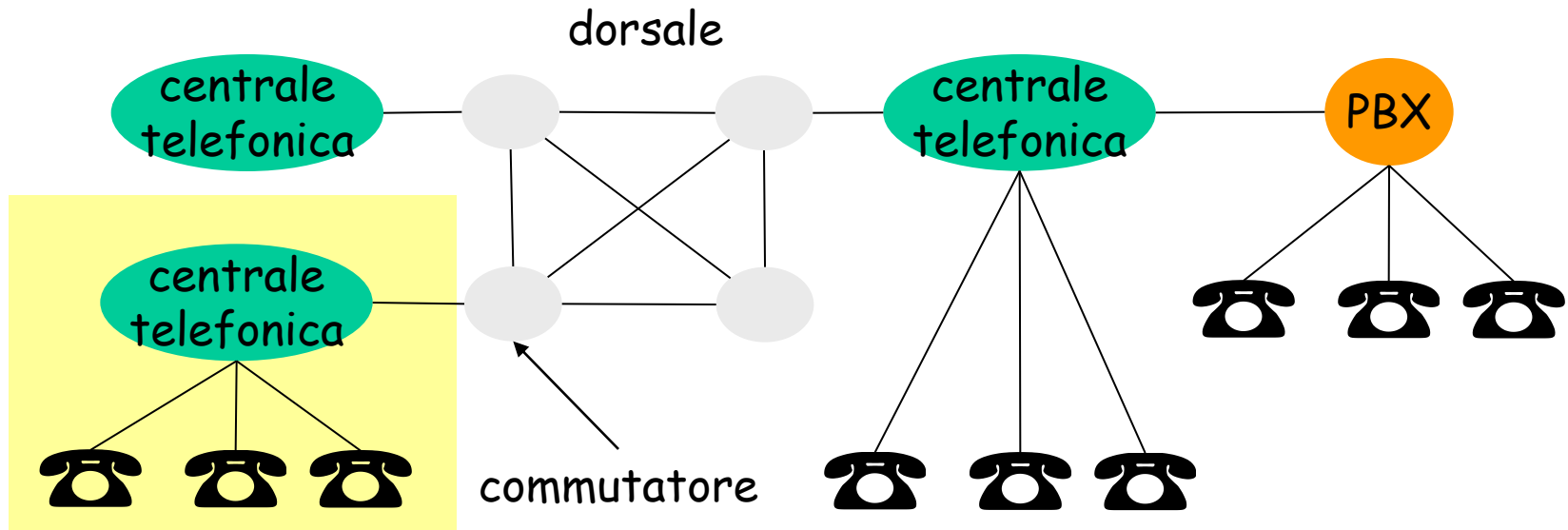
- ❑ SS7 (Sistema di segnalazione n. 7): rete telefonica
- ❑ Q.2931: ATM
- ❑ reti cellulari (2G, 3G, 4G,...)
- ❑ RSVP (Resource Reservation Protocol) (Internet)
- ❑ SIP (Session Initiation Protocol) (Internet)

Rete telefonica (acronimi: RTG, PSTN, POTS)

- ❑ creata nel 1876
- ❑ attualmente una infrastruttura globale

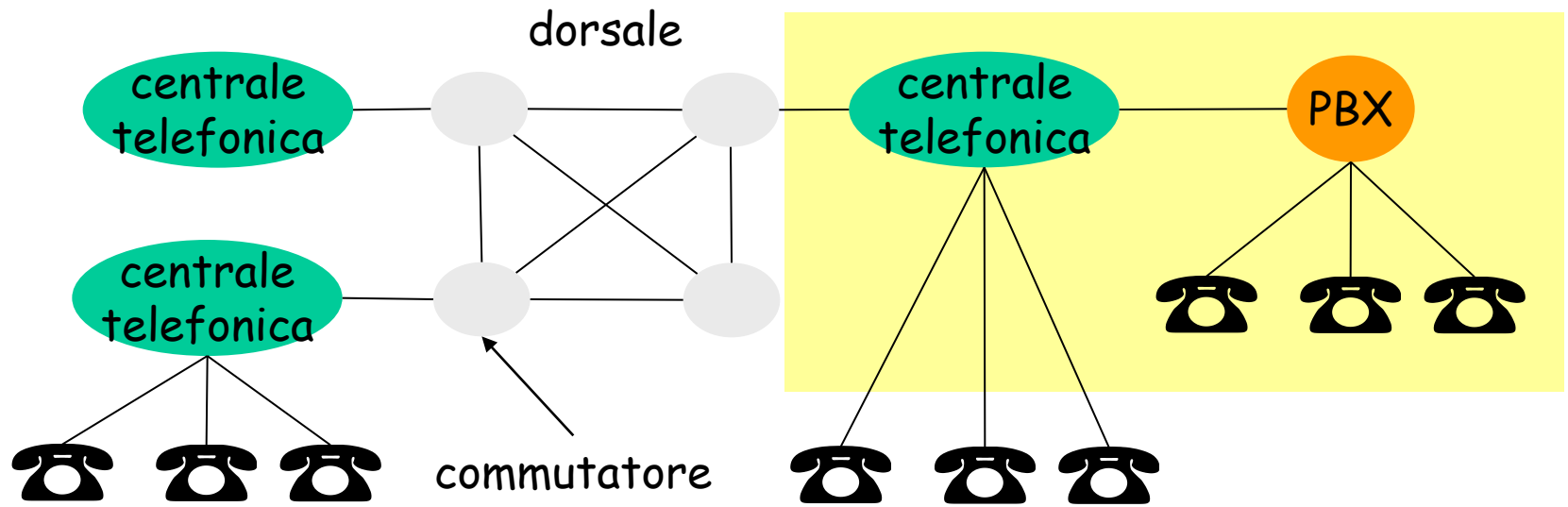


Centrale telefonica e "ultimo miglio" (local loop)



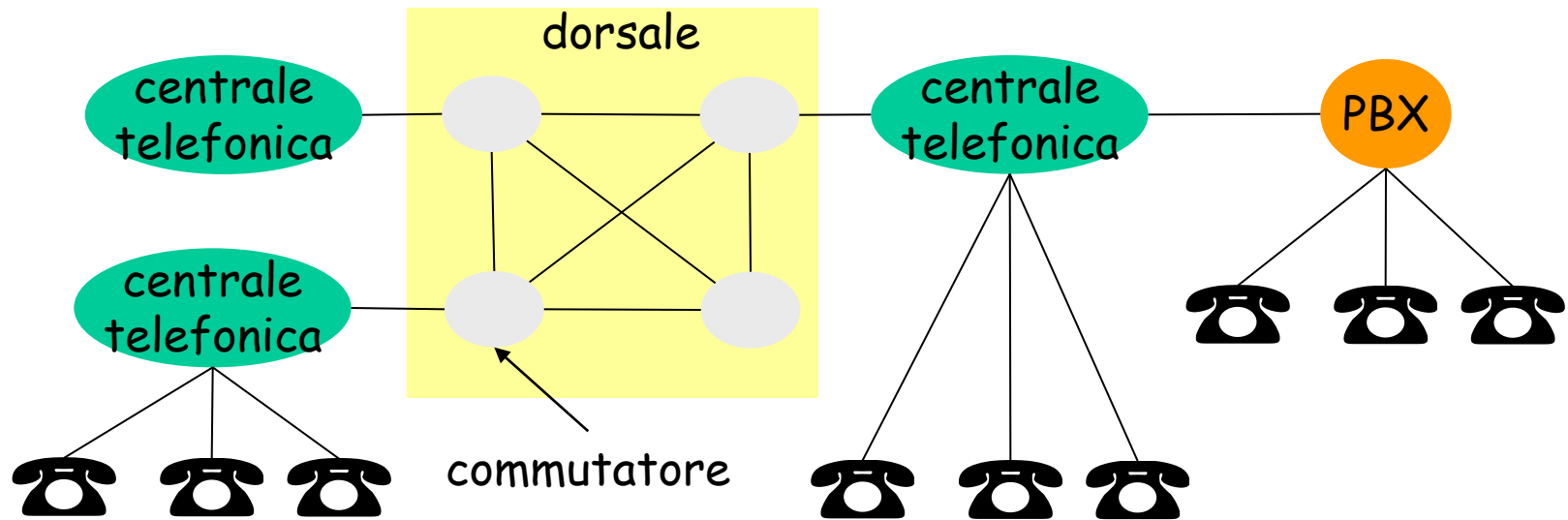
- ❑ Ogni utenza telefonica (abbonato) ha una connessione diretta con una centrale telefonica (local loop)
- ❑ local loop: tipicamente lungo 1 - 10 km
- ❑ centrale telefonica: locale (cui si attaccano utenti) o di transito (nella rete)

PBX



- ❑ **PBX (Private Branch Exchange)** centrale telefonica privata all'interno di azienda/ente che permette a molti utenti di condividere un numero fisso di linee di accesso verso la rete pubblica
- ❑ riduce il costo/utente per l'accesso alla rete

Dorsale telefonica



- ❑ Centrali di transito e linee ad alta velocità che forniscono connettività a lunga distanza
- ❑ ~10/100 commutatori in ogni nazione
- ❑ Ogni commutatore gestisce 100,000+ chiamate

Come si trasmette la voce?

Due modi:

- **trasmissione analogica:** banda di 3.5 kHz allocata a ciascun canale vocale
- **trasmissione digitale:** sorgente analogica convertita in flusso digitale
 - schema standard PCM: 8000 campioni al secondo, 8 bit per campione → 64 Kbps

La rete telefonica digitale

Fino agli anni '60:

- rete telefonica interamente analogica
- moltiplicazione a divisione di frequenza (FDM)

Oggi:

- local loop possono ancora essere analogici
- resto della rete digitale (basato su TDM)

Migrazione verso la rete digitale

- ISDN (Integrated services Digital Network) tecnologia a commutazione di circuito interamente digitale. Disponibile a partire dai primi anni '90, ma senza grande successo
- ADSL - (asymmetrical digital subscriber line): la tecnologia più diffusa (in EU)
- telefonia su IP: digitale, ma **non** a commutazione di circuito

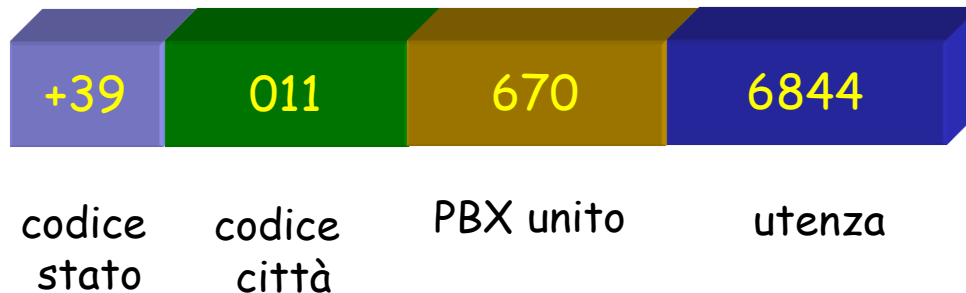
Multiplazione digitale

- Sulla dorsale telefonica i canali vocali sono aggregati su linee a varia velocità
- Es: gerarchia US

	Numero di canali vocali	Banda
DS0	1	64 kbps
DS1	24	1.544 Mbps
DS2	96	6.312 Mbps
DS3	672	44.736
DS4	4032	274.176
DS5	5760	400.352

Indirizzamento e instradamento

- Ogni utenza ha come indirizzo il numero telefonico
 - numeri con struttura gerarchica
 - **esempio:**



- gli indirizzi (numeri) telefonici sono usati per instradare la chiamata da chiamante a chiamato

Rete telefonica intelligente

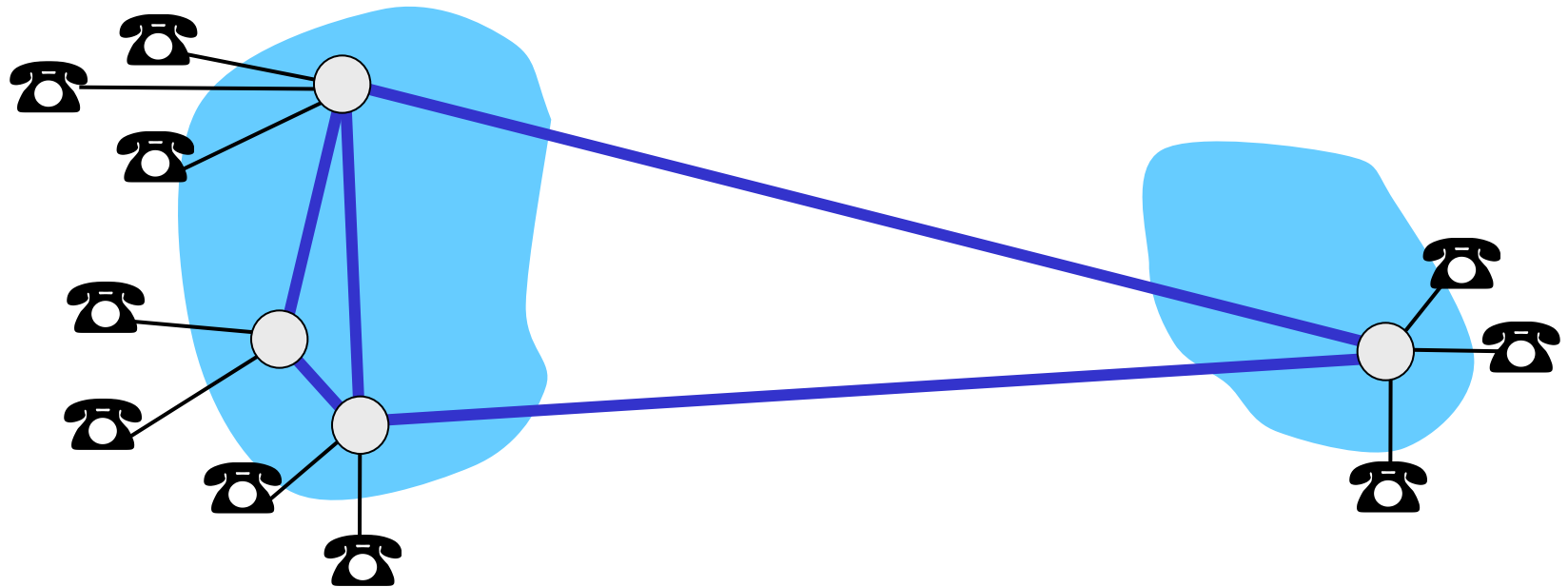
Fornitura di molteplici servizi aggiuntivi, resa possibile dalla migrazione della loro implementazione al di fuori (sopra) la rete di trasporto, e indipendentemente da essa

- ❑ In modo simile alla filosofia di Internet:
 - e.s: DNS a livello applicazione; RIP, OSPF, BGP sopra IP
- ❑ vantaggi:
 - introduzione rapida di nuovi servizi
 - interfacce aperte: personalizzazioni dell'operatore, indipendenza dei servizi offerti

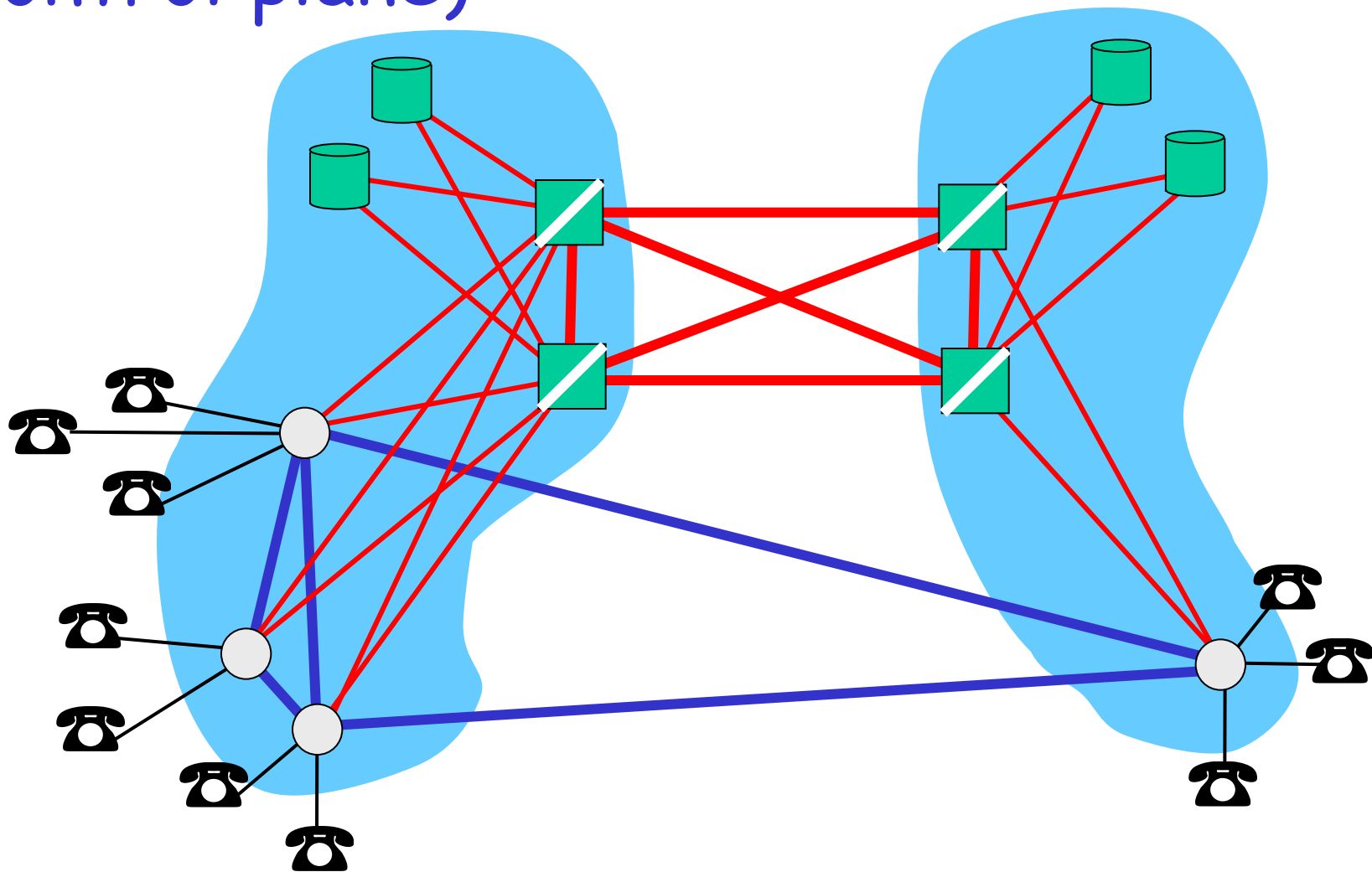
Rete telefonica intelligente: servizi offerti

- chiamate tradizionali punto-punto
- special telephone numbers:
 - numeri verdi, rete 800
 - numeri associati a servizi a pagamento
 - numeri di emergenza
 - numeri per donazioni
- ID del chiamante
- richiamata su occupato, segreteria telefonica
- uso di carte telefoniche/tariffazioni speciali
- instradamenti predefiniti, basati su ora locale
- restrizioni su chiamate in ingresso/uscita
- deviazione su rete cellulare
- televoto
- ...

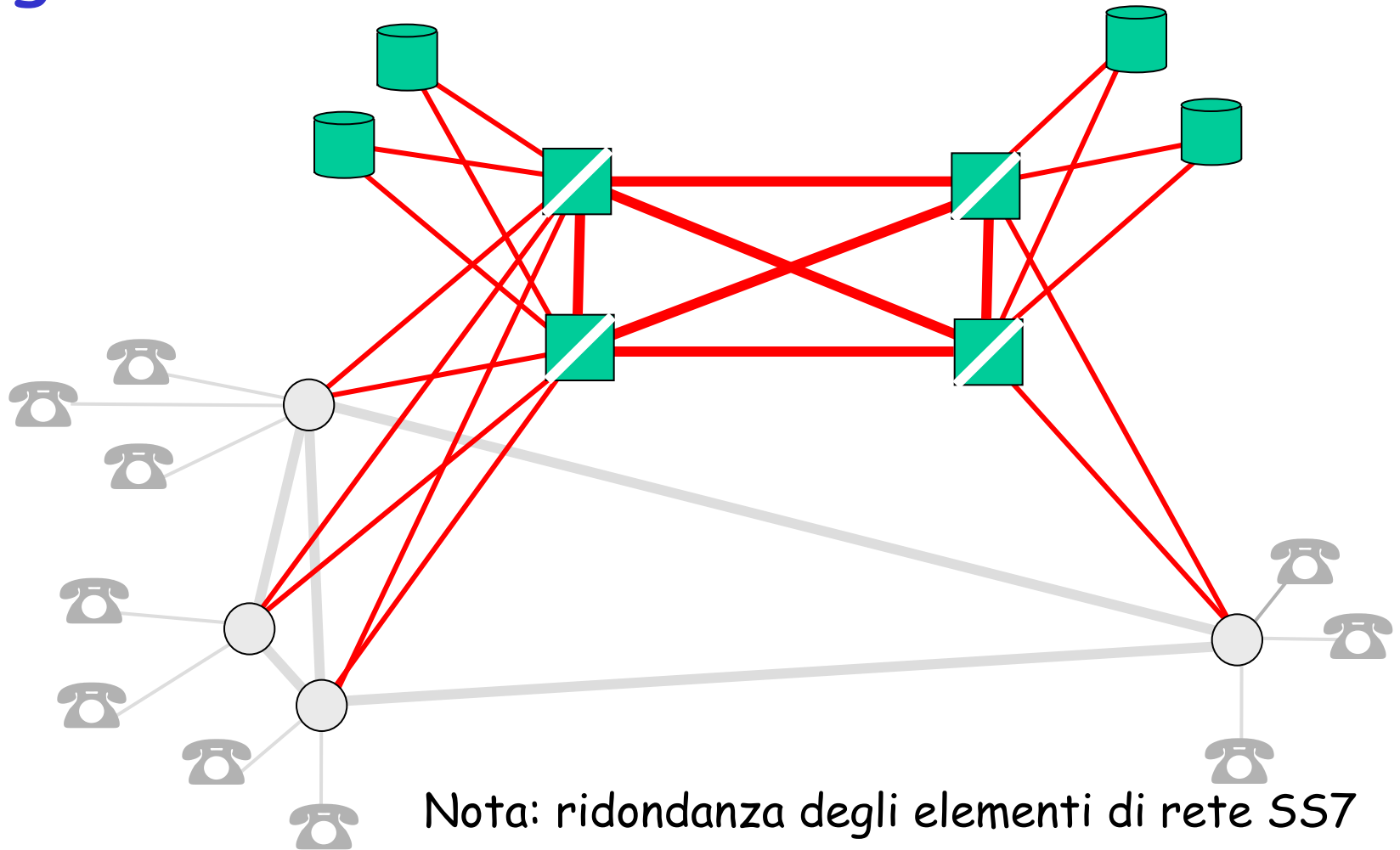
Rete telefonica: commutazione di circuito nel piano dati (data-plane)



Rete telefonica: il piano di controllo (control plane)



Sistema di segnalazione n. 7: la segnalazione della rete telefonica



SS7: segnalazione della rete telefonica

- *segnalazione fuori-banda (out-of-band)*: i messaggi di segnalazione sono trasportati su una rete *separata* da quella dei dati (chiamate telefoniche)
 - permette la segnalazione tra qualunque coppia di commutatori (non solo tra quelli direttamente connessi)
 - permette la segnalazione durante la chiamata (non solo prima/dopo)
 - permette segnalazione a velocità maggiore di quella dei dati
 - sicurezza: la segnalazione tramite toni in banda rende possibile il phreaking (es: blue box, →wiki); quella fuori banda è più sicura
- rete SS7: *a commutazione di pacchetto*
 - Mentre le chiamate sono a commutazione di circuito
- molta ridondanza (per affidabilità) nei linki/nodi

SS7: rete di segnalazione

□ segnalazione tra elementi della rete telefonica:

signaling transfer point (STP):

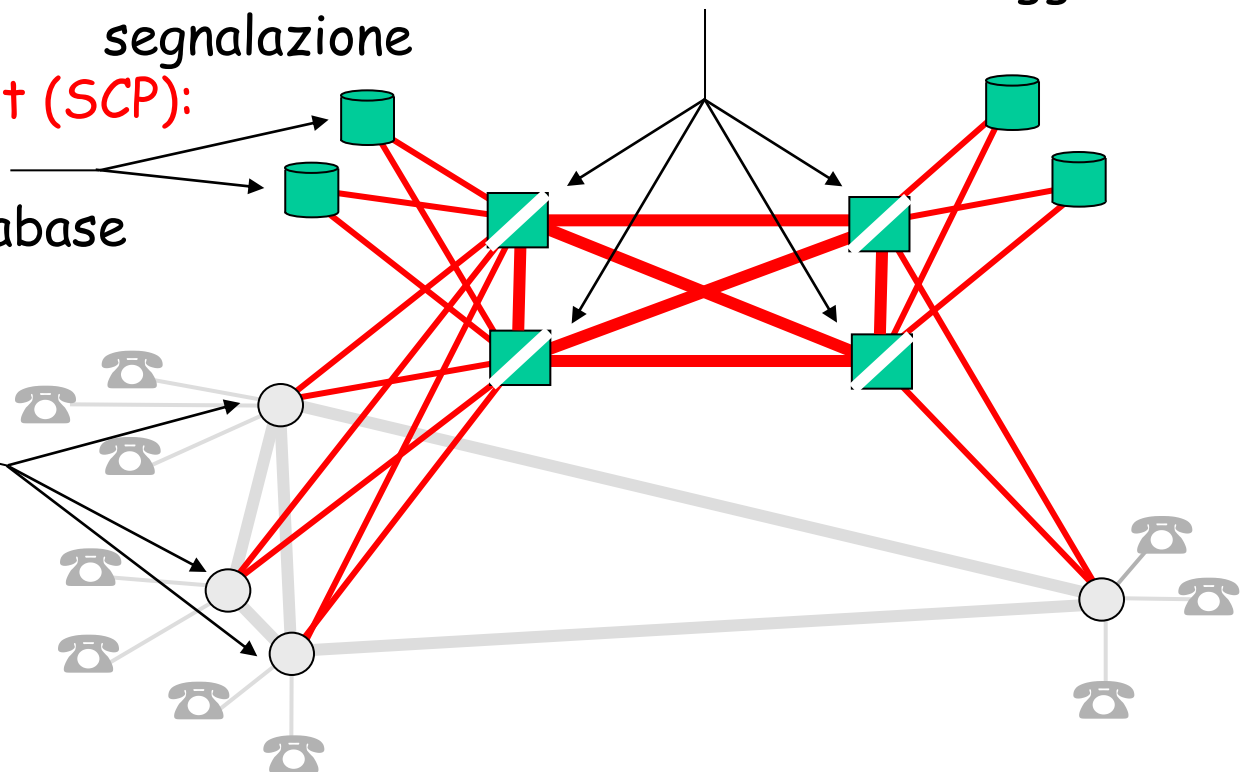
- commutatori di pacchetto della rete SS7
- inviano/ricevono/instradano messaggi di segnalazione

signaling control point (SCP):

- ospitano i servizi
- es: funzioni di database

signaling switching point (SSP):

- attaccati direttamente agli utenti finali
- sistemi terminali della rete SS7



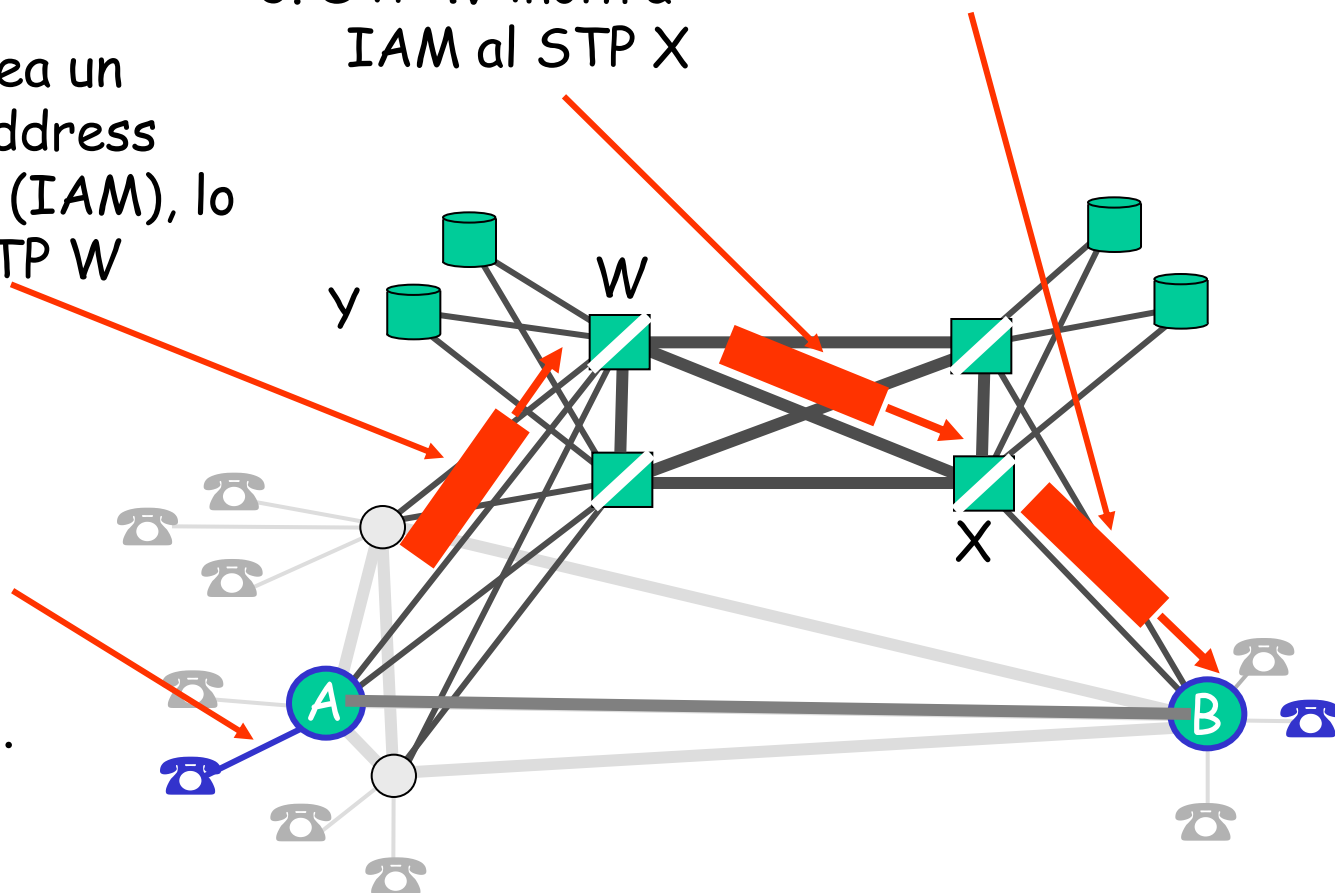
Esempio: segnalazione di una chiamata standard

1. Chiamante compone numero del chiamato. SSP A decide di instradare la chiamata al SSP B. Assegna un canale sul link A-B

2. SSP A crea un Initial Address Message (IAM), lo invia a STP W

3. STP W inoltra IAM al STP X

4. STP X inoltra IAM al SSP B

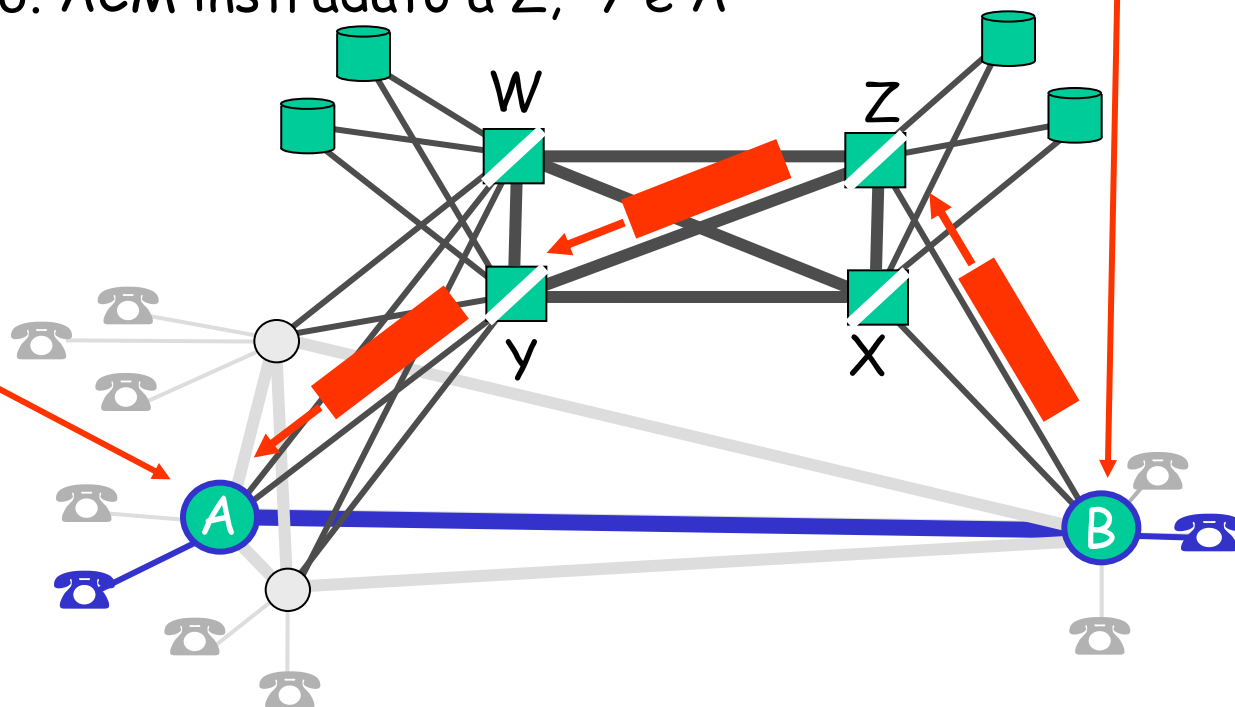


Esempio: segnalazione di una chiamata standard

5. B si accorge di servire il chiamato, crea un messaggio address completion message (ACM[A,B,canale]), fa squillare telefono del chiamato, manda squillo sul canale verso A

6. ACM instradato a Z, Y e A

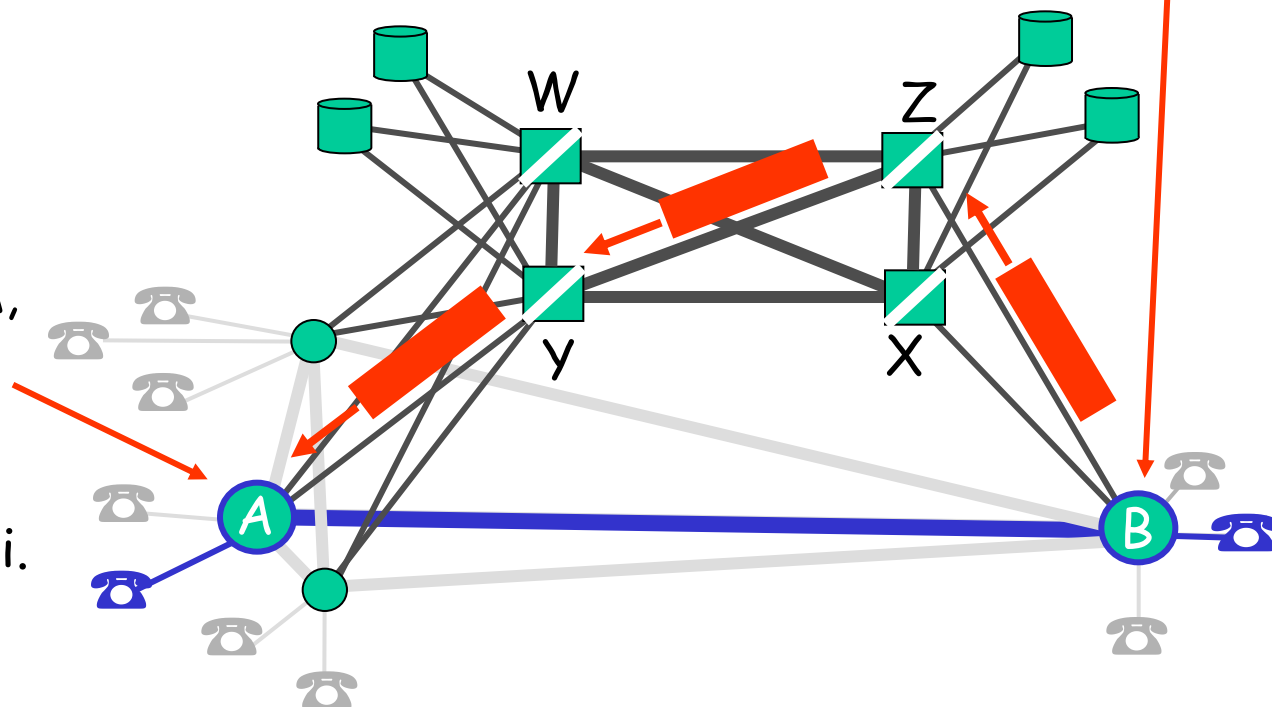
7. SSP A riceve ACM, connette la linea di utente del chiamante al canale allocato su A-B (il chiamante sente lo squillo)



Esempio: segnalazione di una chiamata standard

8. Il chiamato risponde, B crea, invia un answer message ad A (ANM[A,B,canale])

9. ANM instradato fino ad A



10. SSP A riceve ANM, controlla che chiamante sia connesso al canale in entrambe le direzioni.
La chiamata è stabilita!

Asynchronous Transfer Mode: ATM

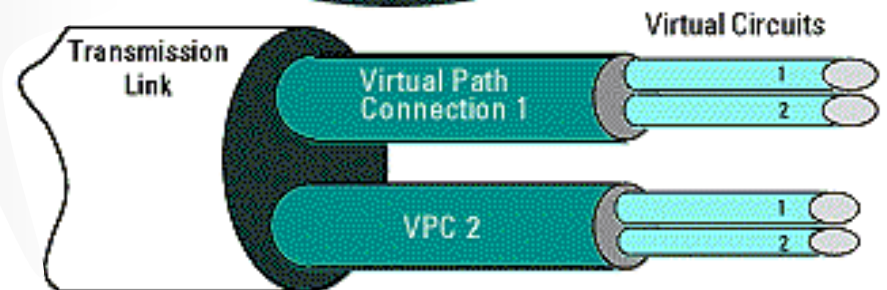
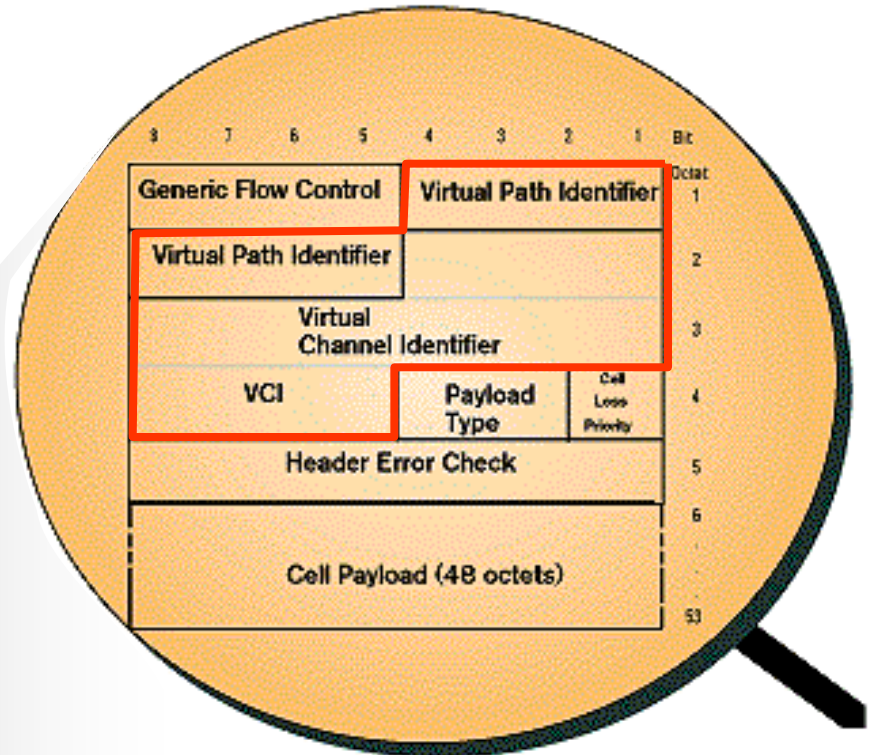
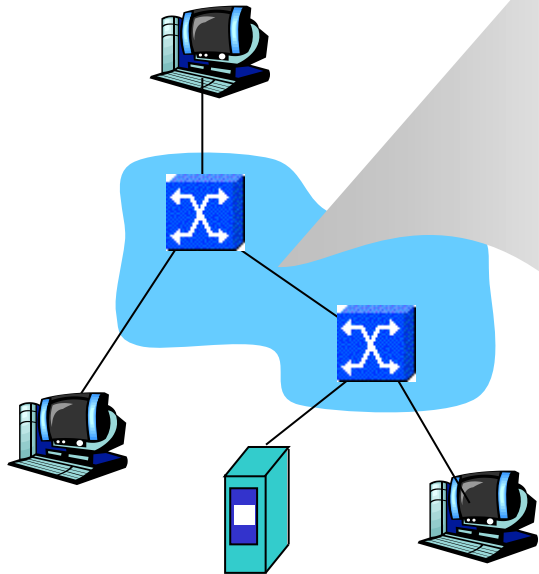
- ❑ Standard dell'architettura ad alta velocità (da 155Mbps a 622 Mbps e oltre) B-ISDN *Broadband Integrated Service Digital Network* (anni '90)
- ❑ Obiettivo: trasporto end-end integrato di voce, video, dati
 - rispetto dei requisiti di qualità del servizio (QoS) di voce, video (in contrasto all'approccio best-effort di Internet)
 - telefonia di "nuova generazione": radici tecniche nel mondo delle telefonia
 - commutazione di pacchetto (pacchetti di lunghezza fissa, detti "celle") usando circuiti virtuali

Livello ATM: circuiti virtuali

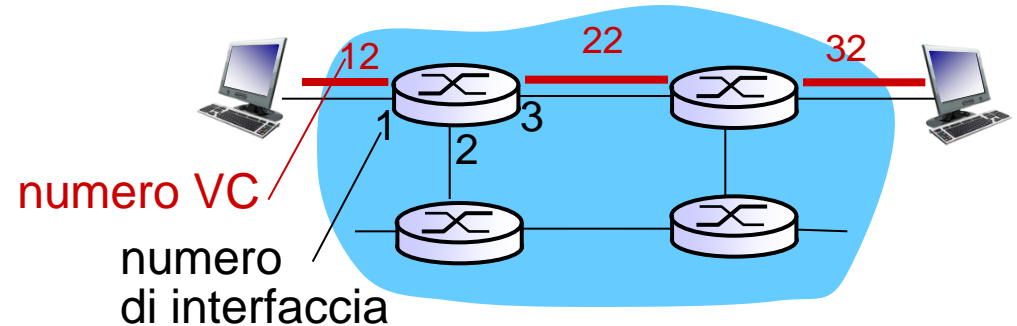
- **Usa di VC:** celle trasportate da sorgente a destinazione su virtual circuits (VC)
 - instaurazione/terminazione di ogni connessione, prima/dopo il flusso di dati
 - ogni cella contiene identificativo di VC (non è l'ID della destinazione)
 - ogni switch sul percorso sorg-dest mantiene uno "stato" per ogni connessione che lo attraversa
 - risorse di link, switch (banda, buffers) possono essere allocate a un VC, per ottenere prestazioni simili a circuito
- **VC permanenti (PVCs)**
 - connessioni di lunga durata
 - es: canali di traffico "permanenti" tra due router IP
- **VC commutati (SVCs):**
 - creati dinamicamente sulla base di singole chiamate

ATM networks

cella: 53 bytes (48+5)



Esempio di VC forwarding table

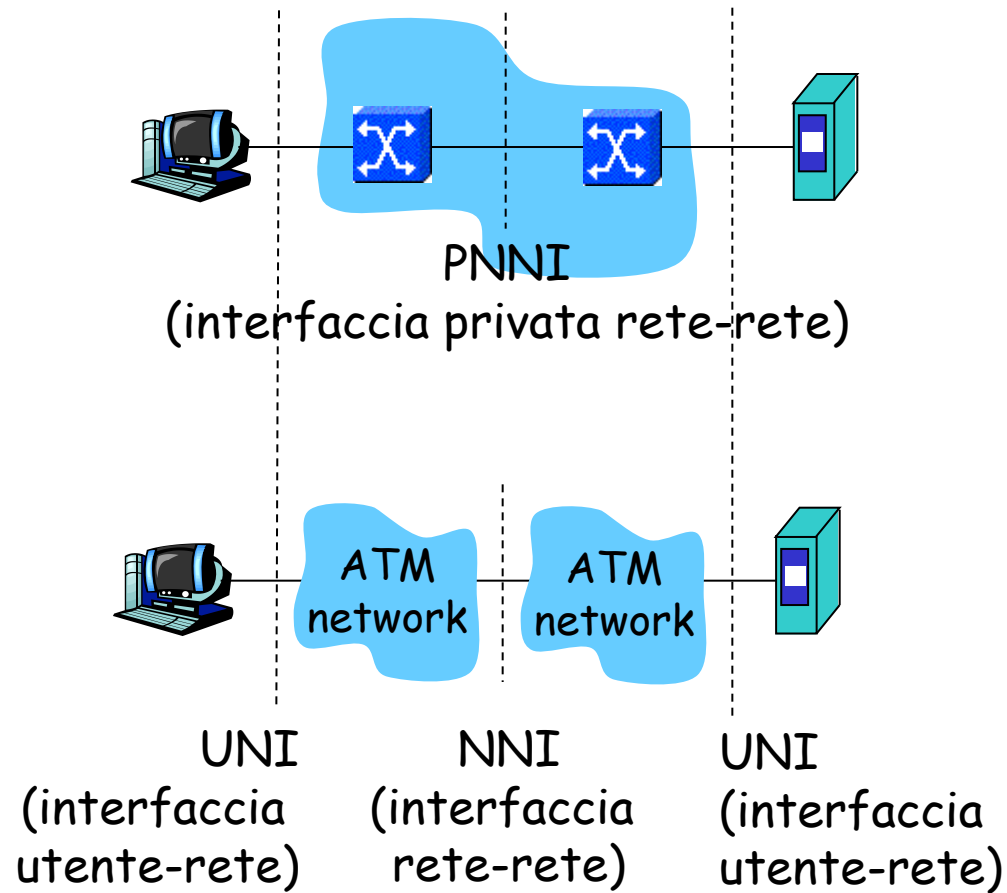


forwarding table nello switch in alto a sinistra:

Incoming interface	Incoming VC #	Outgoing interface	Outgoing VC #
1	12	3	22
2	63	1	18
3	7	2	17
1	97	3	87
...

Gli switch mantengono informazione di stato sulle connessioni!

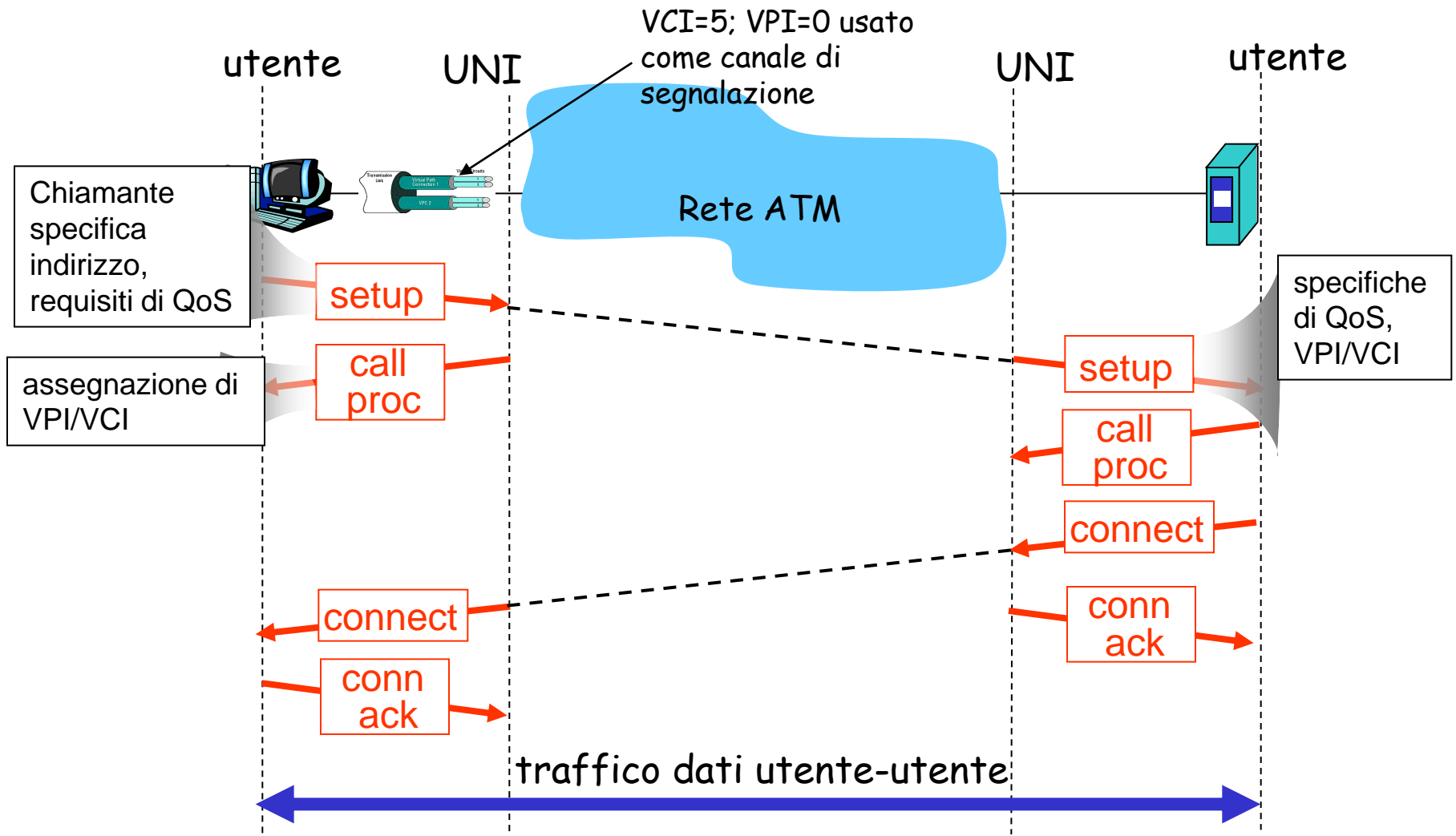
Segnalazione ATM: Q.2931



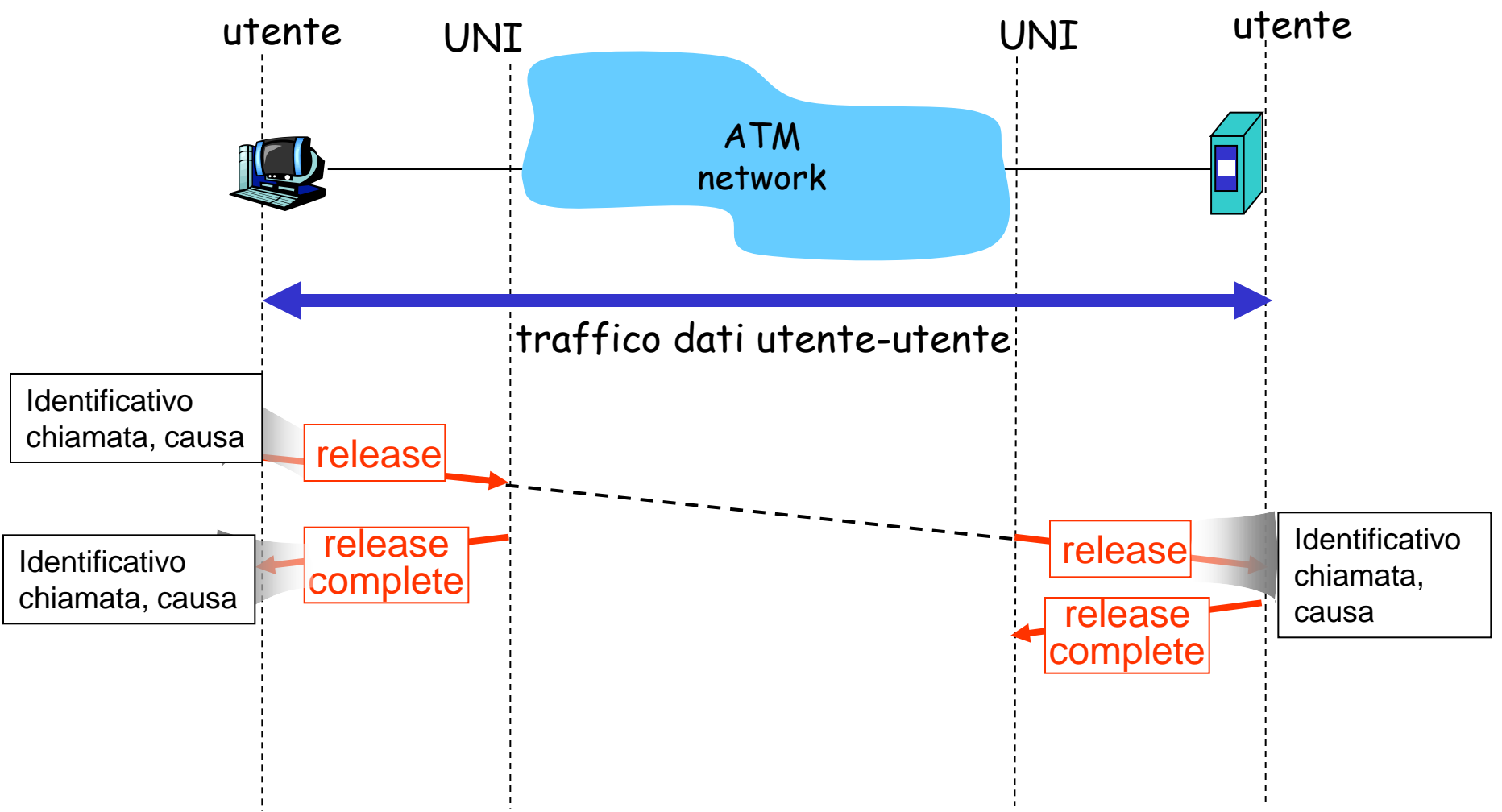
Segnalazione ATM: Q.2931

- punto-punto e punto-multipunto
- requisiti di banda simmetrici/asimmetrici
- negoziazione della QoS
- meccanismi di controllo/recupero di errori

ATM Q.2931 instaurazione di chiamata

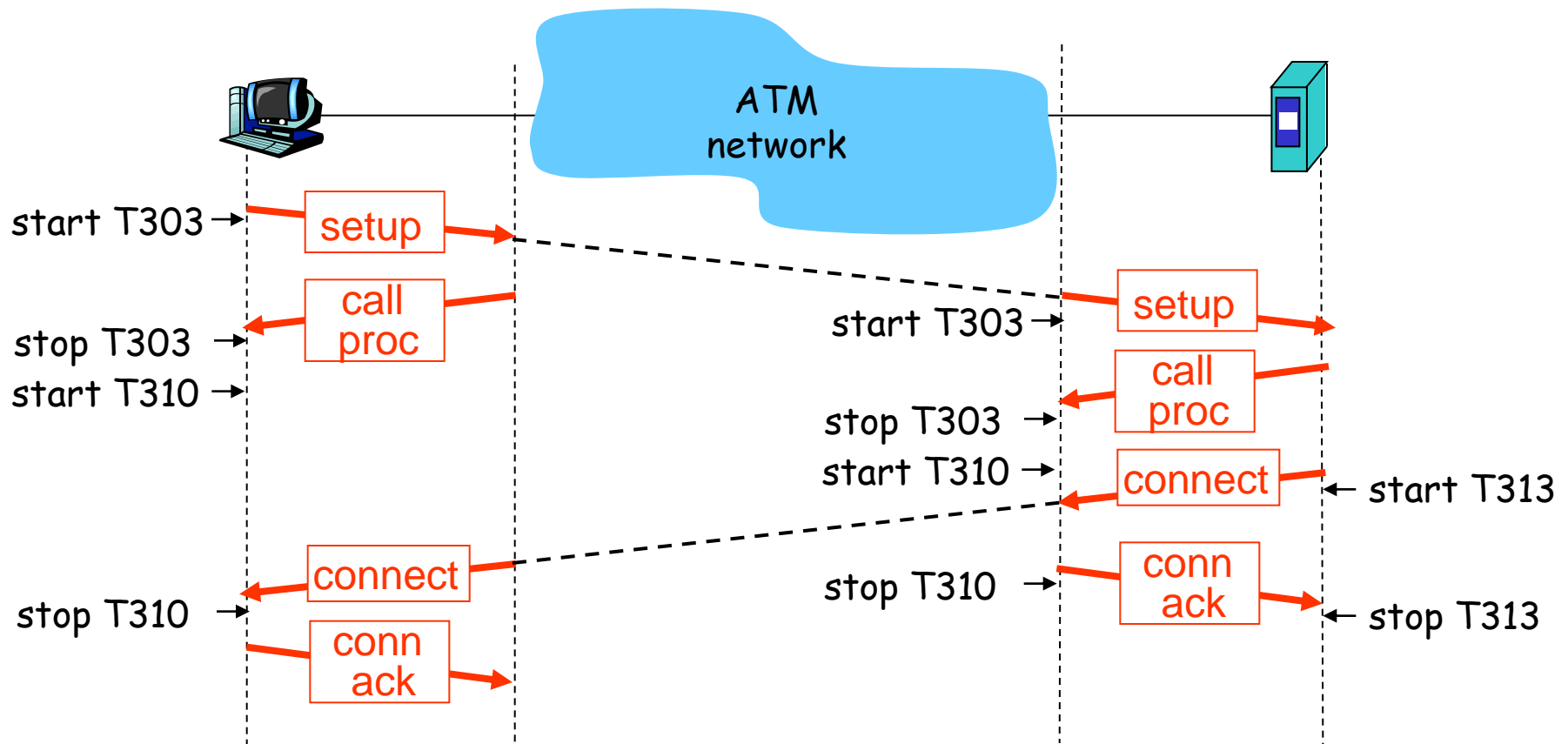


ATM Q.2931 rilascio di chiamata



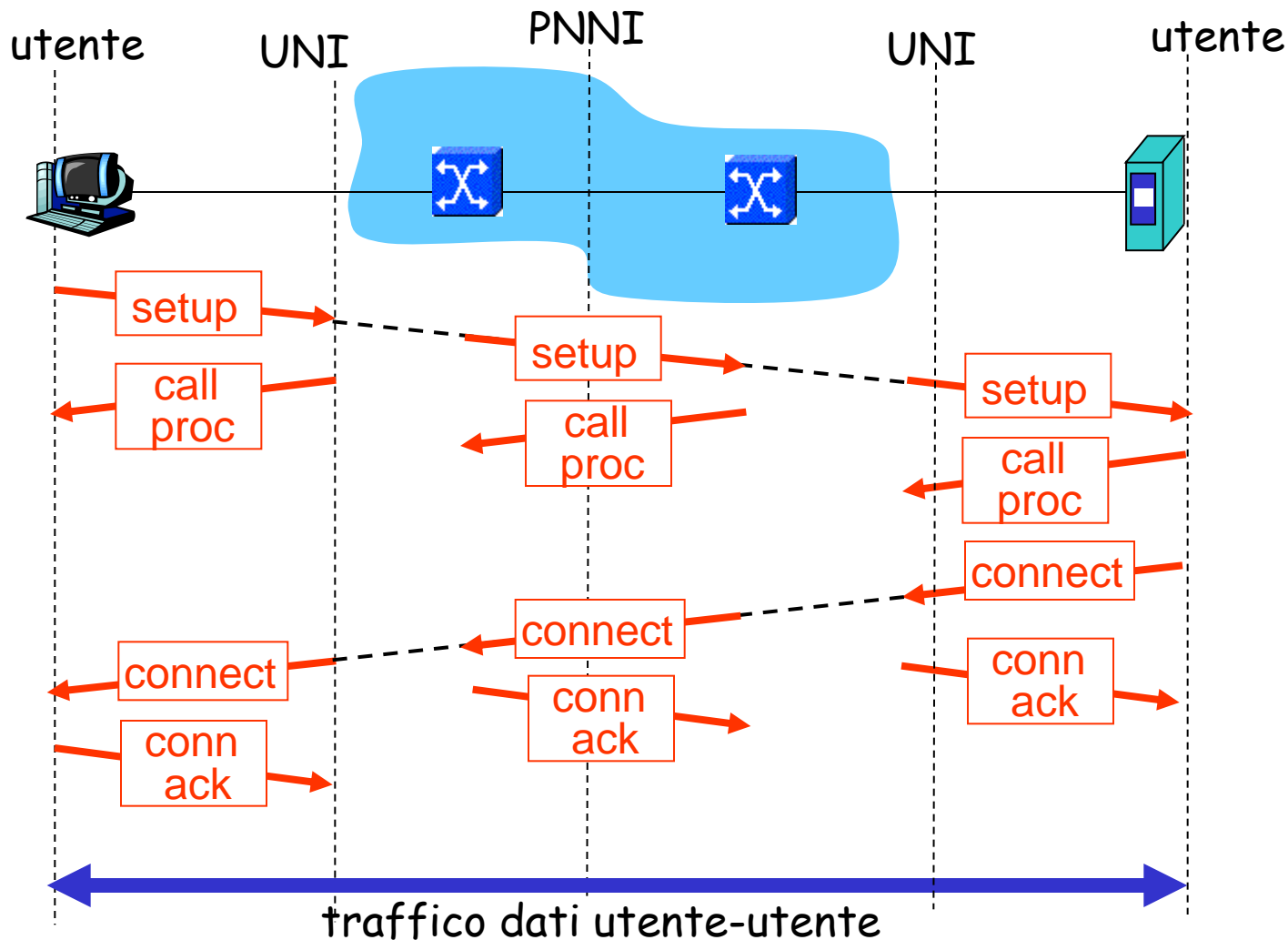
ATM Q.2931: timers

- timers usati per risolvere possibili problemi
 - 10 timers lato utente, 10 timers lato rete



Segnalazione PNNI:

"..su ogni specifico link, un sistema di commutazione riveste il ruolo lato utente, l'altro riveste il ruolo lato rete, come descritto nella specifica UNI 3.1" ATM Forum af-pnni-0026.000



Segnalazione ATM: discussione

□ stato?

□ risoluzione problemi?

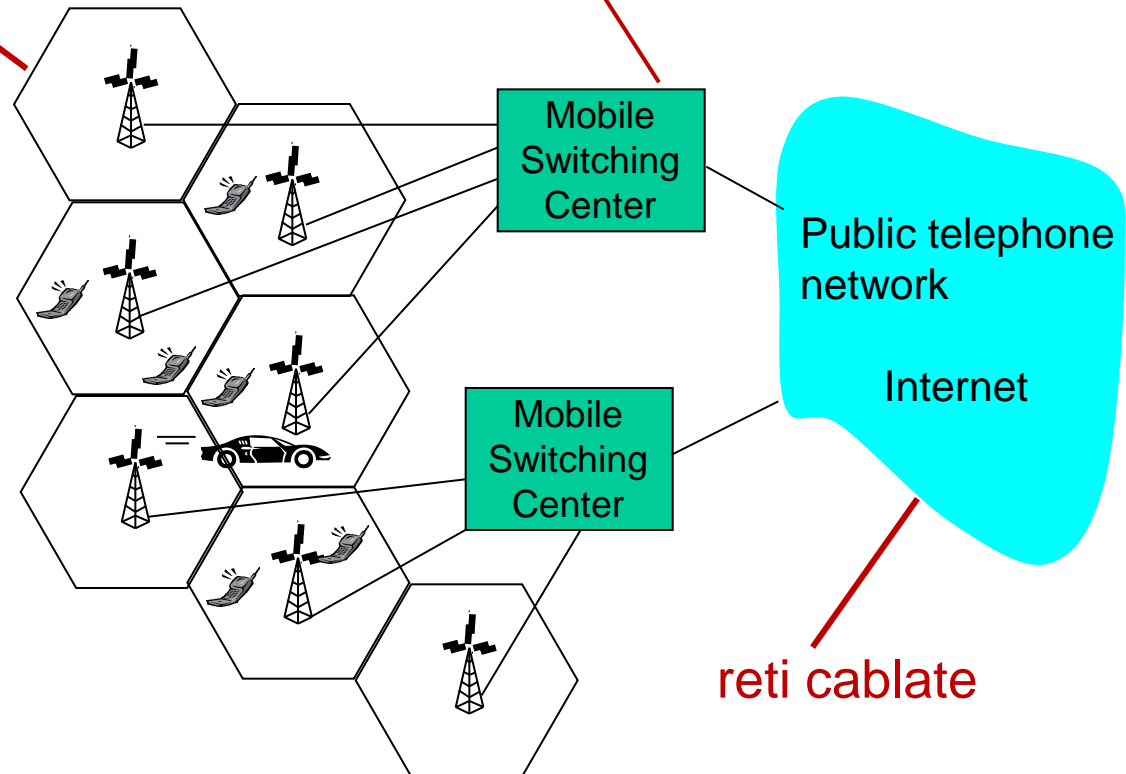
Architettura di una rete cellulare

cella

- ❖ copre una regione geografica
- ❖ *base station* (BS) analogo di 802.11 AP
- ❖ *utenti mobili* si attaccano alla rete tramite la BS
- ❖ *sezione radio*: livelli fisico e data link tra utente mobile e BS

MSC

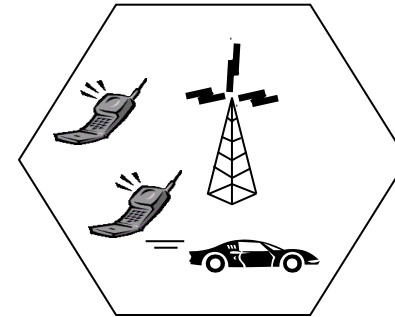
- ❖ connette celle alle reti cablate
- ❖ gestisce call setup (vedi dopo)
- ❖ gestisce mobilità (vedi dopo)



Reti cellulari: il primo hop

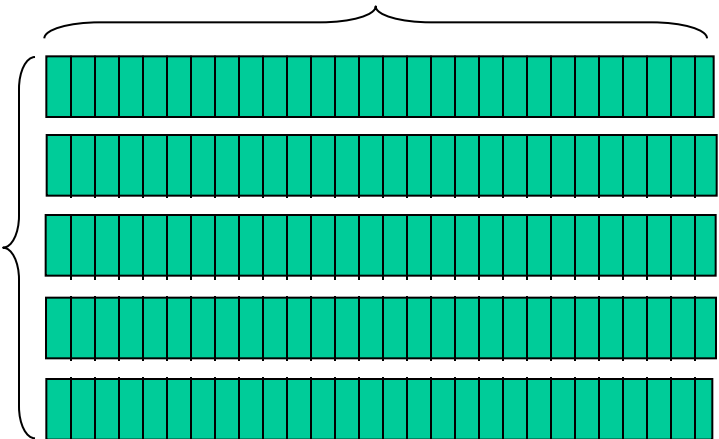
Due tecniche per la condivisione delle risorse radio tra mobili e BS

- **FDMA/TDMA combinati:**
divisione dello spettro in canali,
divisione di ogni canale in slot
temporali
- **CDMA:** code division multiple
access

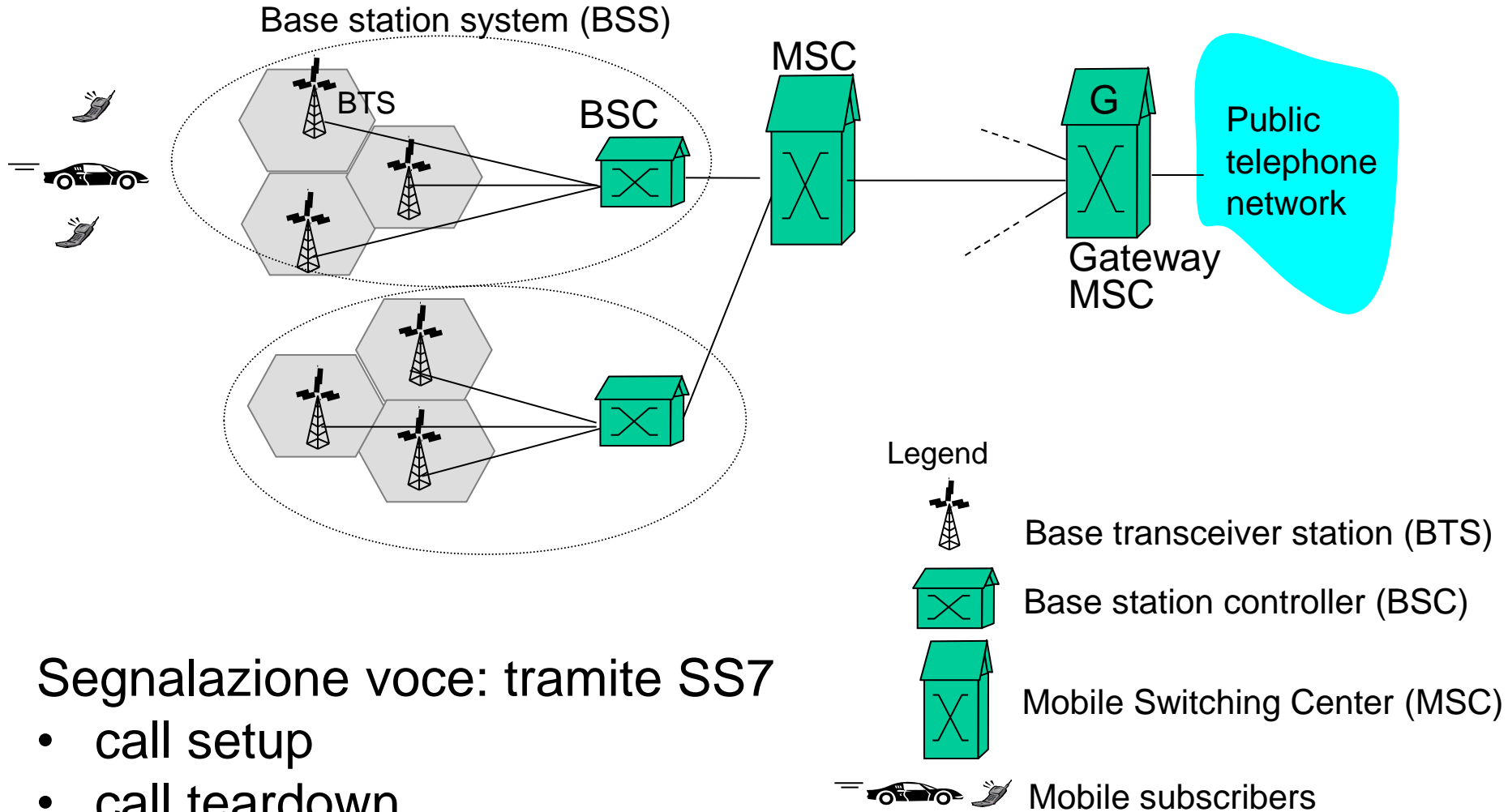


time slots

canali
(bande di frequenze)



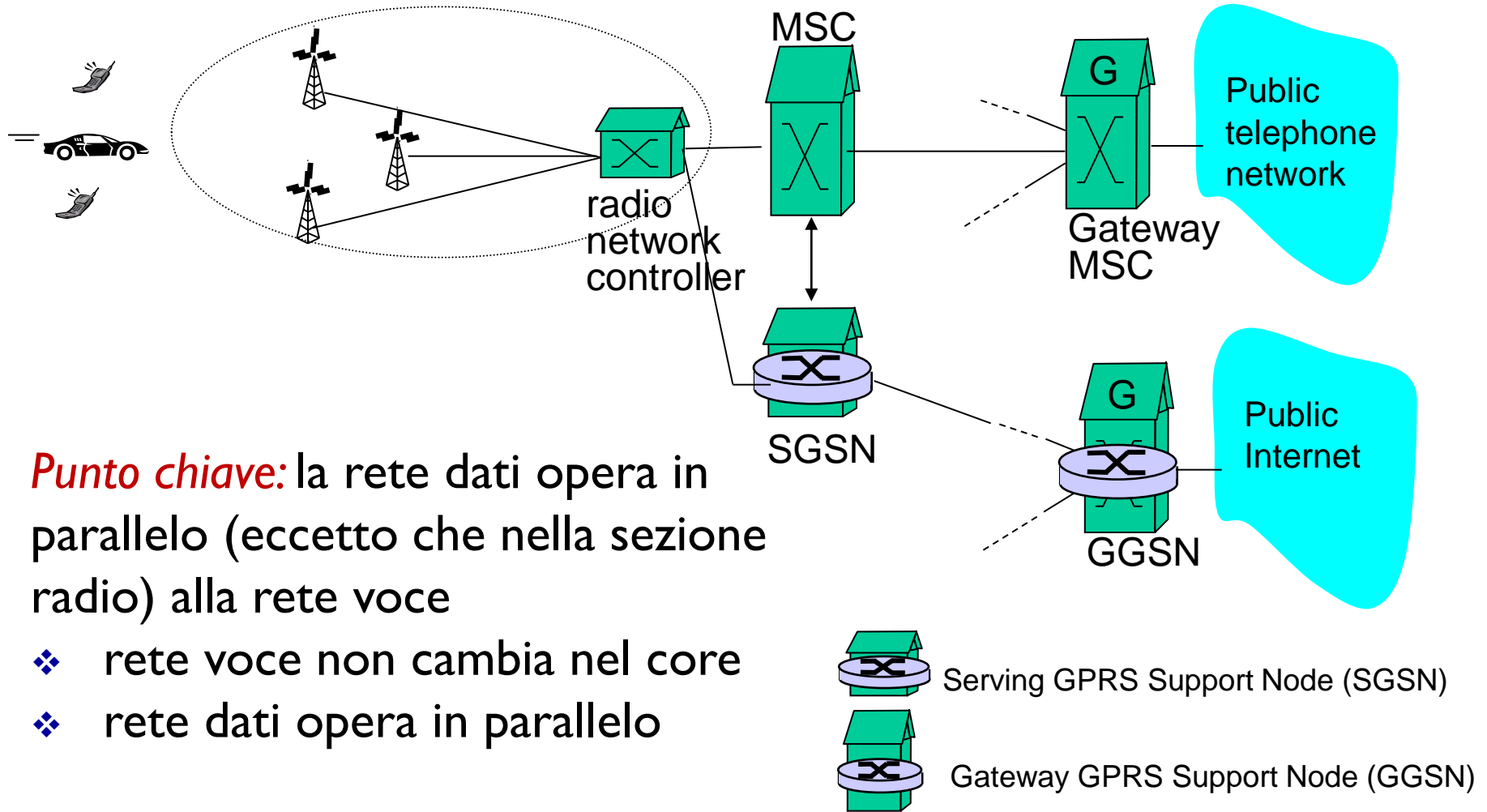
Architettura 2G (voce) - GSM



Segnalazione voce: tramite SS7

- call setup
- call teardown
- integrazione con rete telefonica

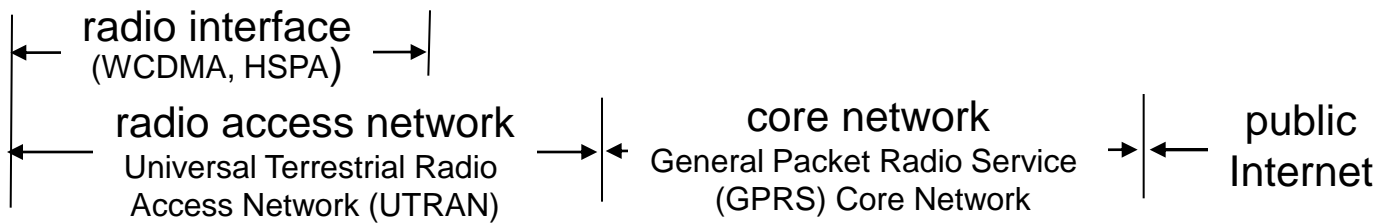
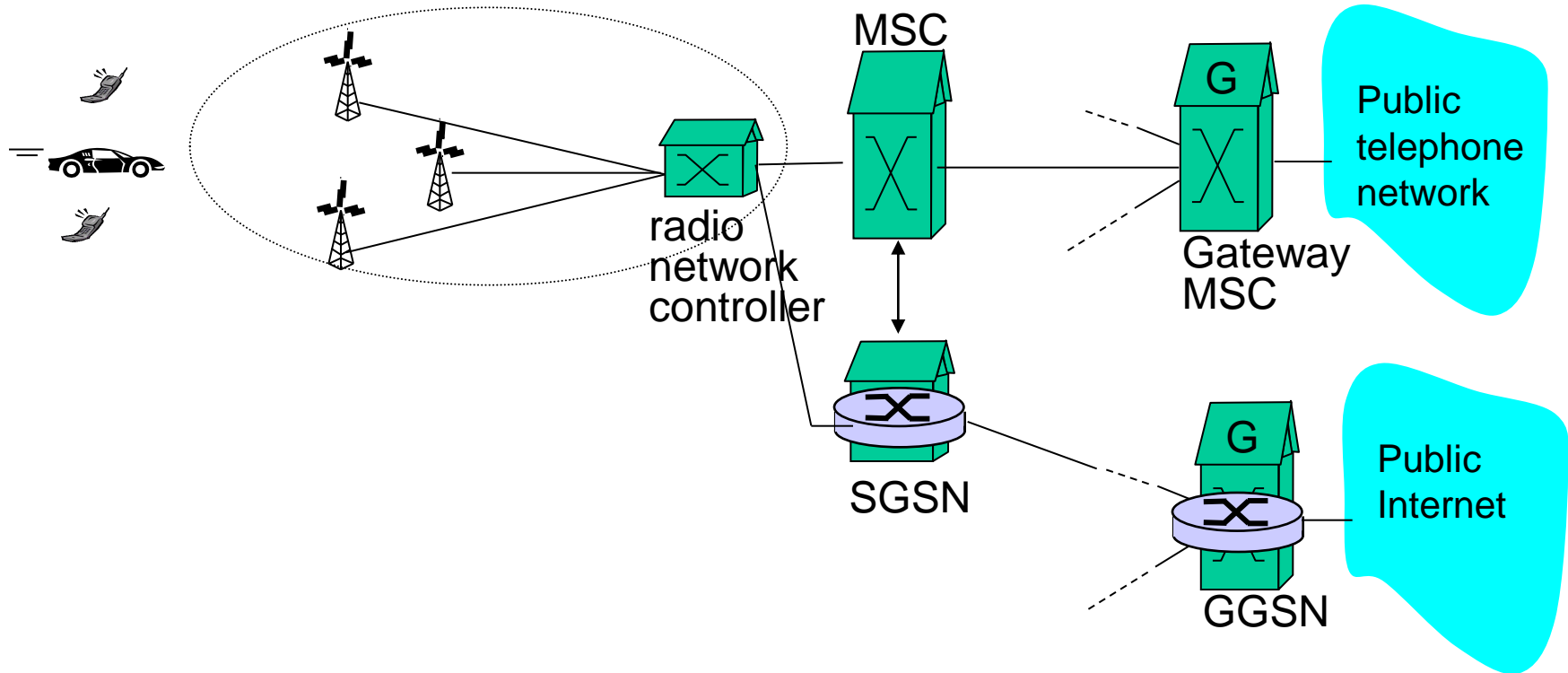
Architettura 3G (voce+dati) - UMTS



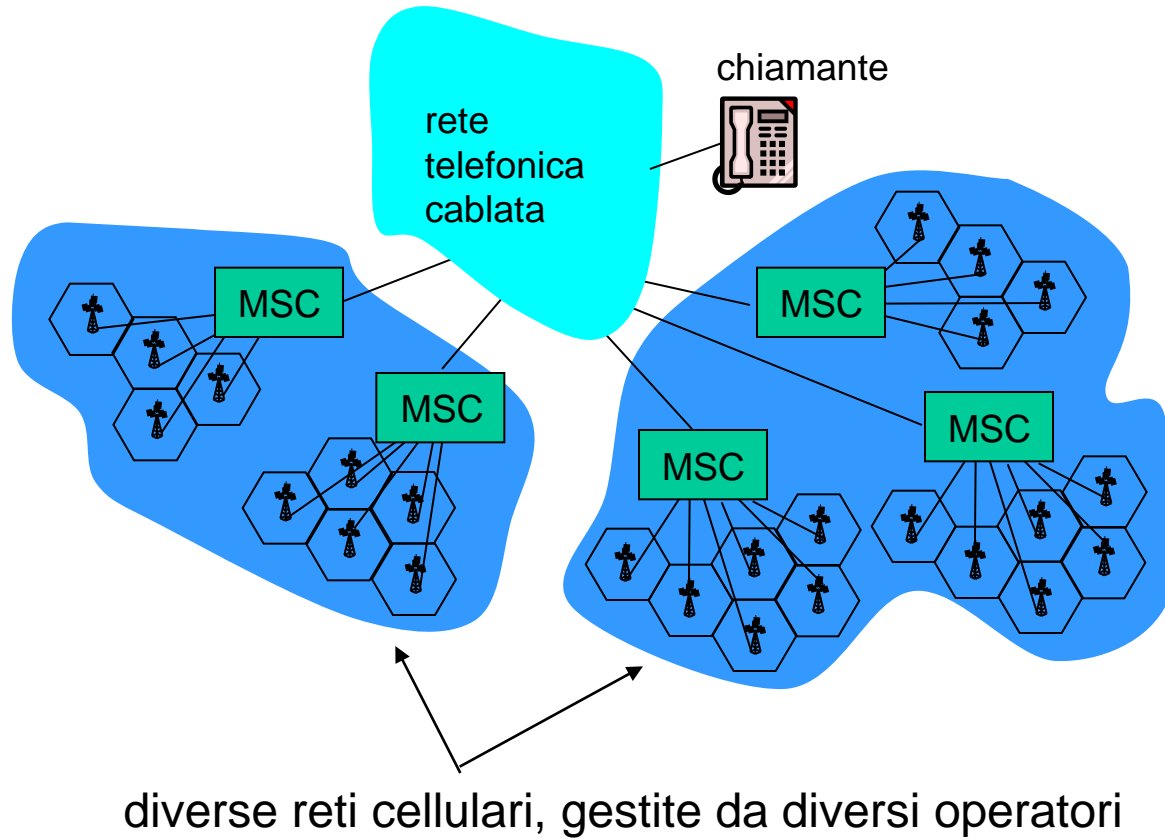
Punto chiave: la rete dati opera in parallelo (eccetto che nella sezione radio) alla rete voce

- ❖ rete voce non cambia nel core
- ❖ rete dati opera in parallelo

Architettura 3G (voce+dati) - UMTS



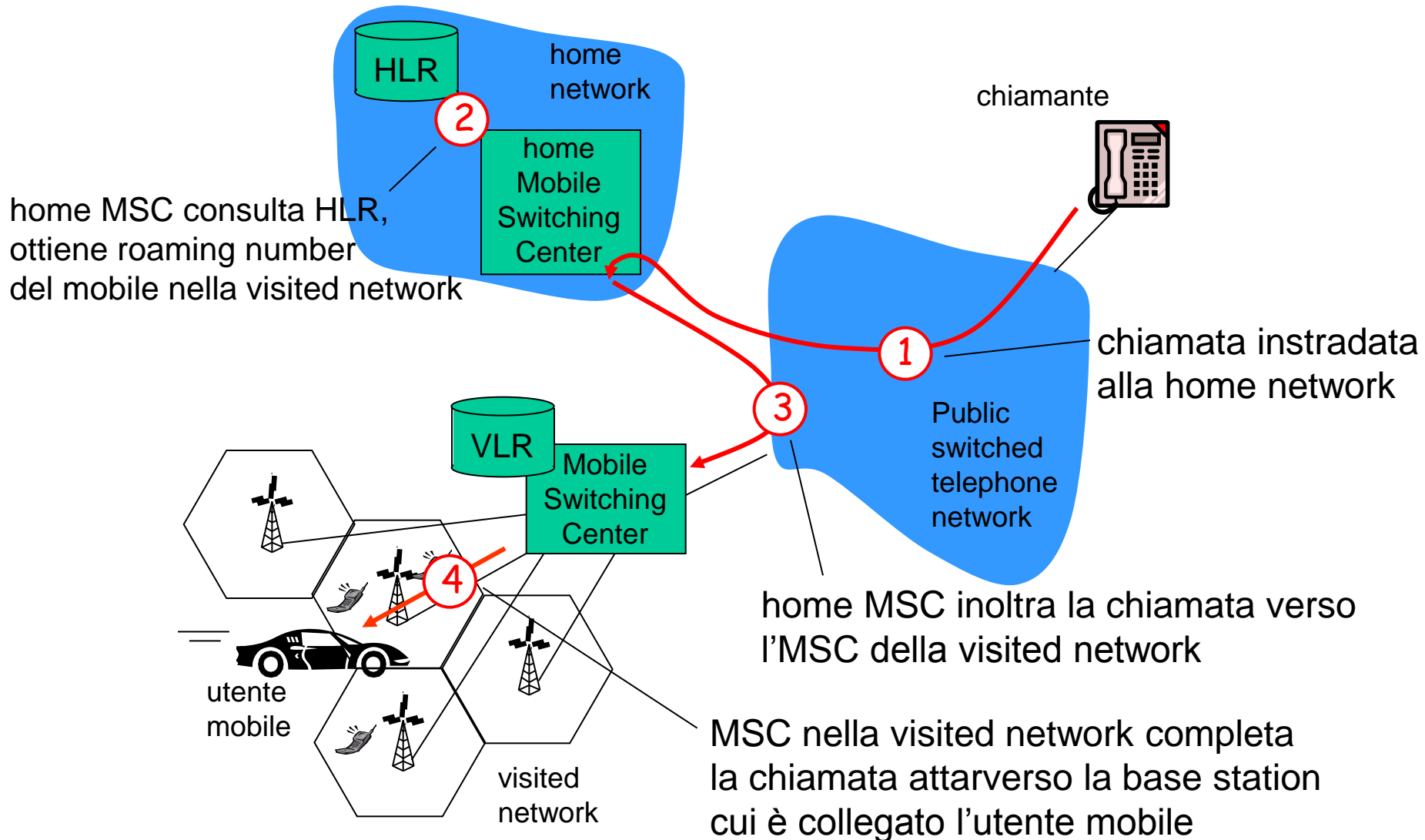
Gestione della mobilità in una rete cellulare



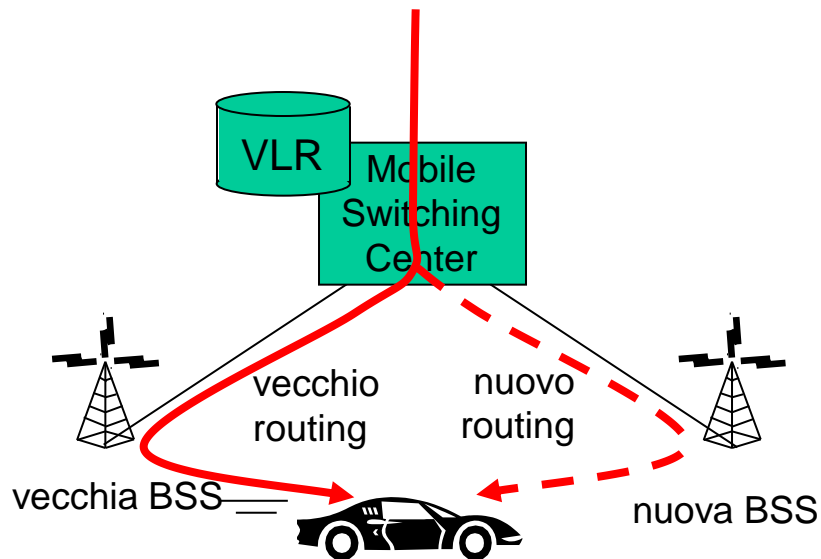
Gestione della mobilità in una rete cellulare

- ❑ *home location register (HLR)*: database presso la rete dell'operatore cui l'utente è abbonato, contenente il numero di telefono dell'utente, informazioni statiche del profilo (tipo di contratto, servizi abilitati, preferenze), più informazioni (dinamiche) sulla posizione attuale dell'utente
- ❑ *Visitor location register (VLR)*: database (di solito collocato con un MSC) contenente informazione sugli utenti che si trovano nella regione servita dal MSC (possibilmente gestita da un diverso operatore)

GSM: indirect routing to mobile

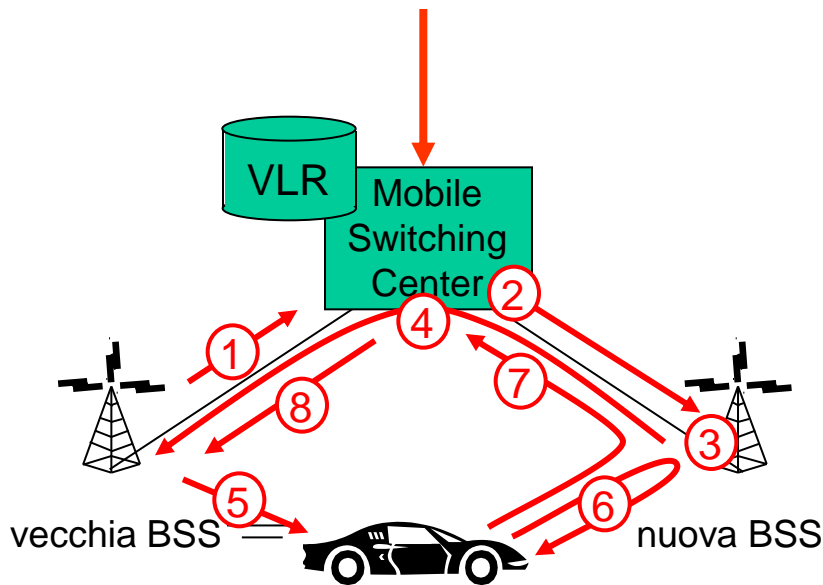


GSM: handoff con MSC in comune



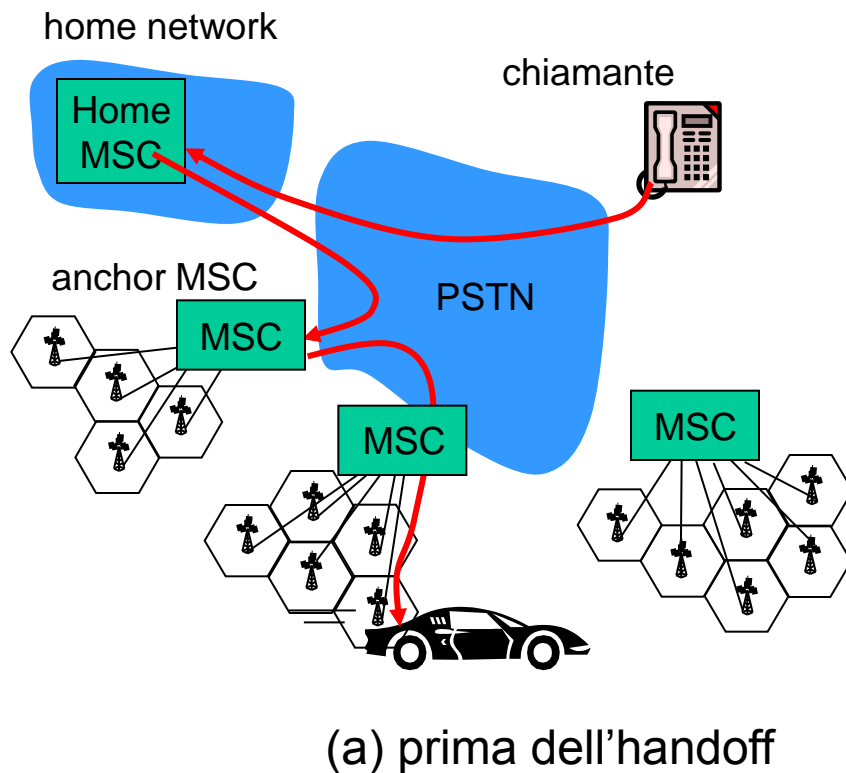
- *scopo del handoff*: trasferire la connessione verso la nuova base station (senza interruzione del servizio)
- motivi per fare handoff:
 - segnale da/verso la nuova BSS più forte (mantenere connettività, ridurre consumo batteria)
 - bilanciamento del carico: liberare risorse nella BSS corrente
 - GSM non definisce quando eseguire handoff (la politica), solo come (il meccanismo)
- handoff iniziato dalla vecchia BSS

GSM: handoff con MSC in comune



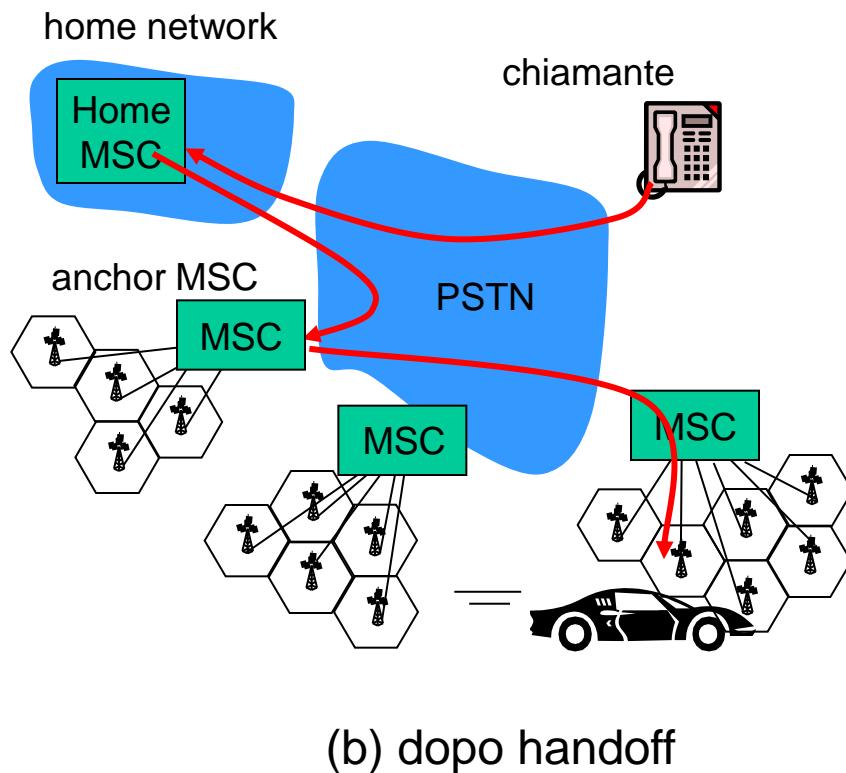
1. la vecchia BSS informa il MSC del handoff, fornendo lista di 1+ nuove BSS
2. MSC crea percorso path (alloca risorse) verso la nuova BSS
3. la nuova BSS alloca un canale radio per l'utente mobile
4. la nuova BSS segnala al MSC, e alla vecchia BSS che il canale è pronto
5. la vecchia BSS ordina al mobile di cambiare canale verso la nuova BSS
6. il mobile si aggancia al segnale della nuova BSS
7. il mobile segnala tramite la nuova BSS al MSC: handoff completato. L'MSC reinstrada la chiamata
8. Le risorse lungo la vecchia strada vengono rilasciate

GSM: handoff tra MSC diversi



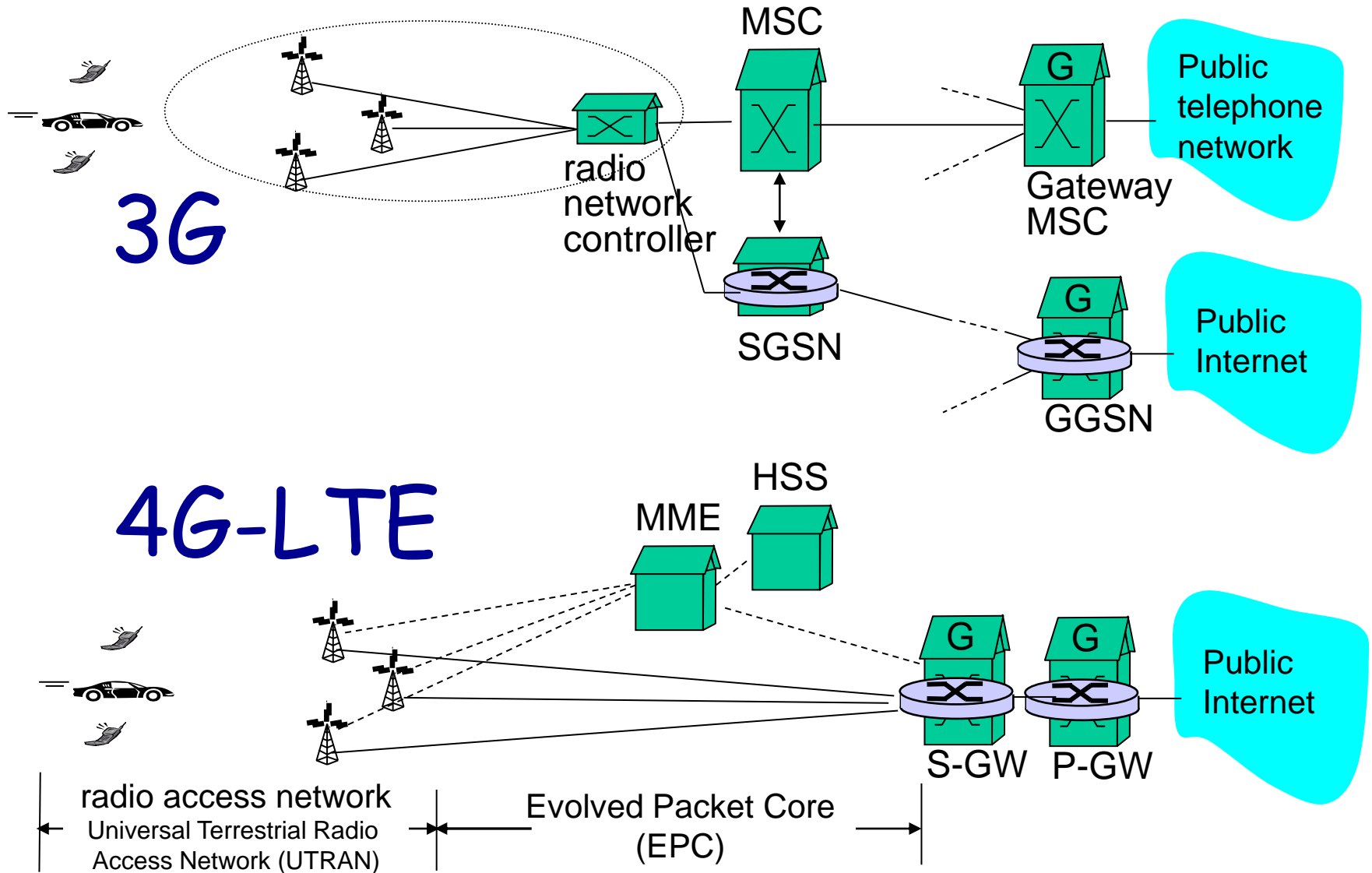
- *anchor MSC*: primo MSC visitato durante una chiamata
 - la chiamata resta instradata attraverso l'anchor MSC
- nuove MSCs si aggiungono formando una catena di MSC mentre il mobile si sposta
- optionalmente, si esegue una procedura per ridurre la lunghezza della catena di MSC (standard IS-41)

GSM: handoff tra MSC diversi



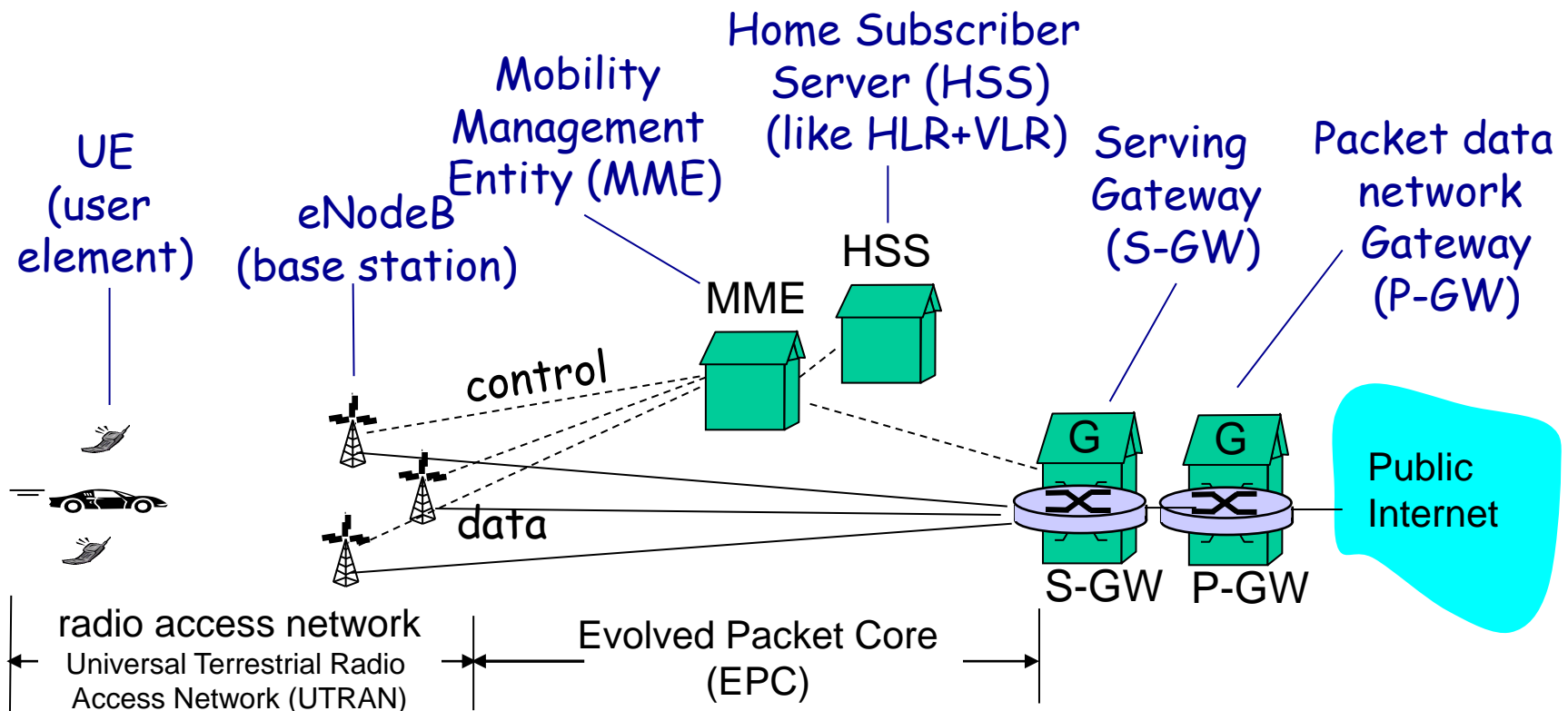
- *anchor MSC*: primo MSC visitato durante una chiamata
 - la chiamata resta instradata attraverso l'anchor MSC
- nuove MSCs si aggiungono formando una catena di MSC mentre il mobile si sposta
- optionalmente, si esegue una procedura per ridurre la lunghezza della catena di MSC (standard IS-41)

Confronto tra 3G e 4G LTE

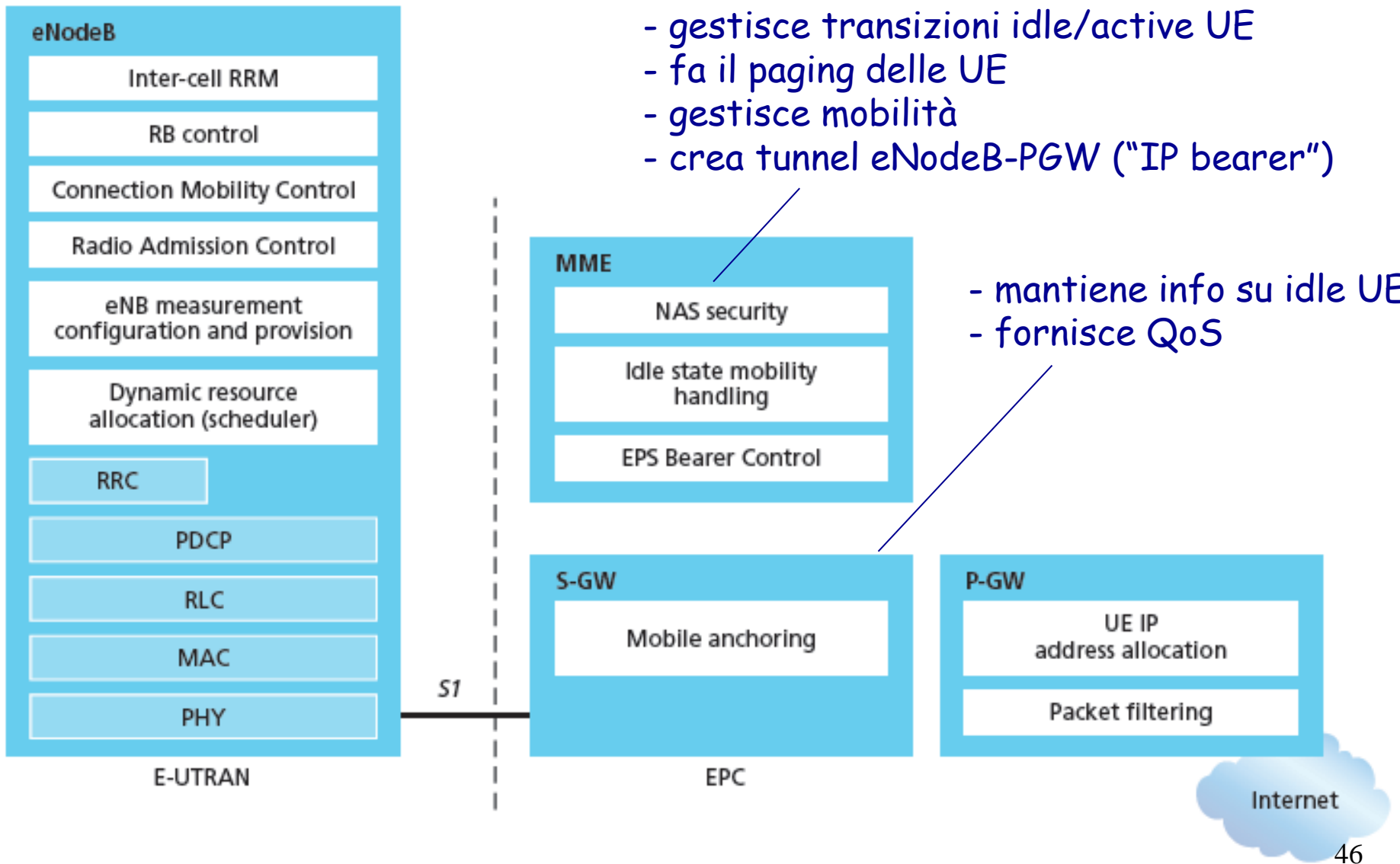


4G: differenze rispetto a 3G

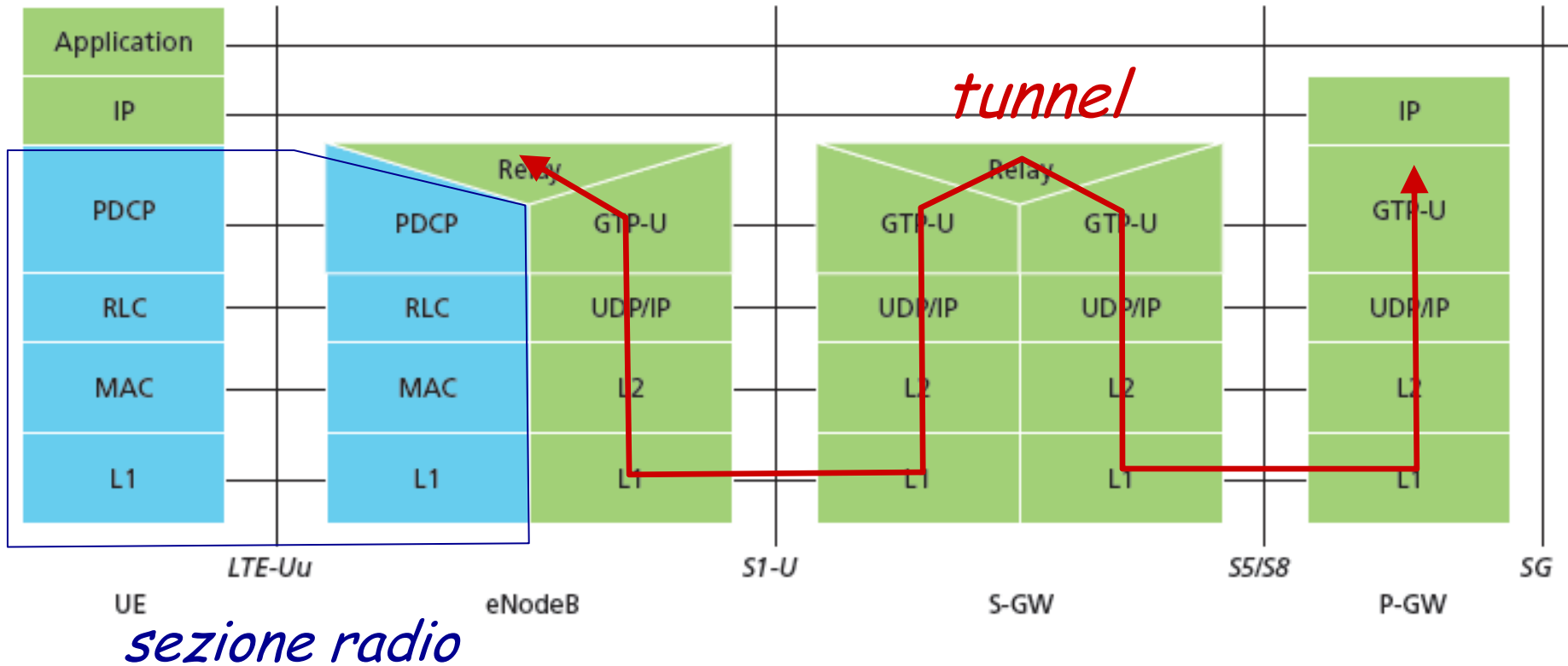
- all-IP core: pacchetti IP scambiati via tunnel (attraverso EPC) tra base station e gateway
- no separazione tra voce e dati - tutto traffico trasportato sul core IP



Divisione funzionale delle componenti di LTE



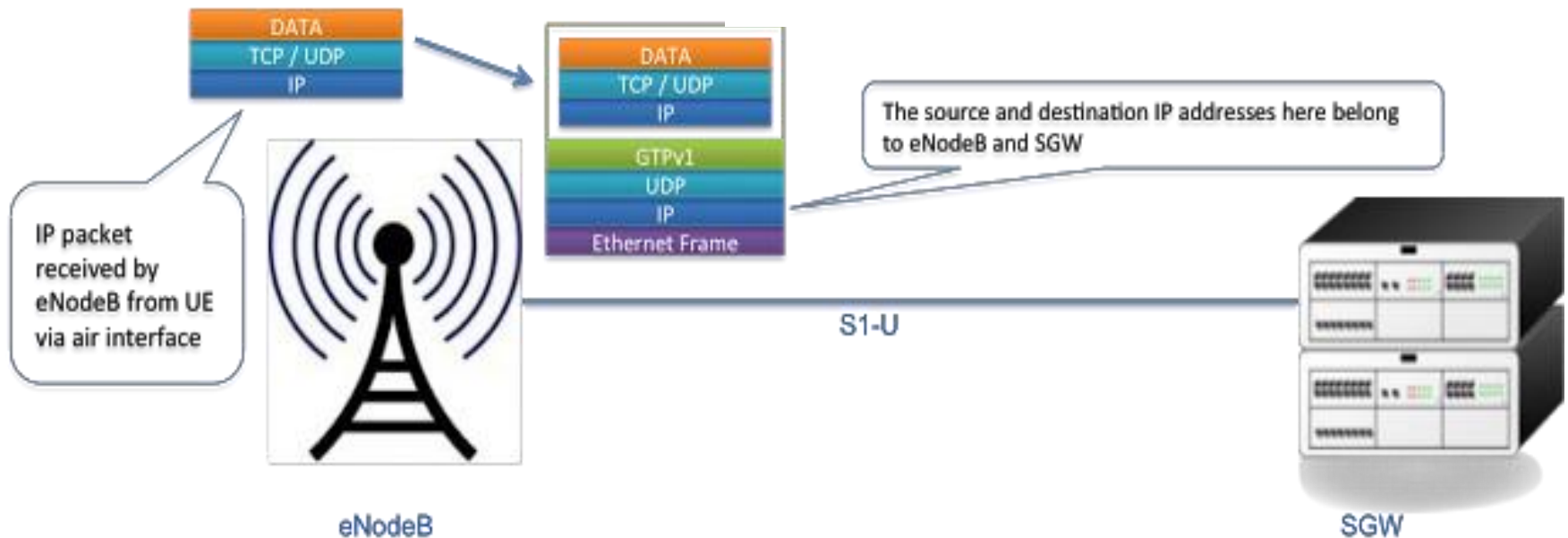
Radio+Tunneling: UE – eNodeB – PGW



Radio+Tunneling: UE – eNodeB – PGW

Tunneling UE IP packet in LTE

- IP packet da UE incapsulato in messaggio GPRS Tunneling Protocol (GTP) da parte di ENodeB
- messaggio GTP incapsulato in UDP, poi incapsulato in IP. Il tutto indirizzato al SGW



Qualità del servizio in LTE (entro la rete cell.)

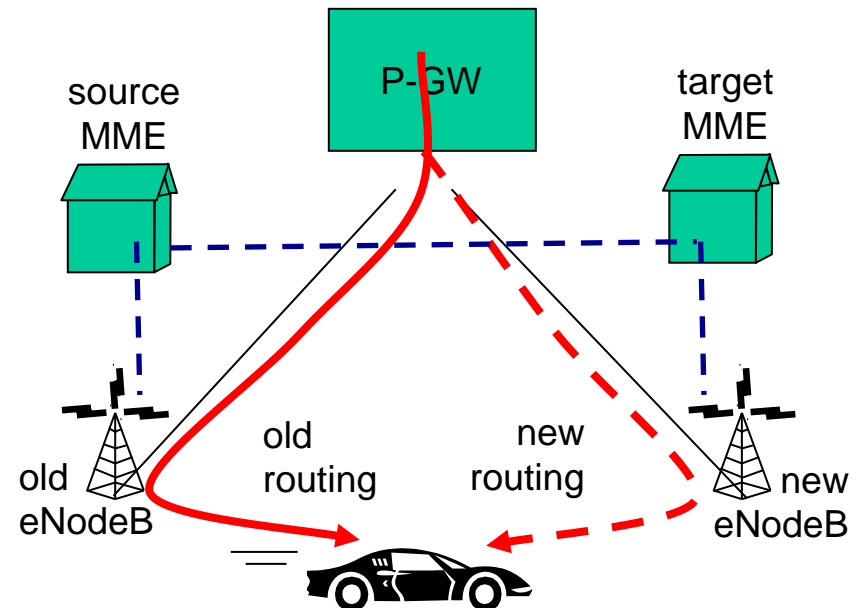
- due classi di servizio:
 - GBR: min e max bit rate garantiti
 - non-GBR
- 12 valori di QCI

QCI	RESOURCE TYPE	PRIORITY	PACKET DELAY BUDGET (MS)	PACKET ERROR LOSS RATE	EXAMPLE SERVICES
1	GBR	2	100	10^{-2}	Conversational voice
2	GBR	4	150	10^{-3}	Conversational video (live streaming)
3	GBR	5	300	10^{-6}	Non-conversational video (buffered streaming)
4	GBR	3	50	10^{-3}	Real-time gaming
5	Non-GBR	1	100	10^{-6}	IMS signaling
6	Non-GBR	7	100	10^{-3}	Voice, video (live streaming), interactive gaming
7	Non-GBR	6	300	10^{-6}	Video (buffered streaming)
8	Non-GBR	8	300	10^{-6}	TCP-based (for example, WWW, e-mail), chat, FTP, p2p file sharing, progressive video and others
9	Non-GBR	9	300	10^{-6}	

Gestione della mobilità in LTE

- ❑ Paging: una UE idle si può spostare da cella a cella: la rete non sa dove si trova la UE idle
 - messaggio di paging inviato in broadcast da MME a tutte le eNodeB per rintracciare UE

- ❖ handoff: simile a quanto avviene in 3G:
 - fase di preparazione
 - fase di esecuzione
 - fase di completamento



Segnalazione, piano di controllo e architettura

telefonia

- SS7
- ATM
- 3G, 4G

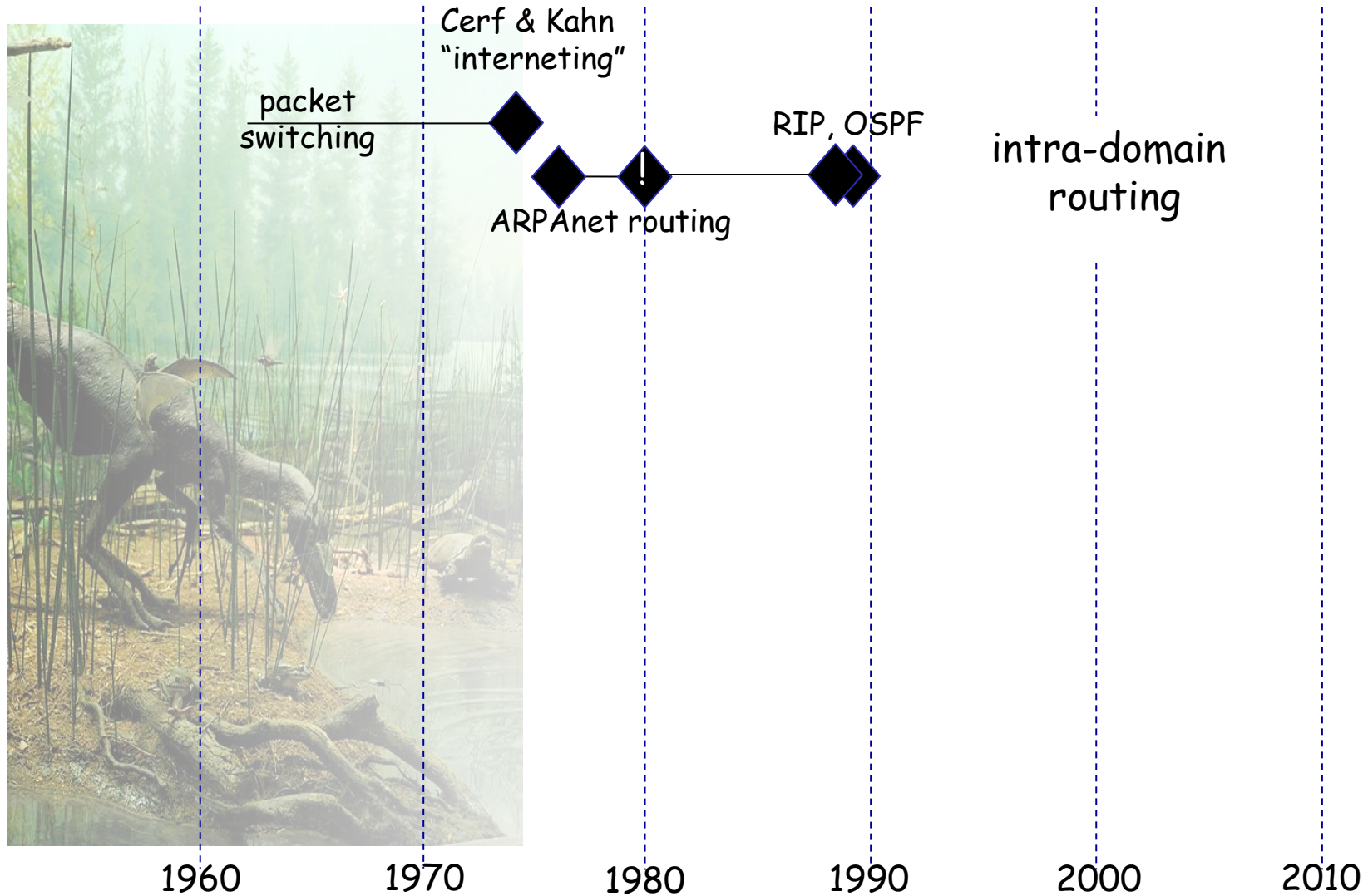
Internet

- ❖ protocolli di routing come forma di segnalazione
- ❖ soft state
- ❖ segnalazione host-rete - IGMP
- ❖ SIP

SDN

Software Defined
Networking

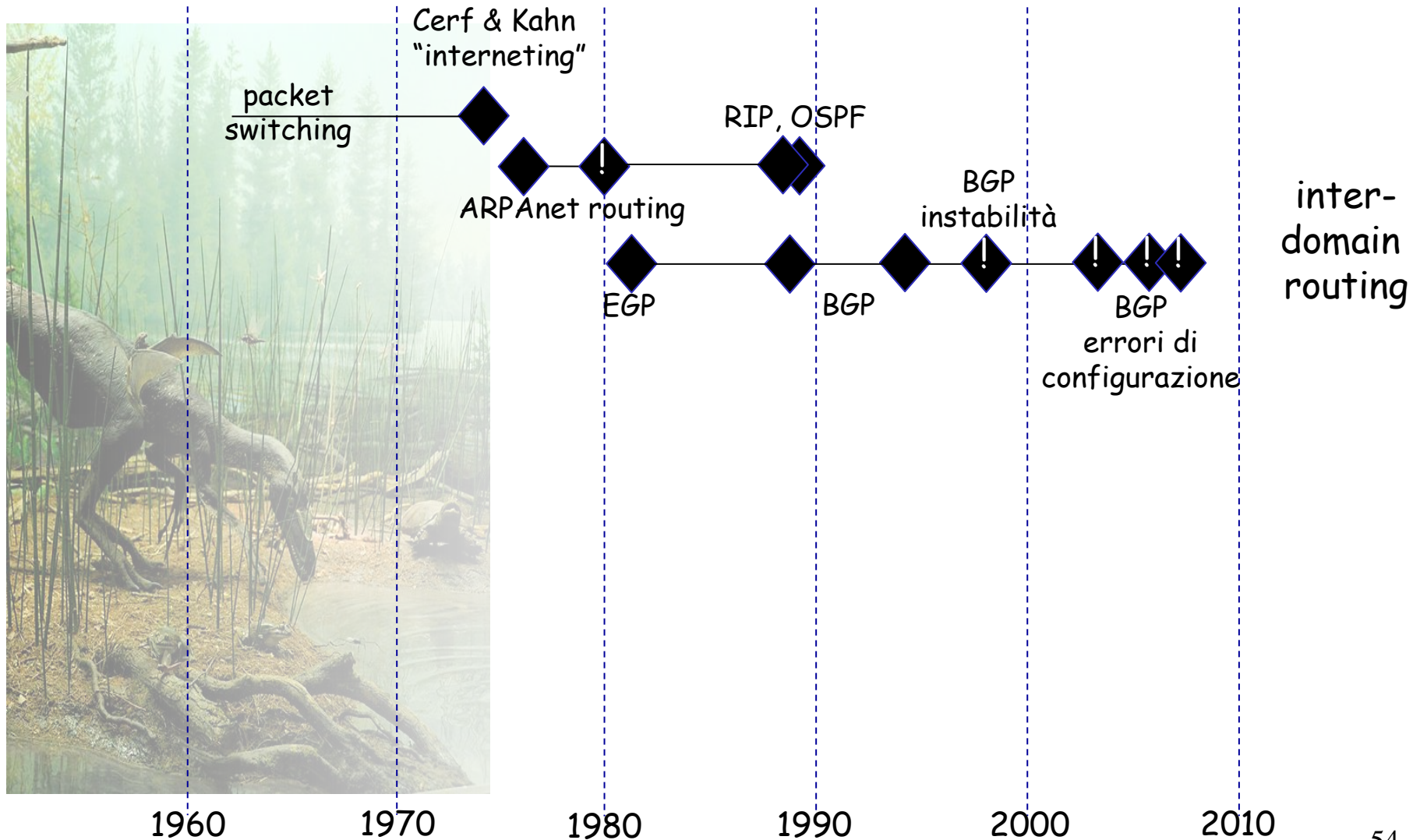
Piano di controllo in Internet



Piano di controllo in Internet: routing

- ARPAnet v1: distance vector (distribuito)
 - distribuito: scambio locale di distanze verso le destinazioni, approccio iterativo
 - problemi: convergenza "troppo lenta", tabelle inconsistenti, oscillazioni
 - il traffico di routing update interferisce con il traffico dati
- ARPAnet v2 (1980): link state
 - link state broadcast: tutti i router hanno la stessa vista della topologia; logicamente centralizzato, fisicamente distribuito
- IETF standardizza entrambi (ultimi anni 1980): RIP(DV), OSPF (link state)

Piano di controllo in Internet: routing



Piano di controllo in Internet: routing

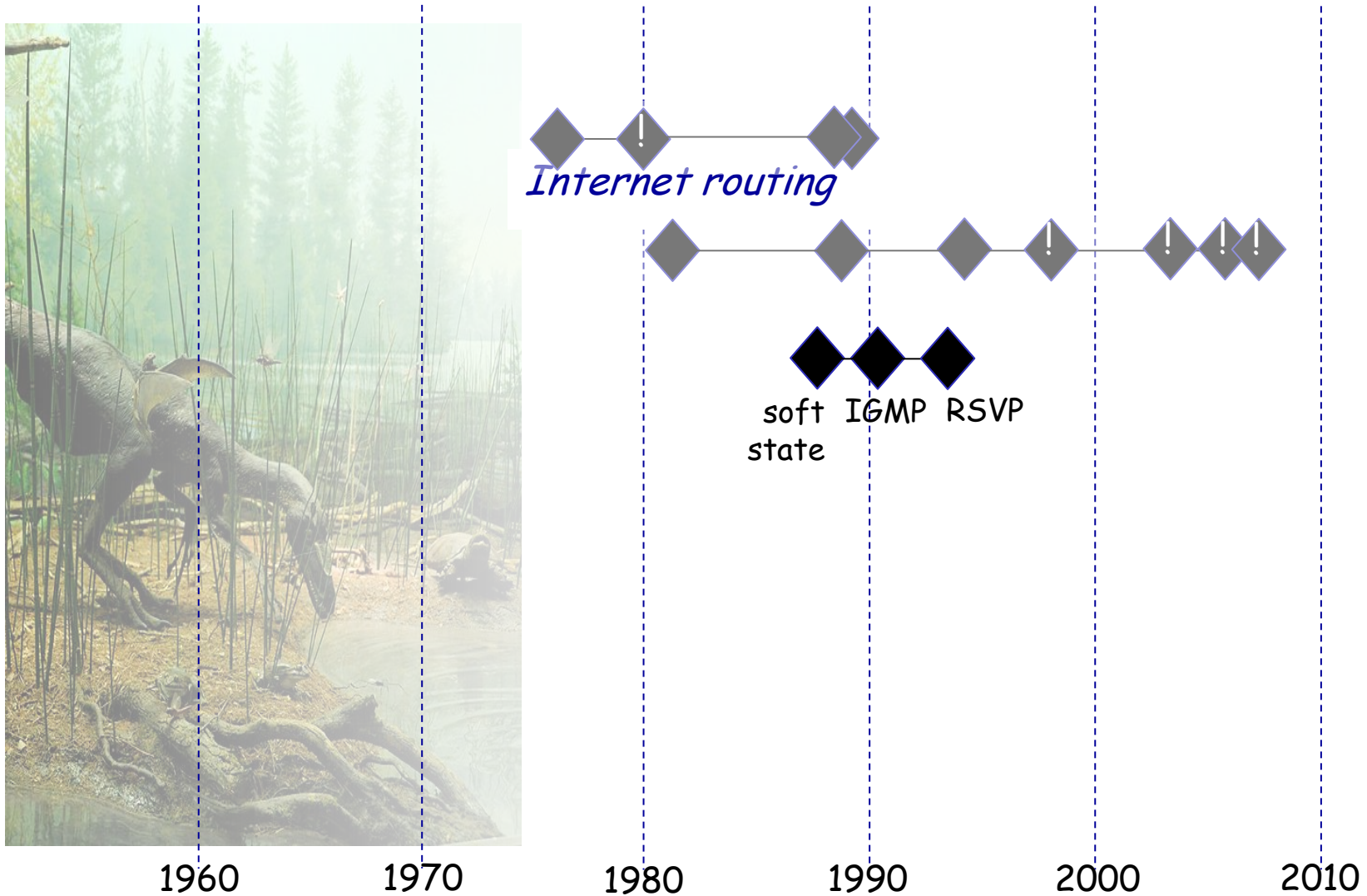
- ❖ BGP: protocollo distance-vector-like (path vector)
 - routers annunciano (ai vicini) paths verso le destinazioni
 - messaggi BGP inviati via TCP
- ❖ misure BGP (Labovtiz, 1997) mostrarono:
 - volume di traffico di routing update ordini di grandezza superiori al previsto
 - gran parte di questo traffico ridondante o patologico
 - aumento del volume di traffico su link congestionati, (TCP, timers mal configurati)
- ❖ errori di configurazione locali causano effetti globali
 - effetto black hole: annuncio di route non esistenti attrae traffico che non può più raggiungere la destinazione

Piano di controllo in Internet: routing

Lezioni imparate:

- ❑ capire la convergenza del routing, la consistenza delle tabelle è complicato
 - sistema distribuito, dipendente da timers e parametri vari
- ❑ gli errori di configurazione si propagano: problemi locali di un singolo router causano effetti globali
- ❑ pacchetti di controllo e pacchetti dati interagiscono tra loro

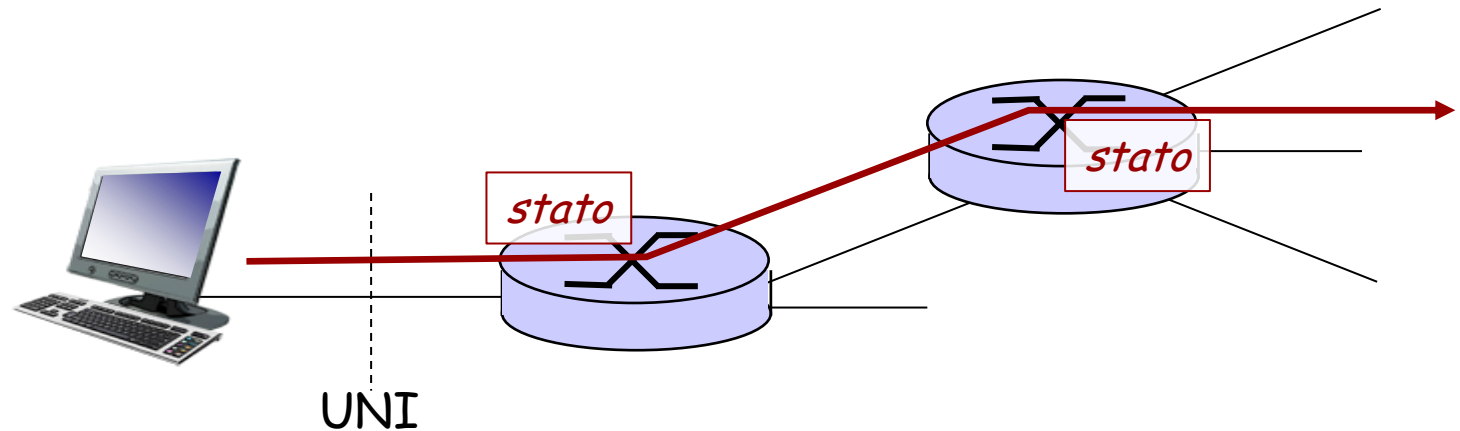
Piano di controllo in Internet



Segnalazione utente-rete

- Clark (1988) conia il termine "soft state"

*I call this concept "soft state," and it may very well permit us to achieve our **primary goals of survivability and flexibility**, while at the same time doing a better job of dealing with the issue of resource management and accountability.*



D: Come si mantiene lo stato in forma distribuita?

Segnalazione utente-rete

- Clark (1988) conia il termine "soft state"

*I call this concept "soft state," and it may very well permit us to achieve our **primary goals of survivability and flexibility**, while at the same time doing a better job of dealing with the issue of resource management and accountability.*

- definizione di Chiappa (basata su Clark):

*"soft state" si riferisce ad un **sistema** in cui:*

- *lo stato è mantenuto probabilisticamente*
- *lo stato non è necessariamente consistente*
- *gli utenti assumono la piena responsabilità di mantenere lo stato*
- *la rete assume la responsabilità di rimuovere lo stato*

Mantenere stato nella rete

stato: informazione memorizzata nei nodi della rete dai protocolli di rete

- ❑ da aggiornare quando le "condizioni" della rete mutano
- ❑ conservata in molteplici nodi
- ❑ spesso associata a chiamate o sessioni generate dai sistemi terminali
- ❑ esempi:
 - i router RSVP mantengono liste di ID di mittenti a monte di ogni link, e le riserve fatte dai ricevitori a valle
 - i commutatori ATM mantengono liste di VC: allocazioni di banda, mappaggio di VCI/VPI in input-output
 - TCP: numeri di sequenza, timers, stime del RTT

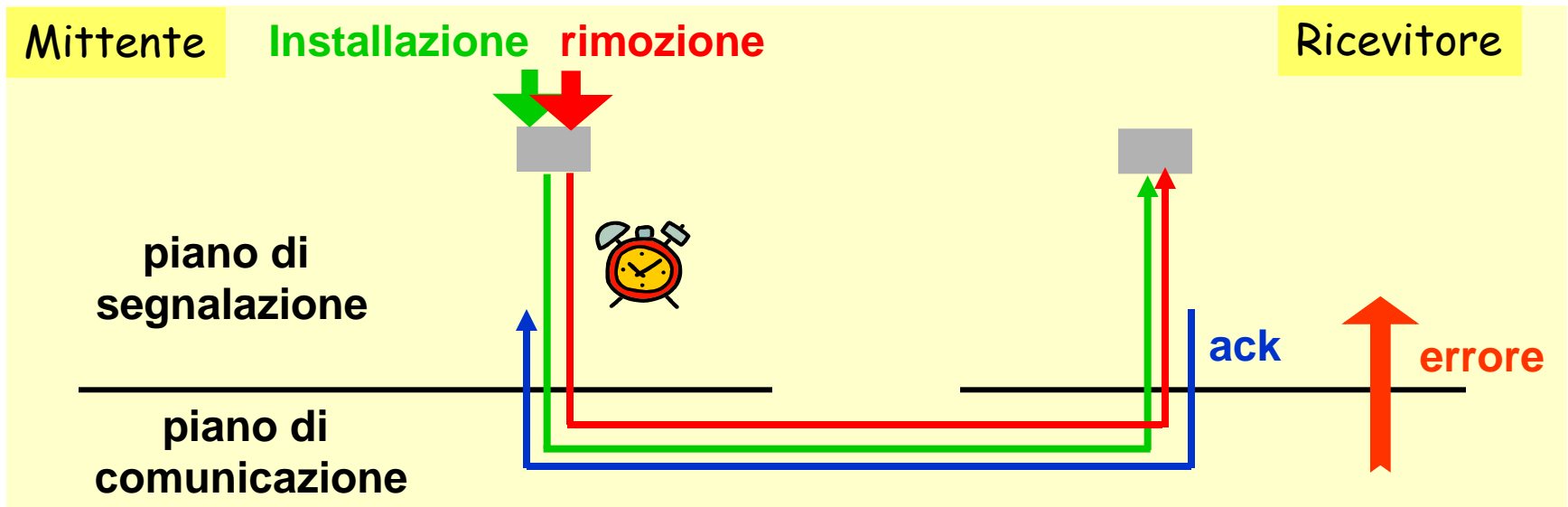
Stato: mittenti, ricevitori

- **mittente:** nodo della rete che (ri)genera messaggi di segnalazione (controllo) per installare, mantenere attivo, rimuovere stato da altri nodi
- **ricevitore:** nodo che crea, mantiene, rimuove stato in base a messaggi di segnalazione ricevuti dal mittente

Hard-state

- stato *installato* dal ricevitore alla ricezione di un *setup msg* dal mittente
- stato *rimosso* dal ricevitore alla ricezione di un *teardown msg* dal mittente
- *assunzione di default*: stato valido a meno di comunicazione esplicita
 - in pratica: occorrono meccanismi di ripristino (per rimuovere stati "orfani") in caso di malfunzionamenti della rete, del mittente, es: segnali "heartbeat": è ancora valido questo stato?
- esempi:
 - Q.2931 (segnalazione ATM)
 - ST-II (segnalazione hard-state in Internet)
 - TCP

Segnalazione hard-state



- ❑ segnalazione affidabile
- ❑ rimozione dello stato su richiesta
- ❑ richiede gestione aggiuntiva di errori
 - es: malfunzionamento del mittente

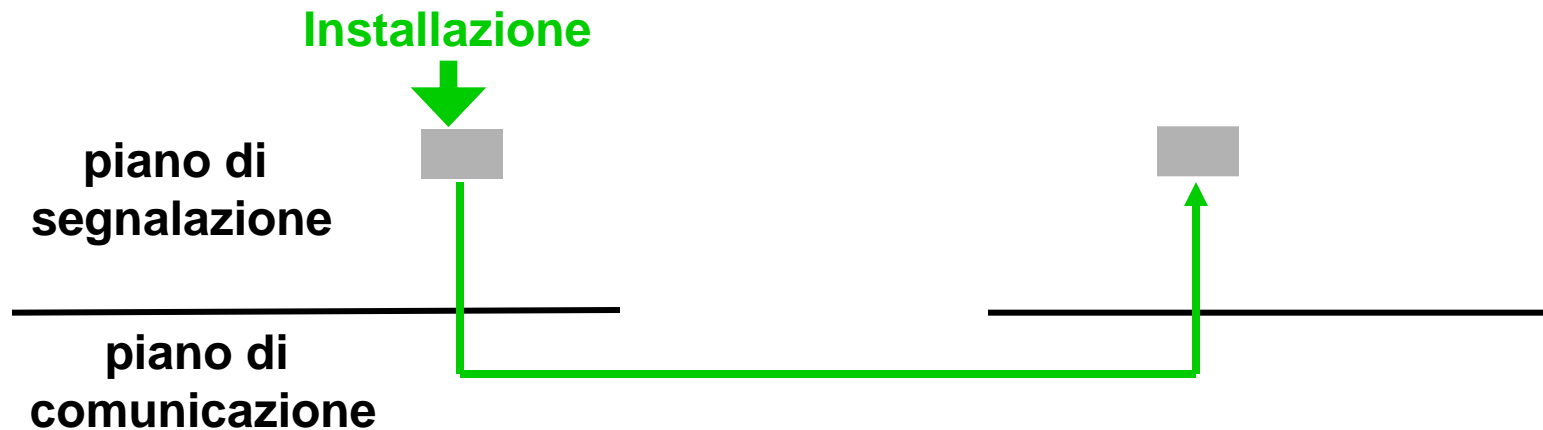
Soft-state

- stato *installato* dal ricevitore alla ricezione di *setup (trigger) msg* dal mittente (tipicamente, un sistema terminale)
 - mittente manda anche *refresh msg* periodici, che indicano al ricevitore di continuare a mantenere lo stato
- stato *rimosso* dal ricevitore tramite timeout, in assenza di refresh msg dal mittente
- assunzione di default: stato diventa non più valido a meno che venga rinfrescato
 - in pratica: messaggi di rimozione esplicita dello stato (*teardown*) vengono anche usati
- esempi:
 - RSVP, RTP, IGMP

Segnalazione soft-state

Mittente

Ricevitore

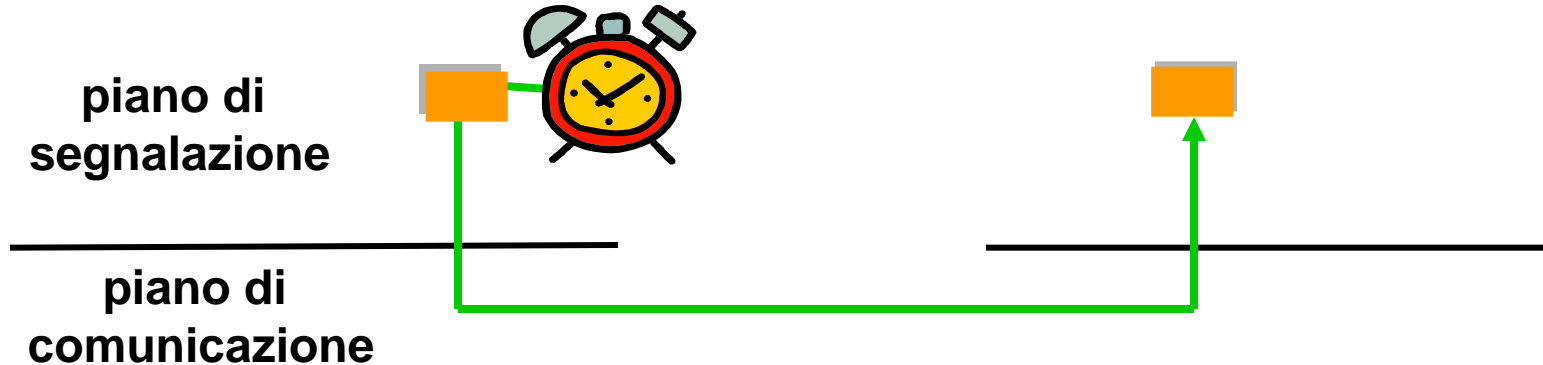


□ segnalazione best effort

Segnalazione soft-state

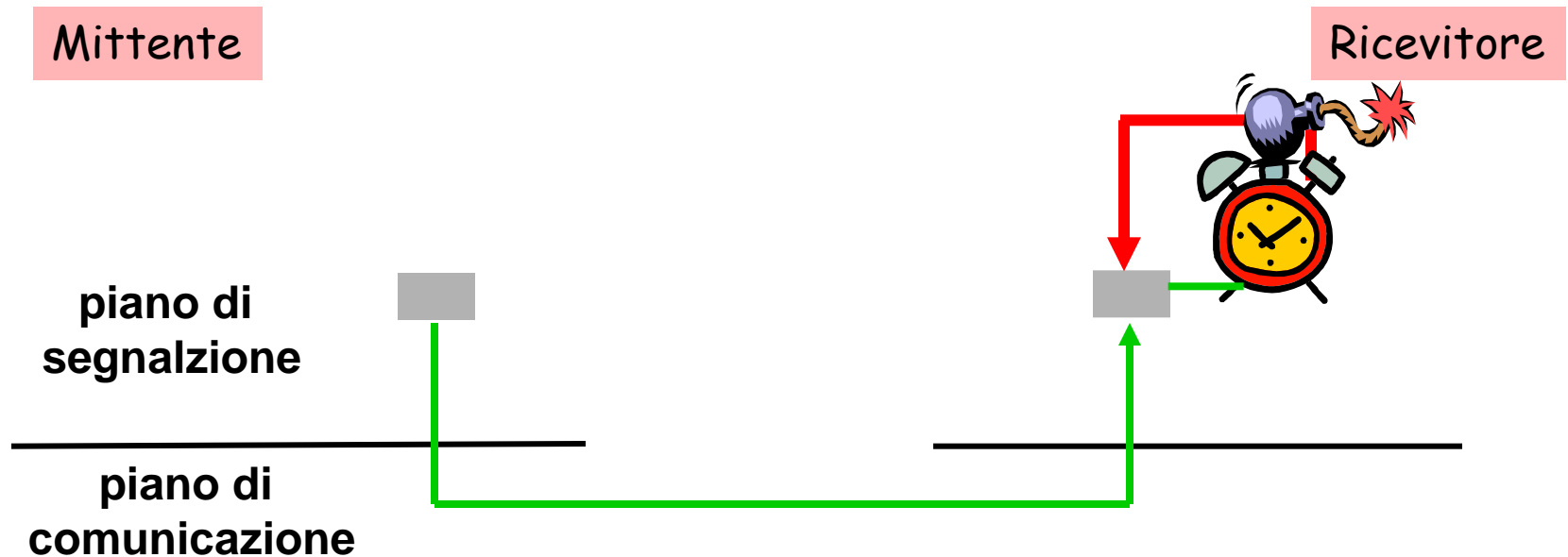
Mittente

Ricevitore



- ❑ segnalazione best effort
- ❑ refresh timer, rinfresco periodico

Segnalazione soft-state



- ❑ segnalazione best effort
- ❑ refresh timer, rinfresco periodico
- ❑ state time-out timer, stato rimosso solo allo scadere del timeout

presunti vantaggi del soft-state

- "I sistemi basati su soft-state sono robusti" [Raman 99]
- "I protocolli soft-state forniscono ... maggiore robustezza ai cambiamenti nelle condizioni sottostanti della rete..." [Sharma 97]
- "evita il bisogno di software complesso per la gestione di errori" [Balakrishnan 99]

Cosa significa?

Segnalazione in Internet

router IP offrono servizio di inoltro dei pacchetti non orientato alla connessione (senza stato)

+

servizio best-effort

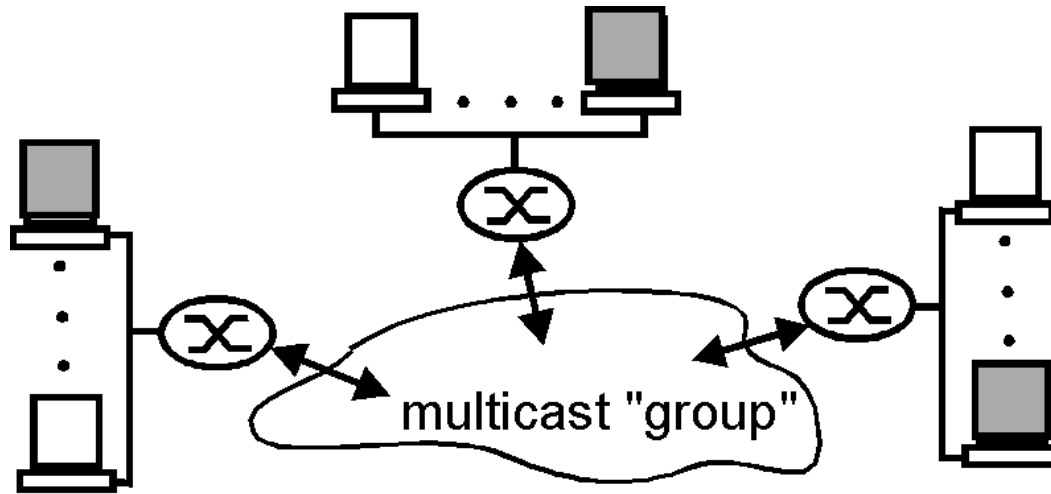
=

non previsti protocolli di segnalazione nel progetto iniziale di Internet

- ❑ **nuovo requisito:** prenotare risorse su percorso end-to-end (nei sistemi terminali, routers) per fornire qualità del servizio (QoS) ad applicazioni multimediali
- ❑ **RSVP:** Resource Reservation Protocol [RFC 2205]
 - “ ... permettere agli utenti di comunicare i loro requisiti alla rete in modo efficiente e robusto” ovvero, segnalazione!
- ❑ versione precedente: Internet Signaling protocol: ST-II [RFC 1819]
- ❑ concepita avendo in mente il **multicast**

Ripasso: IP Multicast

Modello di servizio multicast in Internet

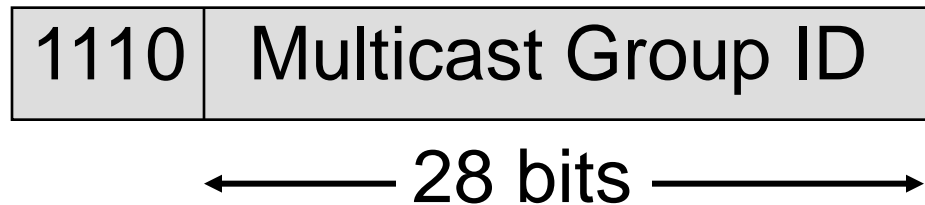


basato sul concetto di gruppo multicast:

- le sorgenti mandano datagrammi IP ad un gruppo multicast
- gli hosts che si sono "iscritti" a quel gruppo multicast ricevono i pacchetti inviati al gruppo

Internet Multicast

- indirizzi di gruppo multicast
 - indirizzi IP di classe D

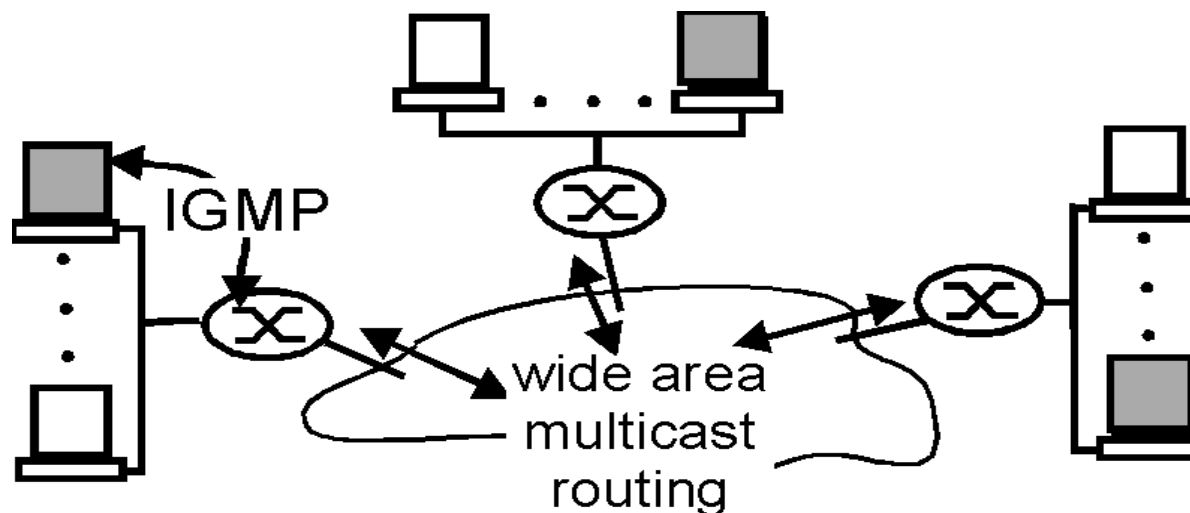


D: quanti gruppi diversi sono possibili?

- sfruttamento del multicast a livello link
- due funzioni protocollari principali:
 - gestione dei gruppi
 - IGMP
 - instradamento
 - DVMRP, MOSPF, CBT, PIM

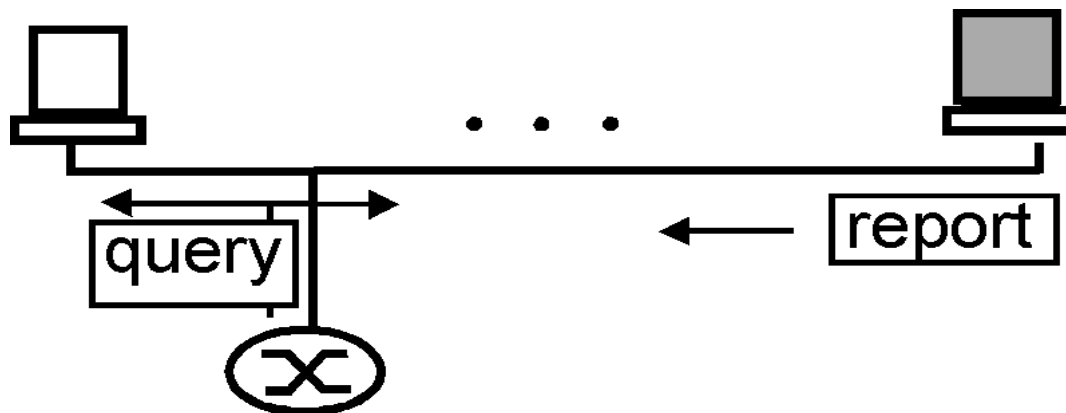
Partecipazione ad un gruppo multicast: processo in due fasi

- *locale*: l'host informa il multicast router locale del suo interesse a far parte del gruppo: IGMP
- *wide area*: il router locale interagisce con altri router per ricevere il flusso dati multicast
 - molti protocolli (es: DVMRP, MOSPF, PIM)



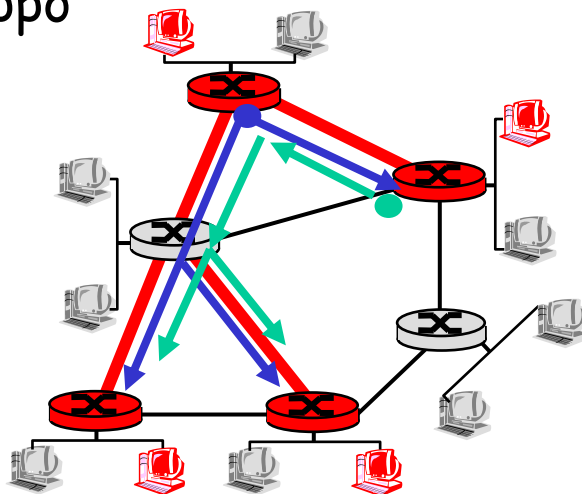
IGMP: Internet Group Management Protocol

- ❑ *host*: manda un IGMP report quando l'applicazione entra a far parte del gruppo multicast
 - opzione `IP_ADD_MEMBERSHIP` del socket
 - host non deve lasciare esplicitamente il gruppo
- ❑ *router*: invia IGMP query a intervalli regolari
 - host appartenenti al gruppo multicast devono rispondere alla query

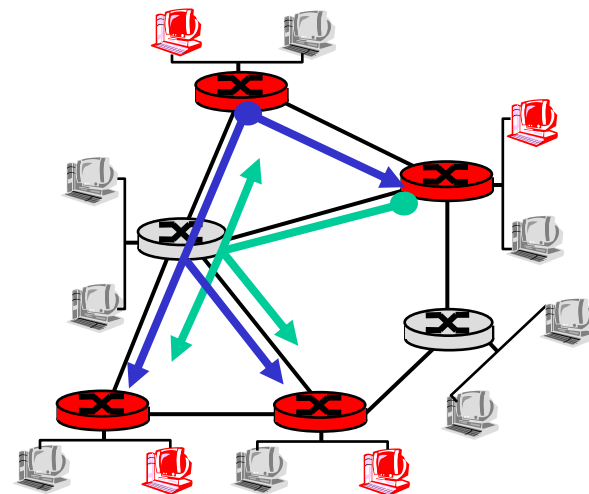


Multicast routing: definizione del problema

- **Obiettivo:** trovare un albero (o più alberi) che connetta i router aventi in locale membri di gruppi multicast
 - albero: non usa tutti i possibili path tra i router
 - source-based: un albero diverso da ogni mittente ai ricevitori
 - shared-tree: uno stesso albero usato da tutti i membri del gruppo



Shared tree



Source-based trees

Multicast a singola sorgente

- ❑ modello originale di multicast IP difficile da implementare
 - es: allocazione di indirizzi mcast alle reti
- ❑ molte applicazioni richiedono solo una singola sorgente
- ❑ PIM-SSM
 - utilizza la coppia di indirizzi (sorgente, gruppo) per identificare un gruppo (non richiede allocazione di indirizzi multicast)
 - costruisce solo alberi source-based

D: quanti gruppi diversi sono possibili?

...tornando a RSVP

Criteri di progetto di RSVP

1. permettere **ricevitori eterogenei** (diverse bande sui percorsi)
2. permettere svariate applicazioni **con diversi requisiti di risorse**
3. fare del **multicast un servizio di "prima classe"**, adattandosi al modello di appartenenza a gruppi multicast
4. **appoggiarsi ai protocolli di routing multicast/unicast esistenti**, adattandosi alle dinamiche di instradamento supportate dal livello sottostante
5. **overhead del controllo** cresca (al più) linearmente del numero di ricevitori
6. **architettura modulare** per adattarsi a tecnologie sottostanti eterogenee

RSVP: cosa non fa...

- ❑ specificare come dividere le risorse
 - ❑ piuttosto: offrire meccanismo per comunicare requisiti di risorse
- ❑ determinare l'instradamento dei pacchetti
 - ❑ questo è il compito dei protocolli di routing
 - ❑ segnalazione disaccoppiata dall'instradamento
- ❑ interagire con l'inoltro dei pacchetti
 - ❑ separazione del piano di controllo (segnalazione) e del piano dei dati (inoltro)

RSVP: funzionamento ad alto livello

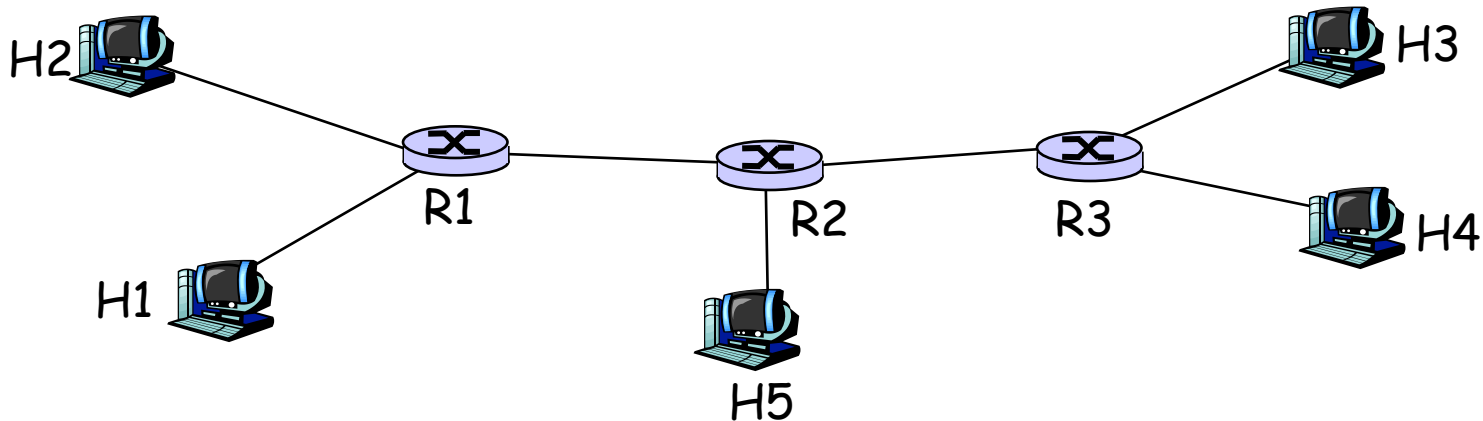
- ❑ **mittenti, ricevitori entrano a far parte di un gruppo multicast**
 - fatto al di fuori di RSVP (IGMP)
 - i mittenti non devono iscriversi al gruppo
- ❑ **segnalazione mittente-rete**
 - *path message*: informano i router della presenza dei trasmettitori
 - rimozione: cancella dai router lo stato relativo al percorso del mittente
- ❑ **segnalazione ricevitore-rete**
 - *reservation message*: riserva le risorse dal mittente (o dai mittenti) al ricevitore
 - cancellazione della riservazione: rimuove le richieste di risorse fatte dal ricevitore
- ❑ **segnalazione rete-sistema terminale**
 - errori sul path
 - errori di riservazione

Path msg: segnalazione *mittente-rete* in RSVP

- *path message* contiene:
 - *indirizzo*: destinazione unicast oppure gruppo multicast
 - *flowspec*: requisiti di banda del mittente
 - *filter flag*: se posto a "si", si tiene traccia dell'identità dei mittenti a monte (per permettere il filtraggio dei pacchetti in base alla sorgente)
 - *previous hop*: router/host ID precedente
 - *refresh time*: tempo dopo il quale scade questa info
- *path message*: comunica informazioni relative alla sorgente e all'instradamento sul percorso inverso (*reverse-path-to-sender*)
 - permette in seguito l'inoltro verso monte delle richieste dei ricevitori

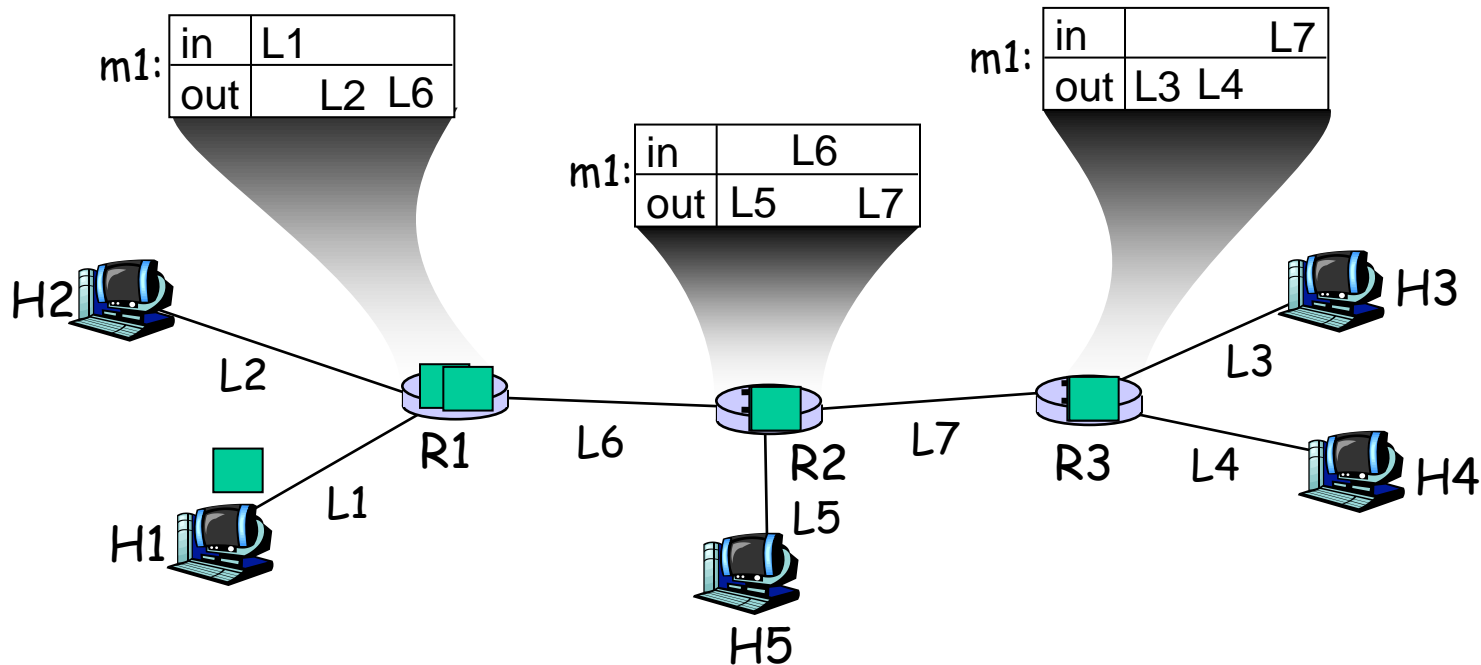
RSVP: semplice audio-conferenza

- H1, H2, H3, H4, H5 sia mittenti sia ricevitori
- gruppo multicast m1
- no filtraggio: vengono inoltrati i pacchetti di qualunque mittente
- rate audio: b
- un unico albero di instradamento multicast



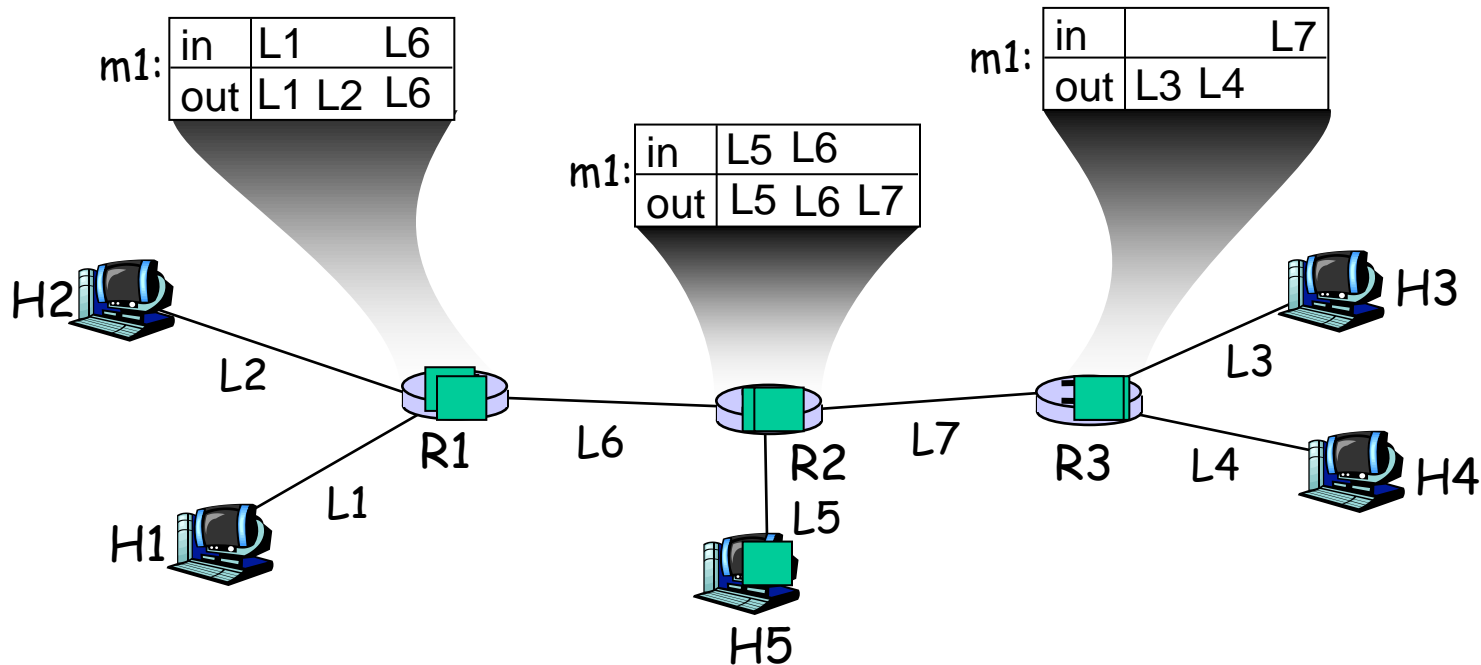
RSVP: costruzione del path state

- H1, ..., H5 mandano tutti path messages su *m1*:
(address=*m1*, Tspec=*b*, filter-spec=no-filter, refresh=100)
- supponiamo che H1 mandi il primo path message



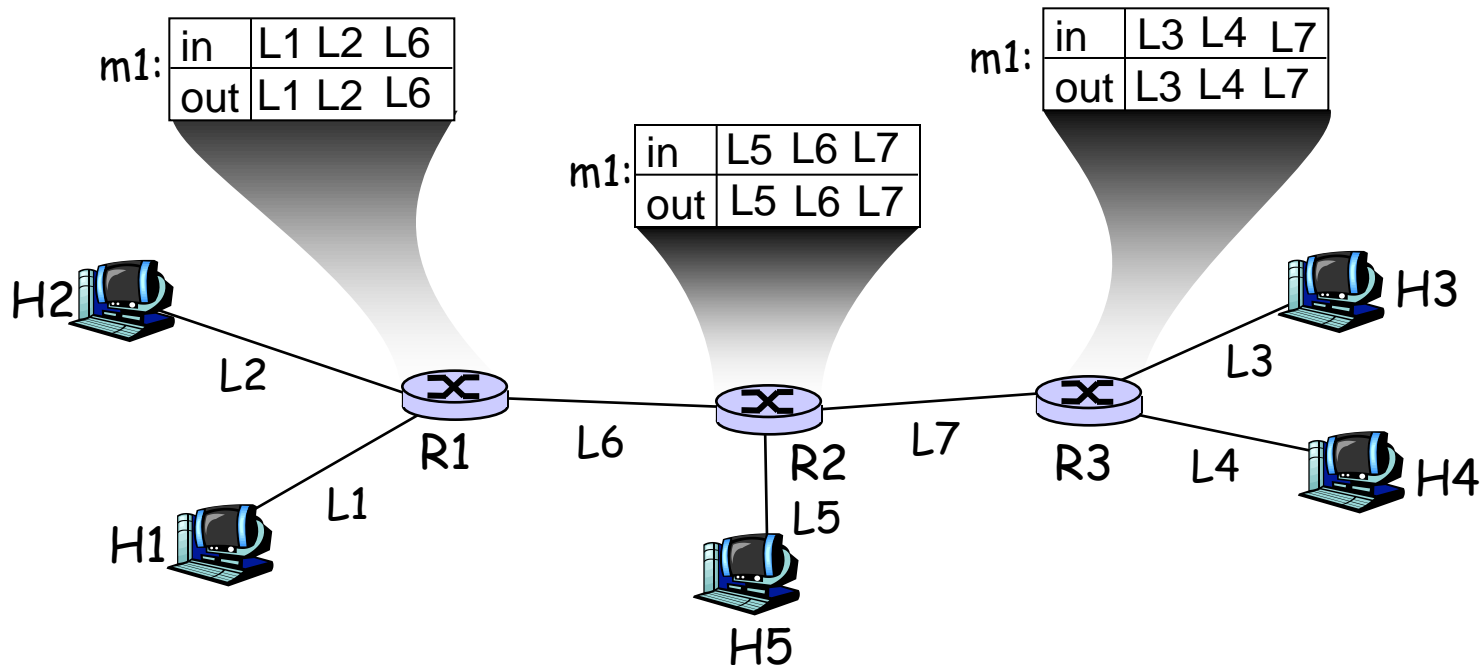
RSVP: costruzione del path state

- in seguito, H5 manda il path message, creando ulteriore stato nei routers



RSVP: costruzione del path state

- H2, H3, H5 mandano i loro path msgs, completando le tabelle contenenti il path state



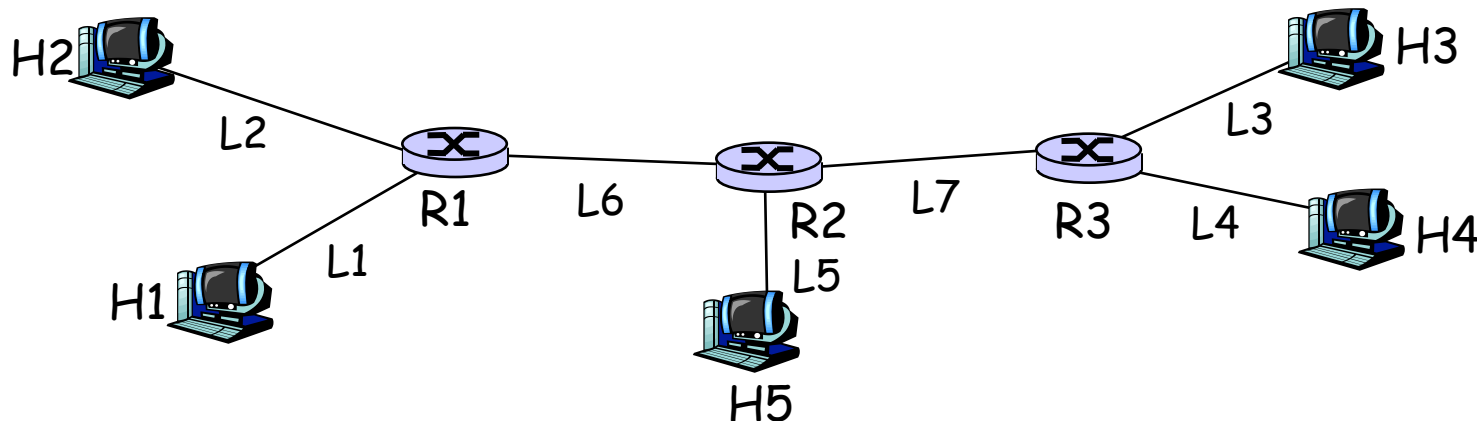
Reservation msgs: segnalazione *ricevitore-rete*

- contenuti del reservation message:
 - *banda desiderata:*
 - *tipo di filtraggio:*
 - nessun filtro: tutti i pacchetti verso il gruppo multicast posso usare le risorse prenotate
 - filtro fisso: solo i pacchetti da uno specifico insieme di mittenti posso usare le risorse prenotate
 - filtro dinamico: i mittenti i cui pacchetti vengono inoltrati possono cambiare nel tempo (a scelta del ricevitore).
 - *specifiche del filtro*
- le riserve fluiscono verso monte dai ricevitori verso i mittenti, prenotando le risorse, e creando ulteriore stato nei router (**specifico per ricevitore**)

RSVP: riservazione del *ricevitore* esempio 1

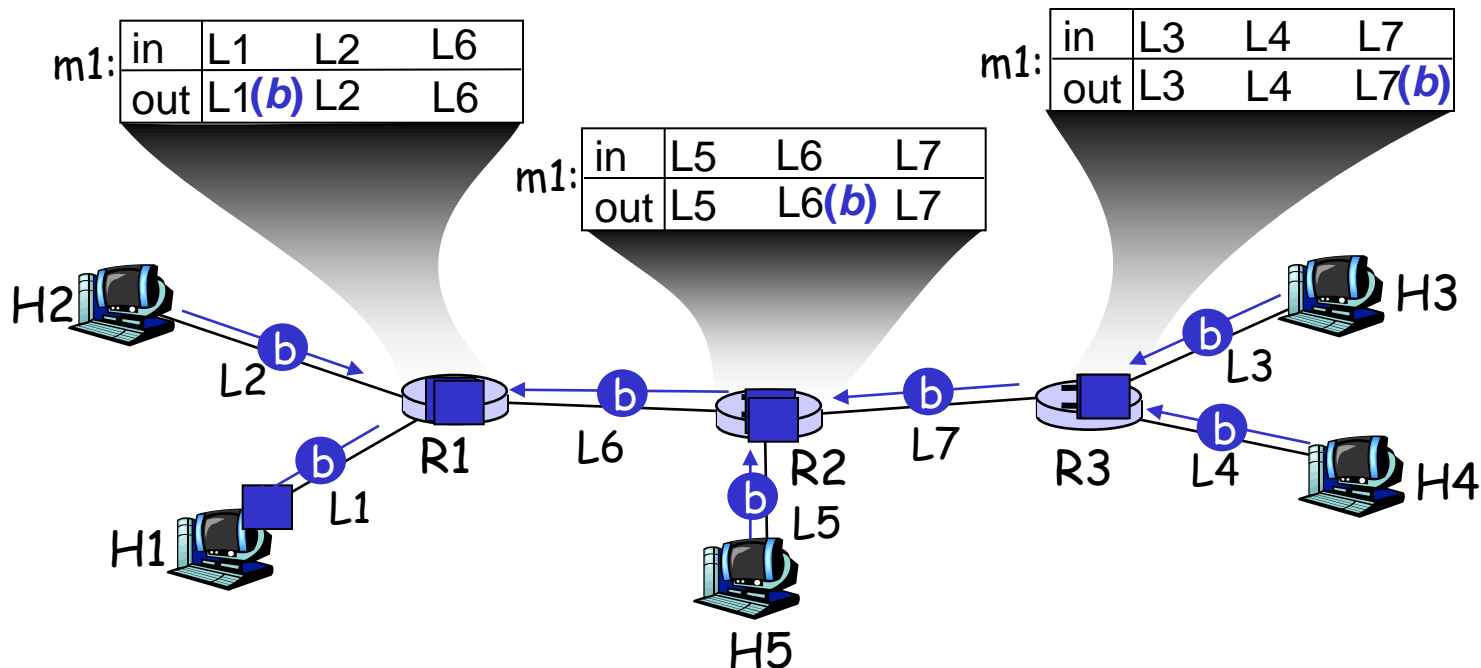
H1 vuole ricevere lo stream audio da tutti i mittenti

- ❑ Il reservation msg di H1 fluisce verso i mittenti
- ❑ H1 riserva solo la banda sufficiente per un flusso audio
- ❑ la riservazione è di tipo "nessun filtro" - ogni mittente può usare la banda richiesta



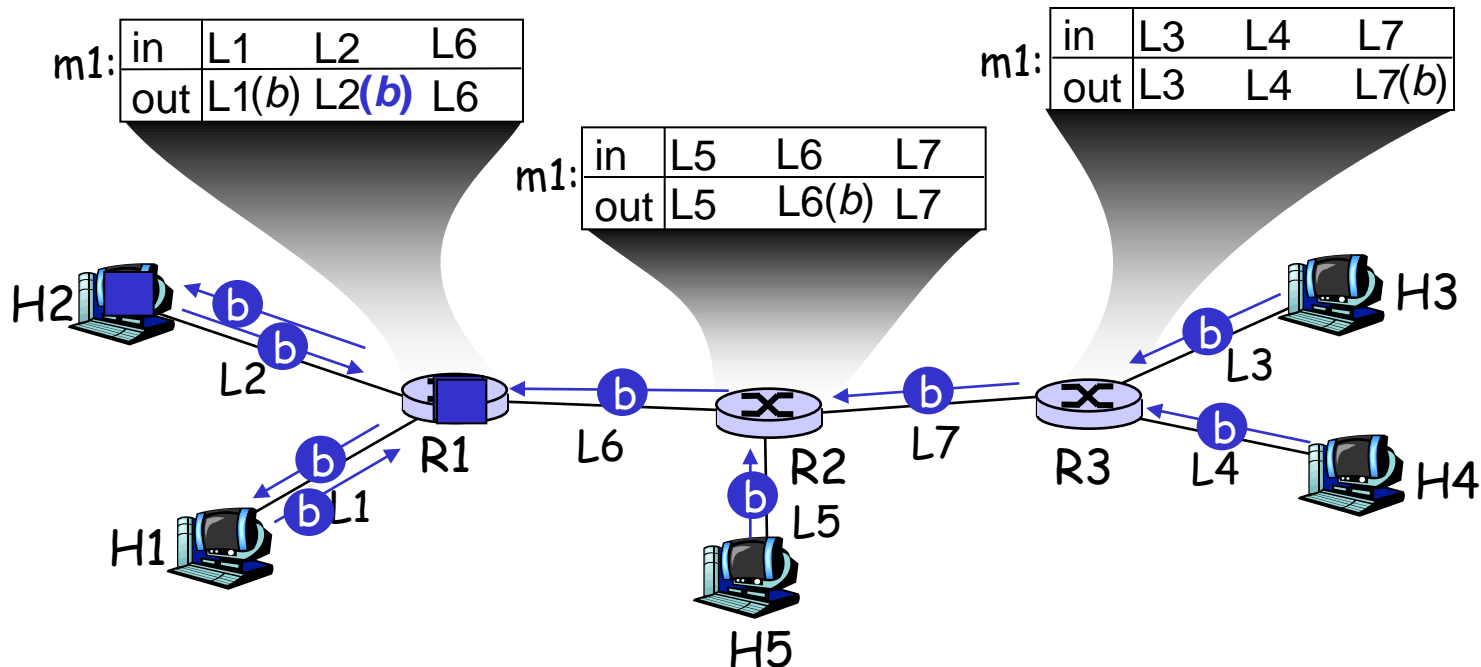
RSVP: riservazione del *ricevitore* esempio 1

- Il reservation msgs di H1 fluisce verso i mittenti
- I router, host riservano la banda b necessaria sui link a valle verso H1



RSVP: riservazione del *ricevitore* esempio 1 (cont)

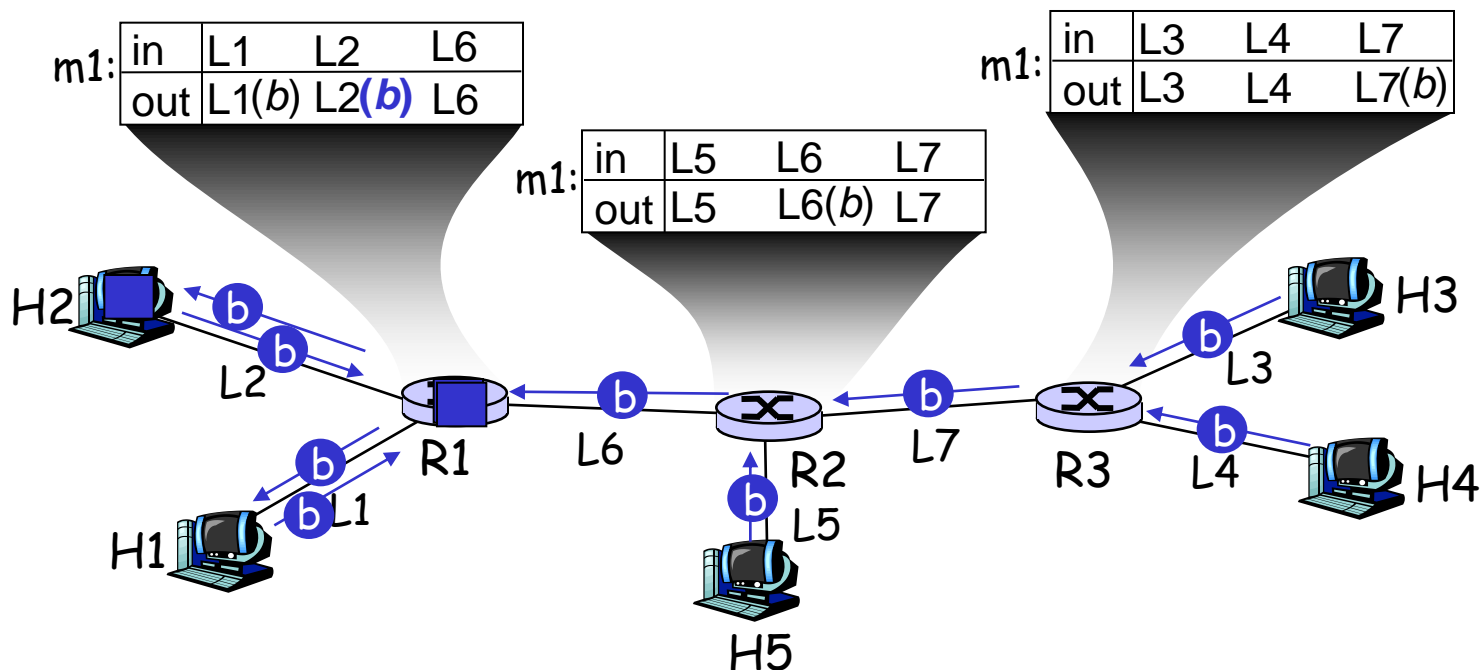
- dopo, H2 fa una richiesta di tipo nessun-filtro per la banda b
- H2 inoltra a R1, R1 inoltra a H1 and R2
- R2 non fa nulla, perchè b è già allocata su L6



RSVP: riservazione del *ricevitore* criticità

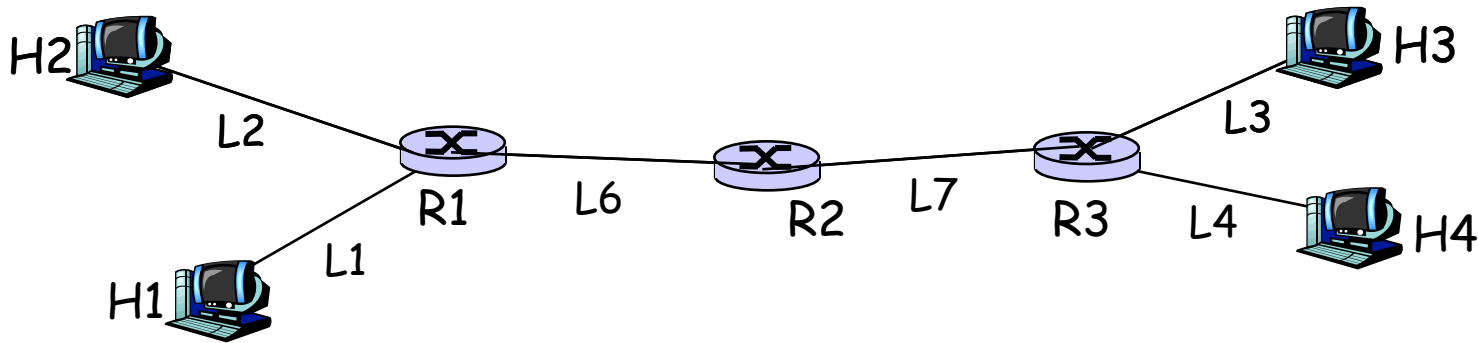
Se ci fossero più mittenti (es: H3, H4, H5) su uno stesso link (es: L6)?

- ❑ mescolamento casuale dei pacchetti
- ❑ canale L6 gestito con modalità leaky bucket: se il tasso $H3+H4+H5$ eccede b , ci sarà perdita di pacchetti



RSVP: esempio 2

- H1, H4 sono gli unici mittenti
 - mandano *path messages* come prima, indicando però riservazione soggetta a flitraggio
 - i router memorizzano i mittenti a monte che si trovano su ogni canale
- H2 vuole ricevere solo da H4

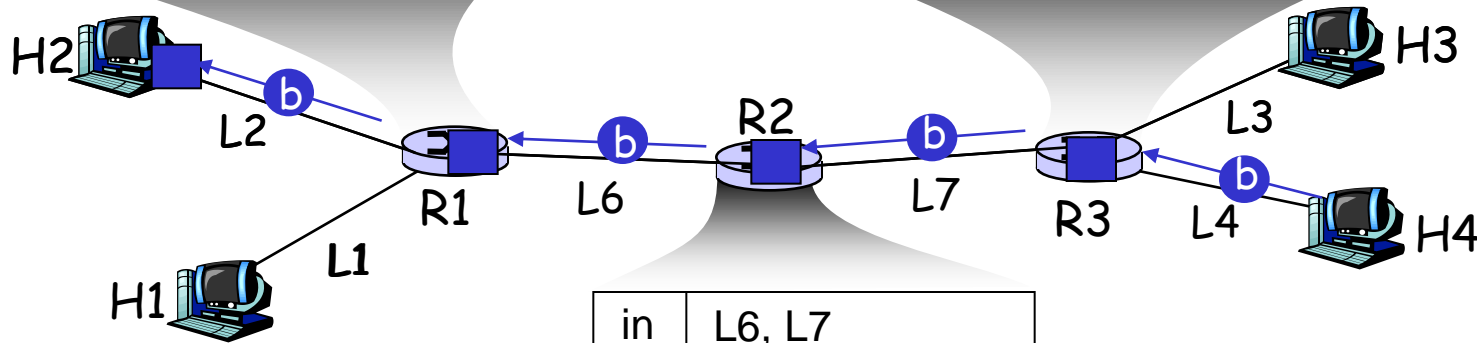


RSVP: esempio 2

- il ricevitore H2 manda messaggi di riservazione per la sorgente H4 con banda b
 - propagati a monte verso H4, riservando b

in	L1, L6
out	L2(H1-via-H1 ; H4-via-R2 (b)) L6(H1-via-H1) L1(H4-via-R2)

in	L4, L7
out	L3(H4-via-H4 ; H1-via-R2) L4(H1-via-R2) L7(H4-via-H4 (b))



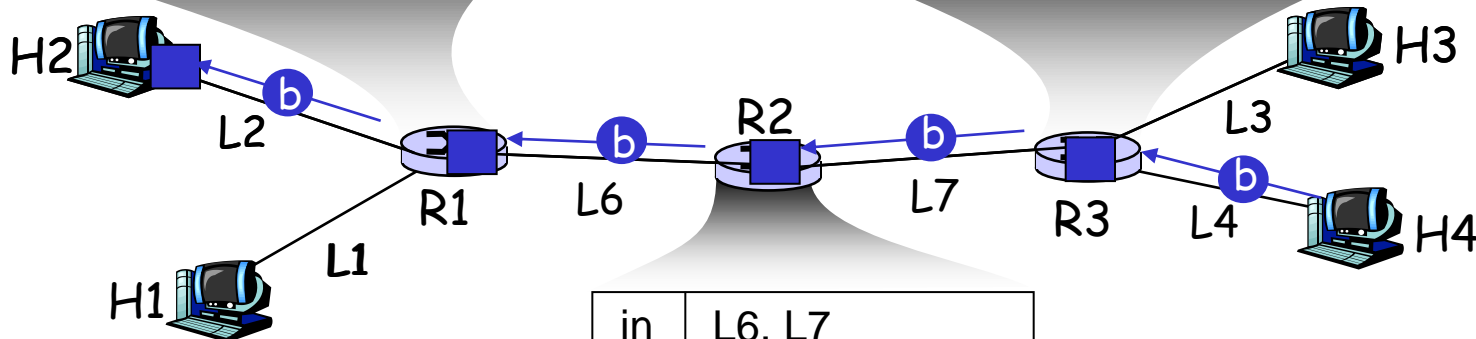
in	L6, L7
out	L6(H4-via-R3 (b)) L7(H1-via-R1)

RSVP: approccio *soft-state*

- i mittenti re-inviano periodicamente path msgs per rinfrescare (mantenere) lo stato
- i ricevitori re-inviano periodicamente resv msgs per rinfrescare (mantenere) lo stato
- path e resv msgs hanno campo TTL, che specifica intervallo di refresh

in	L1, L6
out	L2(H1-via-H1 ; H4-via-R2 (b)) L6(H1-via-H1) L1(H4-via-R2)

in	L4, L7
out	L3(H4-via-H4 ; H1-via-R2) L4(H1-via-R2) L7(H4-via-H4 (b))



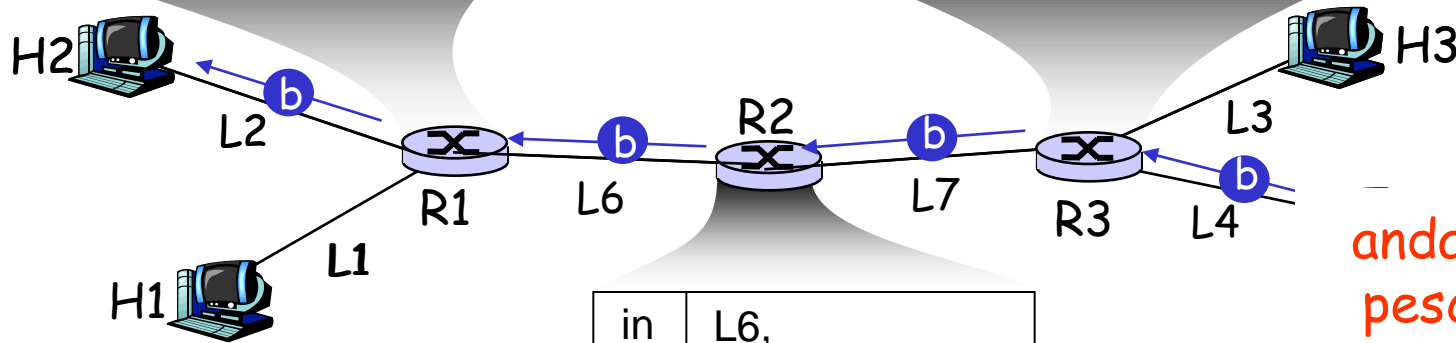
in	L6, L7
out	L6(H4-via-R3 (b)) L7(H1-via-R1)

RSVP: approccio *soft-state*

- supponiamo che il mittente H4 lasci il gruppo senza segnalarlo in modo esplicito
- lo stato nei routers finirà per scadere e scomparire!

in	L1,
out	L2(H1-via-H1 ;) L6(H1-via-H1) L1()

in	, L7
out	L3(; H1-via-R2) L4(H1-via-R2) L7()



in	L6,
out	L6() L7(H1-via-R1)

andato a pescare!

I molti usi del rinfresco delle riserve/path

- ❑ recupero di un precedente messaggio di rinfresco andato perso
 - il tempo atteso prima di ricevere un messaggio di rinfresco deve essere più lungo dell'intervallo di timeout!
- ❑ gestire ricevitori/mittenti che lasciano senza avvertimento
 - lo stato relativo a mittenti/ricevitori andrà in timeout e scomparirà
- ❑ il rinfresco di path messages permette agli utenti di mandare riserve per nuovi mittenti che si aggiungono
- ❑ il rinfresco di path/resv messages permette l'adattamento a cambiamenti nell'instradamento multicast sottostante

RSVP: riflessioni

- ❑ multicast come servizio di "prima classe"
- ❑ riservezioni "receiver-oriented"
- ❑ approccio soft-state

SIP: Session Initiation Protocol [RFC 3261]

Visione a lungo termine:

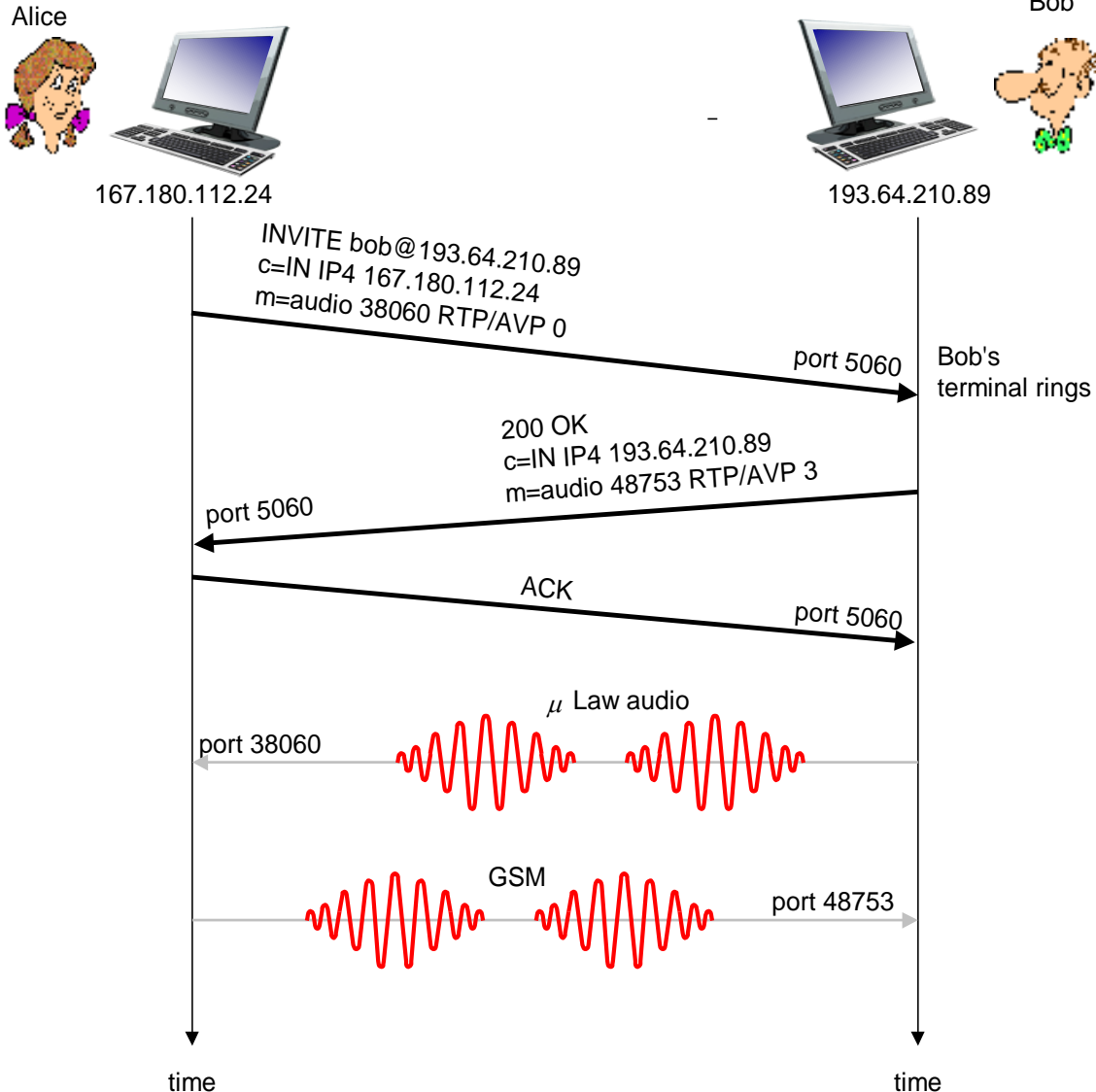
- ❑ tutte le chiamate telefoniche, tutte le video-conferenze, avverranno su Internet
- ❑ persone identificate da nomi o indirizzi email, piuttosto che numeri di telefono
- ❑ il chiamato deve poter essere raggiunto (*se lo desidera*) indipendentemente dalla sua mobilità o dal dispositivo IP che sta attualmente usando

segnalazione a livello applicativo

servizi SIP

- SIP fornisce meccanismi di call setup in modo che:
 - chiamante può informare chiamato di voler iniziare una conversazione
 - chiamante e chiamato possono mettersi d'accordo sul tipo di flusso multimediale (codifica, etc)
 - terminare la chiamata
- determinazione dell'indirizzo IP attuale del chiamato:
 - mappaggio tra identificativo mnemonico e indirizzo IP corrente
- gestione della chiamata
 - aggiunta di nuovi flussi multimediali durante una sessione
 - modifica della codifica durante la sessione
 - invito di altri utenti
 - trasferimento, sospensione della chiamata

Esempio: chiamata verso indirizzo IP noto



- ❖ Alice manda **SIP invite message**, indicando sua porta, indirizzo IP, codifica che preferisce ricevere (PCM μ law)
- ❖ Bob manda **200 OK message** indicando sua porta, indirizzo IP, codifica desiderata (GSM)
- ❖ messaggi SIP possono essere mandati su TCP o UDP; qui mandati su RTP/UDP
- ❖ La porta di default di SIP è la 5060

Setup della chiamata (cont)

- negoziazione del codec:
 - supponiamo Bob non abbia il codificatore PCM μ law
 - Bob risponde con **606 Not Acceptable Reply**, con una lista dei suoi codificatori. Alice dopo manda un nuovo **INVITE message**, chiedendo una diversa codifica
- rifiuto della chiamata
 - Bob può rifiutare la chiamata indicando motivazioni tipo “occupato,” “non in linea” “pagamento richiesto” “chiamata non permessa”, etc...
- flusso dati può essere inviato su RTP o altro protocollo di trasporto

Esempio di messaggio SIP

```
INVITE sip:bob@domain.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 167.180.112.24
From: sip:alice@hereway.com
To: sip:bob@domain.com
Call-ID: a2e3a@pigeon.hereway.com
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 885

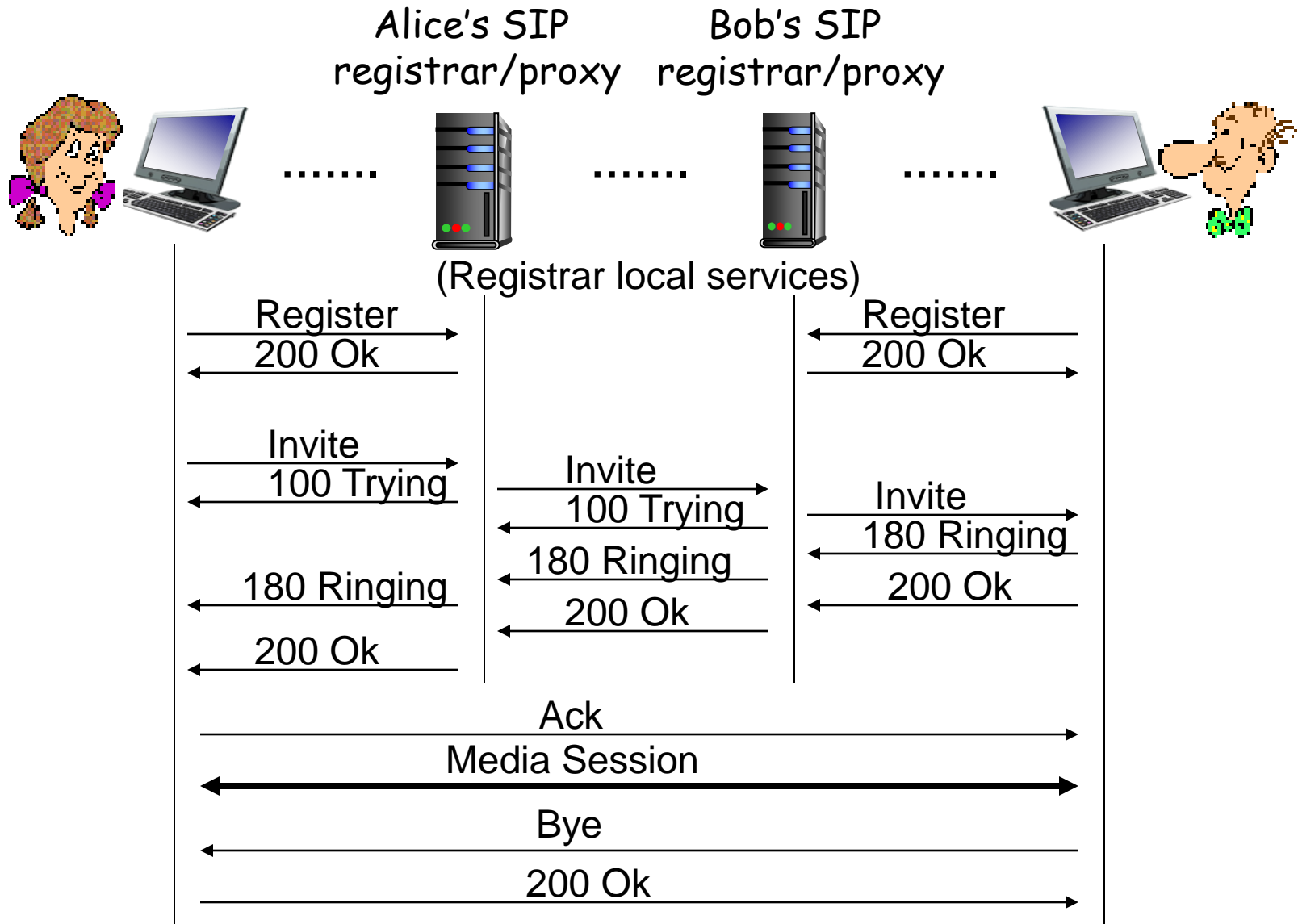
c=IN IP4 167.180.112.24
m=audio 38060 RTP/AVP 0
```

Notes:

- ❑ sintassi HTTP
- ❑ sdp = session description protocol
- ❑ Call-ID è unico per ciascuna chiamata

- ❖ Qui non si conosce indirizzo IP di Bob
 - occorre intermediazione di un server SIP
- ❖ Alice invia/riceve messaggi SIP usando la porta di default 5060
- ❖ Alice specifica nell'header che il client SIP invia/riceve messaggi SIP tramite UDP

Diagramma temporale SIP



SIP registrar

- ❖ Una delle funzioni del server SIP: *registrazione*
- ❖ quando Bob avvia il suo SIP client, client manda messaggio SIP REGISTER al server SIP di Bob
 - Il server SIP di Bob registra l'indirizzo IP attuale di Bob (simile a HLR della rete cellulare)
 - Nota: funzione necessaria in qualunque sistema di Instant Messaging

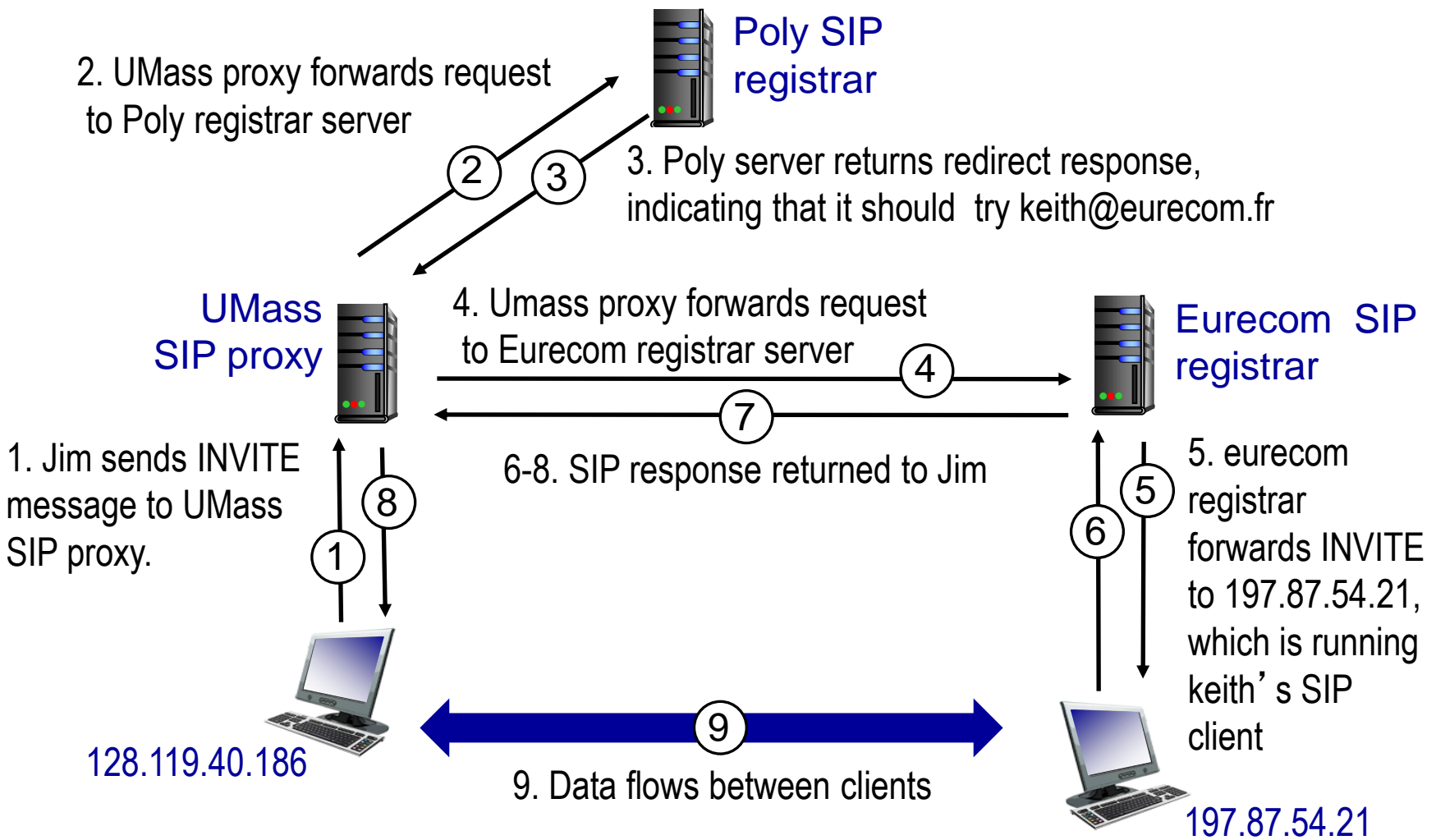
register message:

```
REGISTER sip:domain.com SIP/2.0  
Via: SIP/2.0/UDP 193.64.210.89  
From: sip:bob@domain.com  
To: sip:bob@domain.com  
Expires: 3600
```

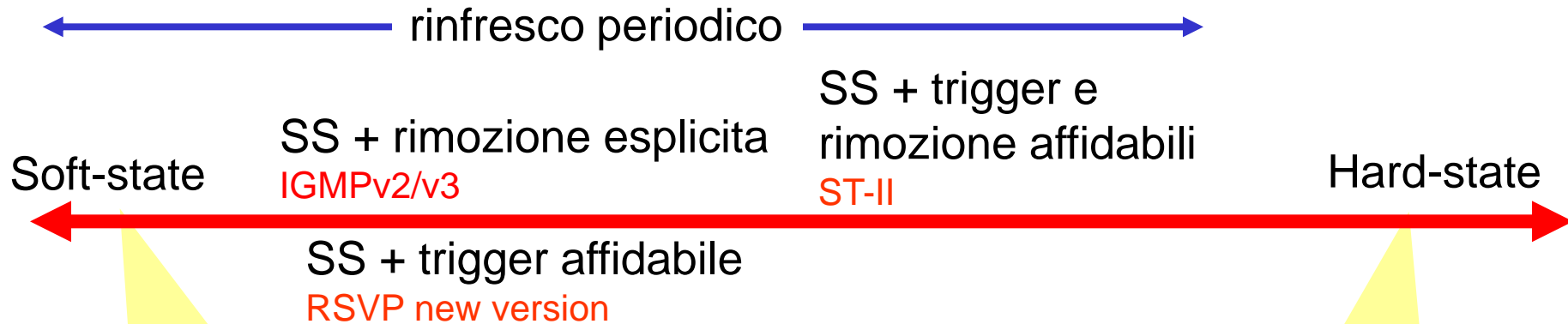
SIP proxy

- ❑ altra funzione del server SIP server: *proxy*
- ❑ Alice manda un messaggio di invito (per Bob) al suo proxy server
 - contenente indirizzo sip:bob@domain.com
 - il proxy si fa carico di instradare il messaggio SIP al chiamato, possibilmente attraverso molteplici proxies
- ❑ Bob risponde attraverso la stessa sequenza di SIP proxies
- ❑ proxy restituisce poi il messaggio SIP di risposta di Bob ad Alice
 - contenente l'indirizzo IP di Bob
- ❑ SIP proxy analogo a un DNS server locale con in più la funzione di instaurazione della chiamata

Esempio SIP: jim@umass.edu chiama chiama keith@poly.edu



"spettro" dei meccanismi di segnalazione



- installazione/rin fresco periodico dello stato di tipo best effort
- stato rimosso da timeout
- RSVP, IGMPv1

- segnalazione affidabile
- rimozione esplicita dello stato
- richiede meccanismo addizionale di rimozione di stato orfano
- Q2931b

Discussione sulla segnalazione: SS7 vs Q.2931 vs RSVP vs SIP

- somiglianze

- differenze