

Wireless Networks

Renato Lo Cigno

Renato.LoCigno@dit.unitn.it - Tel: 2026

Alessandro Villani

alessandro.villani@dit.unitn.it - Tel: 3918

Dipartimento di Informatica e Telecomunicazioni

Sito del corso:

www.dit.unitn.it/locigno/didattica/wn/

Cosa trovate sul sito

- Regole d'esame
- Date e luoghi degli appelli
- Informazioni utili
- Materiale didattico
- Avvisi/Annunci/Orari di ricevimento

Il sito viene tenuto aggiornato costantemente (o quasi) e si assume che voi lo consultiate regolarmente



Programma

- **Introduzione**

- Qualche cenno al "mercato"
- Caratteristiche delle reti wireless
- Reti senza fili e reti cellulari
- Multiplexazione: tempo, frequenza, codice
- Requisiti generali del livello MAC
- Richiamo ai protocolli di accesso
- Richiamo alle architetture protocollari
- Primitive e Interfacce di protocollo



Programma

- **WLAN**
 - Lo standard 802.11
 - MAC/PHY di 802.11b
 - 802.11g, 802.11a e Hiperlan
 - Estensioni per la QoS 802.11e
- **Mobile IP**
 - Scopi e funzioni
 - Meccanismi di base per la gestione dell'instradamento dinamico
 - Handover in Mobile IP



Programma

- **Il Canale Radiomobile**
 - Cenni di propagazione
 - Velocità di trasmissione, larghezza di banda, filtri e modulazioni
 - Interferenza e disturbi
- **GSM e GPRS**
 - Architettura di GSM
 - Livello fisico, livello logico e organizzazione dei canali
 - Procedure di autenticazione, apertura e chiusura delle chiamate
 - Cenni di dimensionamento e pianificazione
 - Handover
 - GPRS come rete overlay su GSM
 - Schemi base di accesso e assegnazione delle risorse



Programma

- **La transizione da 2G a 3G**
 - EDGE
 - Servizi speciali
- **UMTS e reti 3G**
 - la UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network): peculiarità dell'accesso W-CDMA e influenza sull'architettura di rete
 - Soft-handover e diversità spaziale
 - Ricevitori Rake e applicazioni MIMO
 - Organizzazione logica della rete
 - Lo standard e la realtà



Programma

- **Reti Ad-Hoc**
 - WLAN in modalità stand-alone
 - Instradamento e hop multipli in reti Ad-Hoc
 - Applicazioni alle reti di sensori
 - I problemi di networking legati alle applicazioni di "intelligenza ambientale"
- **Wireless Local Loop**
 - Realizzazione di reti di accesso via radio
 - 802.16
- **Personal Area Networks**
 - Le reti "personali:" Bluetooth e lo standard 802.15



Disclaimer e materiale di supporto

Il materiale messo a disposizione in questo corso è sviluppato in gran parte dai vostri docenti. Alcune parti (segnalate) sono state sviluppate da docenti del gruppo di Reti di Telecomunicazione del Politecnico di Torino, che lo hanno gentilmente messo a nostra disposizione e che pertanto ringrazio.

Per questo motivo parte del materiale è protetto da una password che potete ottenere dai docenti del corso.

Tutto il materiale viene fornito in modo unitario come supporto agli argomenti del corso e alla didattica dell'Università di Trento e non può essere riusato in tutto o in parte per scopi diversi da quelli istituzionali.

Né può essere modificato, rivenduto o in altrimenti usato come prova di quanto svolto/non svolto a lezione

In pratica vale il seguente ...



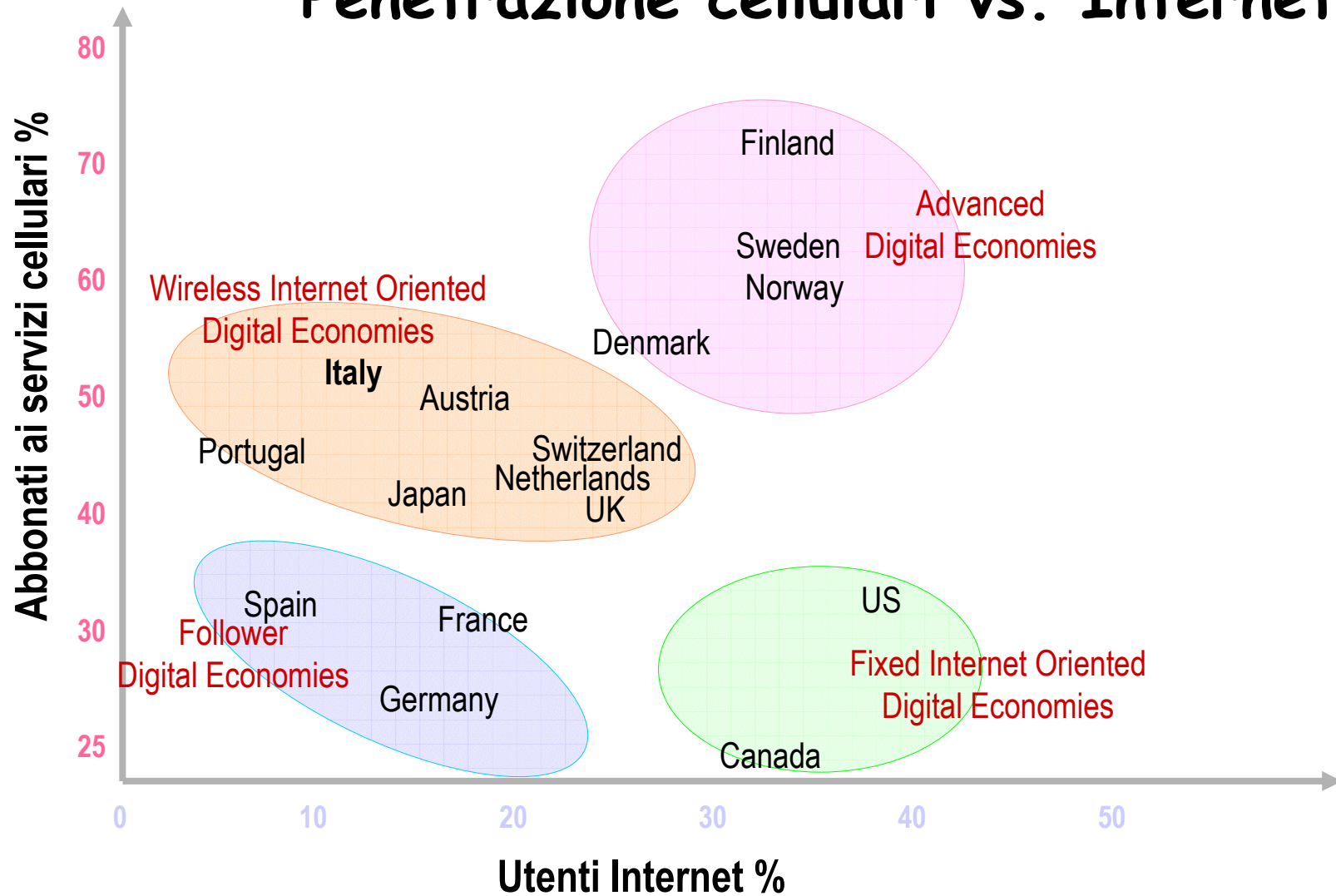
...Copyright

Quest'opera è protetta dalla licenza *Creative Commons NoDerivs-NonCommercial*. Per vedere una copia di questa licenza, consultare:
<http://creativecommons.org/licenses/nd-nc/1.0/>
oppure inviare una lettera a:
Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA.

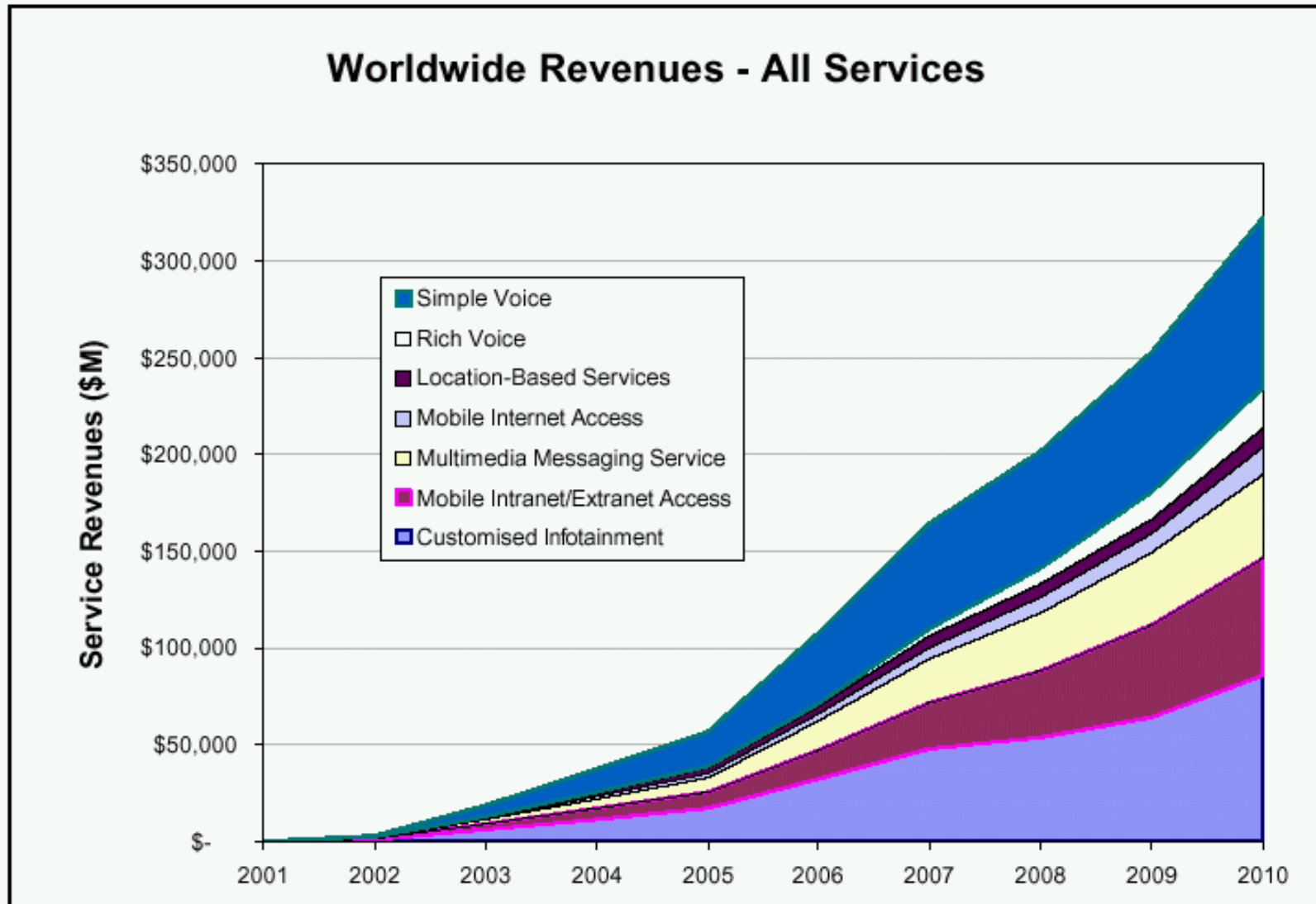
This work is licensed under the *Creative Commons NoDerivs-NonCommercial* License. To view a copy of this license, visit:
<http://creativecommons.org/licenses/nd-nc/1.0/>
or send a letter to
Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA.



Penetrazione cellulari vs. Internet



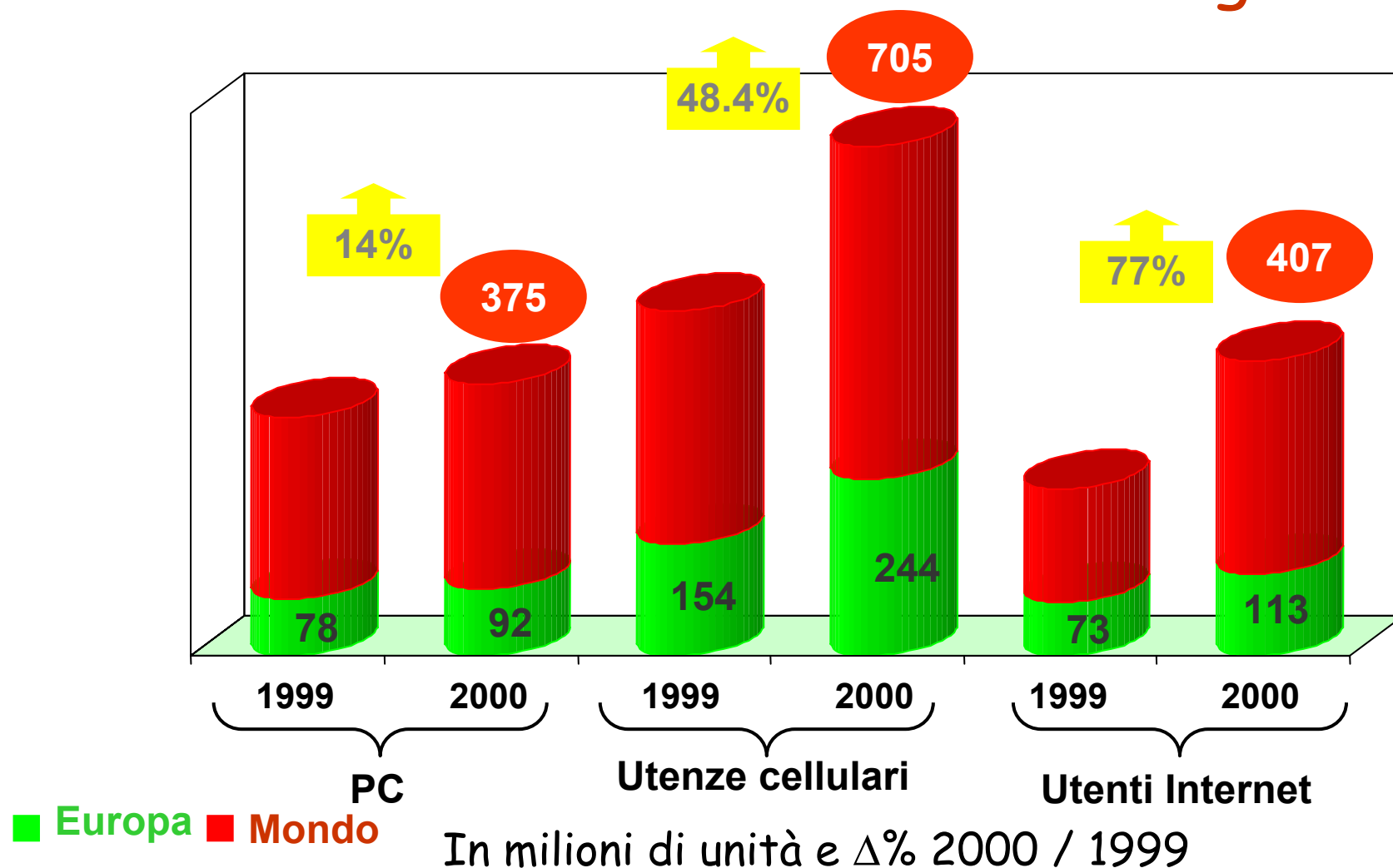
Worldwide Revenues - All Services



Source: Telecompetition, Inc., February 2001.

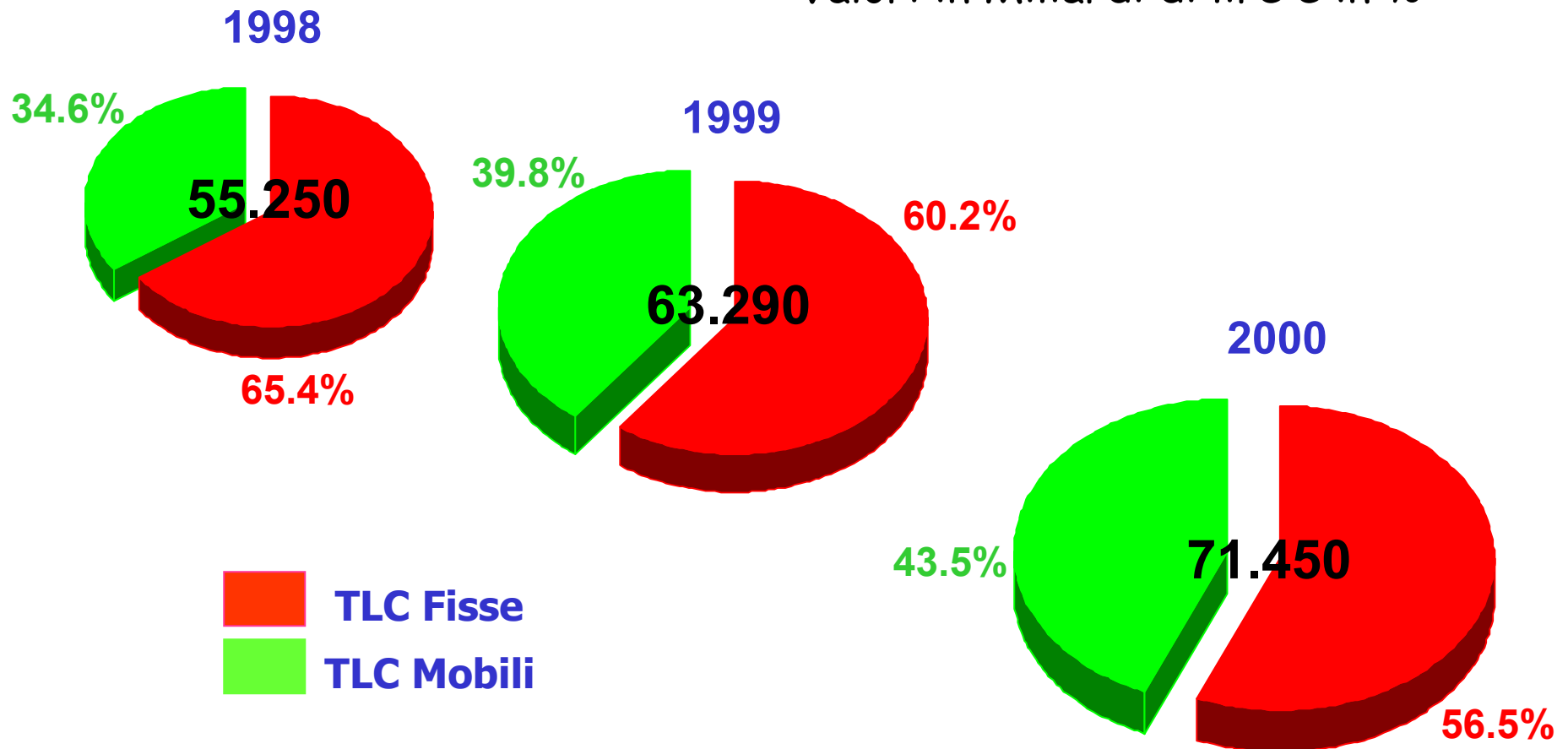


Diffusione delle nuove tecnologie



Il mercato in Italia

Valori in Miliardi di lire e in %

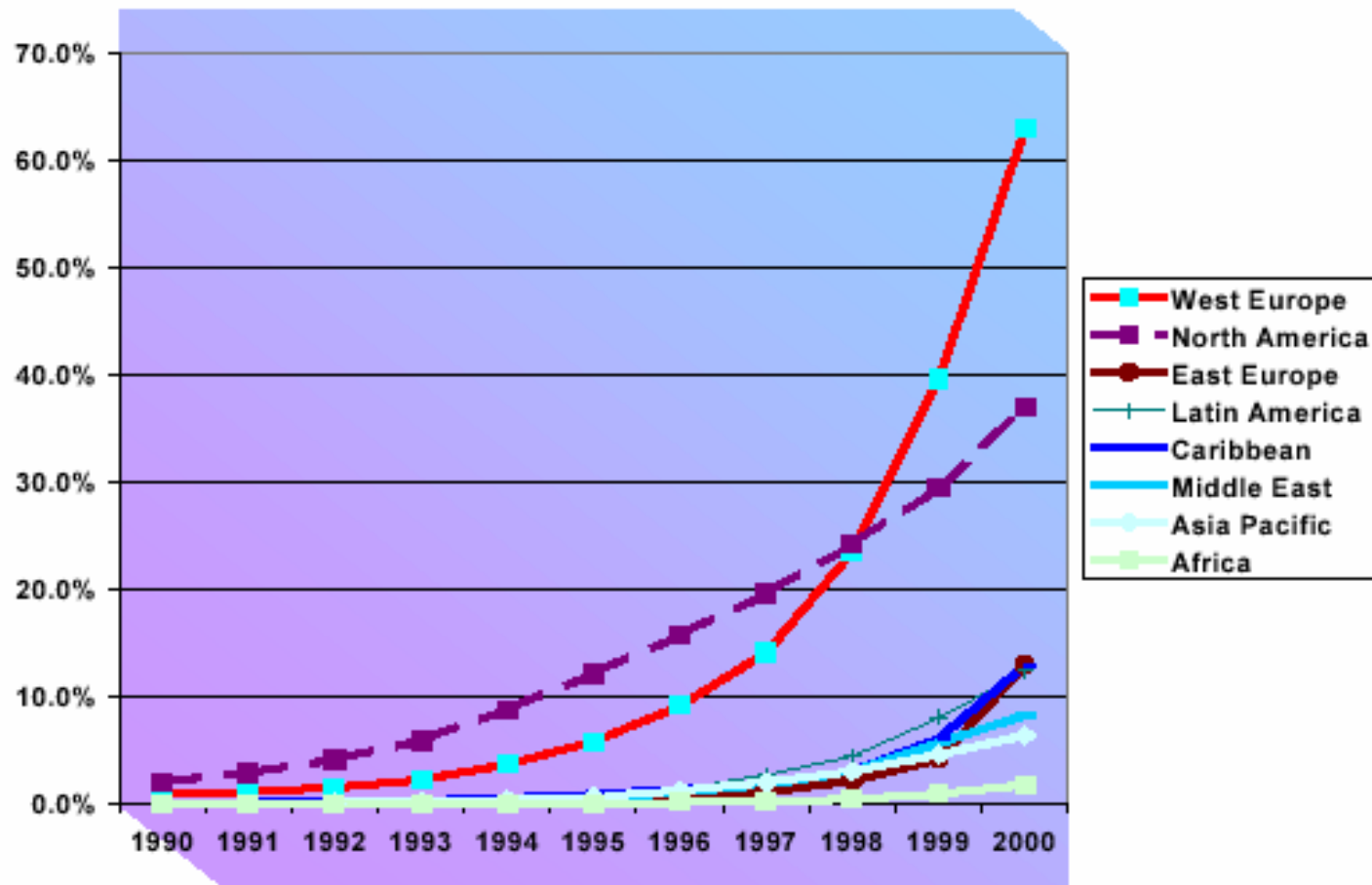


Fonte: Assinform / NetConsulting, maggio 2001



Diffusione delle reti cellulari

Wireless Penetration Rates by Region, 1990–2000



Source: Global Mobile Subscriber Database, CSFB Technology Group analysis.



Diffusione dei diversi sistemi cellulari

	Dec-92	Dec-93	Dec-94	Dec-95	Dec-96	Dec-97	Dec-98	Dec-99	Dec-00	Dec-01	Dec-02	Dec-03	Growth 2003	% Growth in 2003	Share of 2003 growth	Share of base
CDMA	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	7.4	22.4	52.6	80.3	110.9	144.1	186.7	42.6	29.5%	16.8%	13.6%
GSM	0.2	1.4	5.0	13.0	32.8	71.1	138.4	258.4	456.1	626.2	790.6	991.8	201.2	25.5%	79.6%	72.4%
iDEN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.4	3.1	5.1	8.2	11.1	13.6	16.5	3.0	21.9%	1.2%	1.2%
PDC	0.0	0.0	0.5	3.3	13.9	26.8	38.1	44.8	50.8	56.8	60.1	61.8	1.8	2.9%	0.7%	4.5%
TDMA	0.0	0.0	0.1	0.7	2.6	6.3	15.9	38.0	67.6	94.1	108.1	109.7	1.6	1.5%	0.7%	8.0%
3GSM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.7	2.5	1651.8%	1.0%	0.2%
Global Digital Mobile	0.2	1.4	5.6	17.0	50.8	113.0	217.9	398.8	663.1	899.2	1116.5	1369.3	252.7	22.6%	100.0%	100.0%
China GSM	0	0	0	0.2	1.8	7.3	18.6	38.3	83.1	144.3	197.6	238.4	40.8	20.6%	16.1%	17.4%



Growth of WLANs

- Difficult to follow, unruly and no official statistics
- Probably
 - > 1.000.000 AP installed worldwide
 - > 100.000 Public HotSpot installed
 - > 50.000 in US
 - > 10.000 in U.K. & Germany
 - > 1.000 in Italy



Una differenza fondamentale

RETE WIRELESS

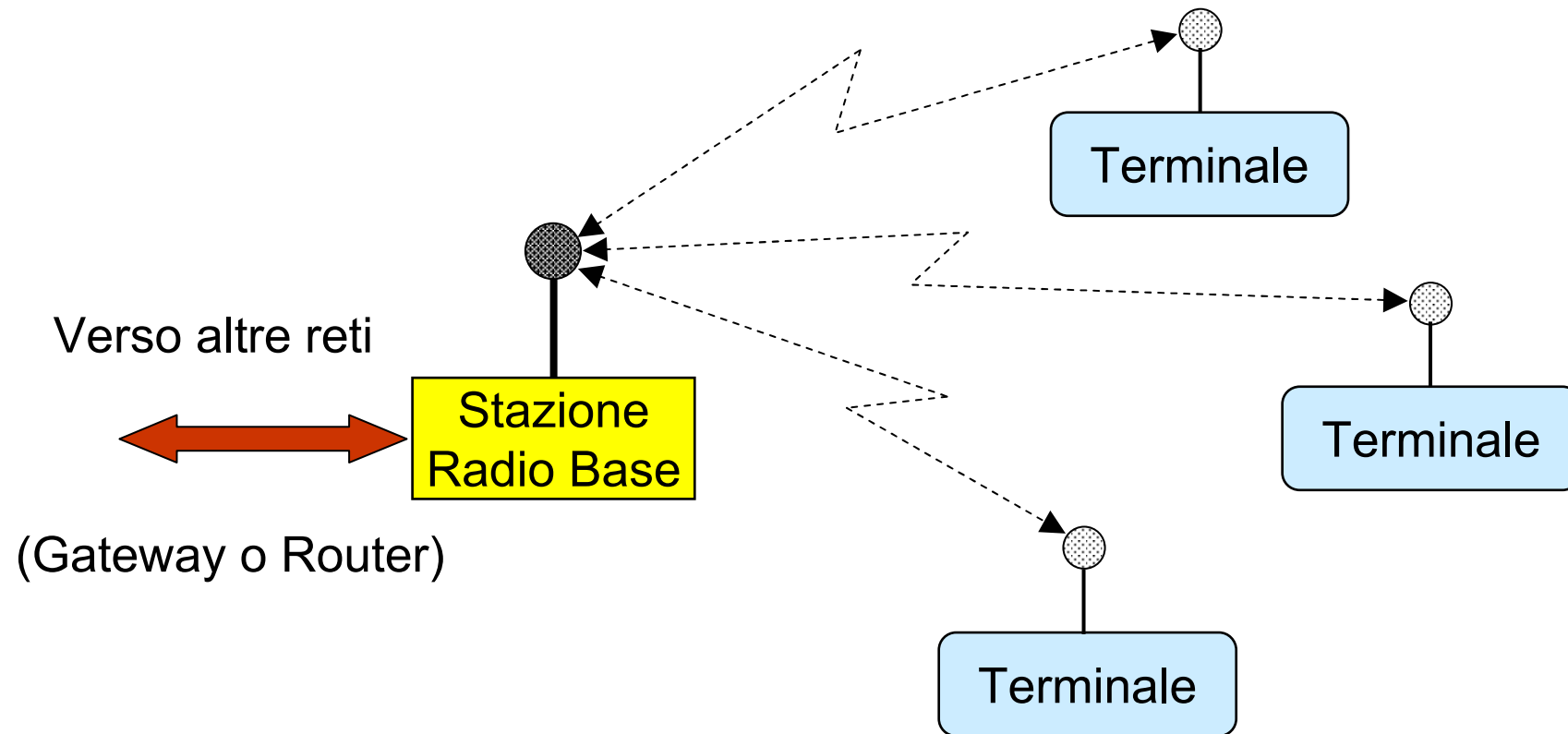
è una (sotto)rete in cui l'accesso da un terminale avviene attraverso un canale "senza filo"

RETE CELLULARE

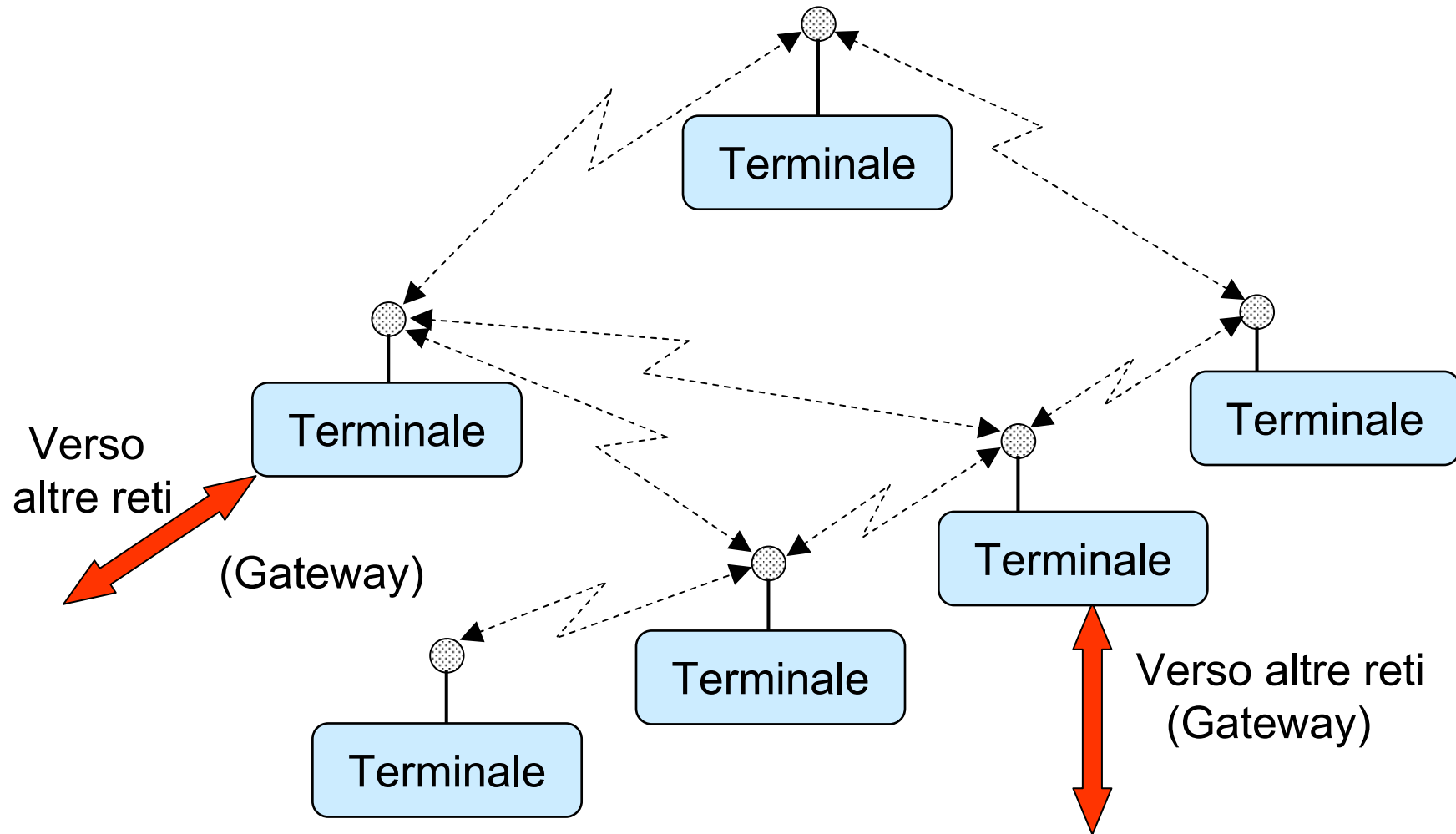
è una rete la cui copertura geografica è ottenuta con una tassellatura di aree adiacenti e/o sovrapposte dette *celle*. L'utente (terminabile mobile) si può muovere attraverso la rete passando da una cella all'altra senza interrompere la comunicazione



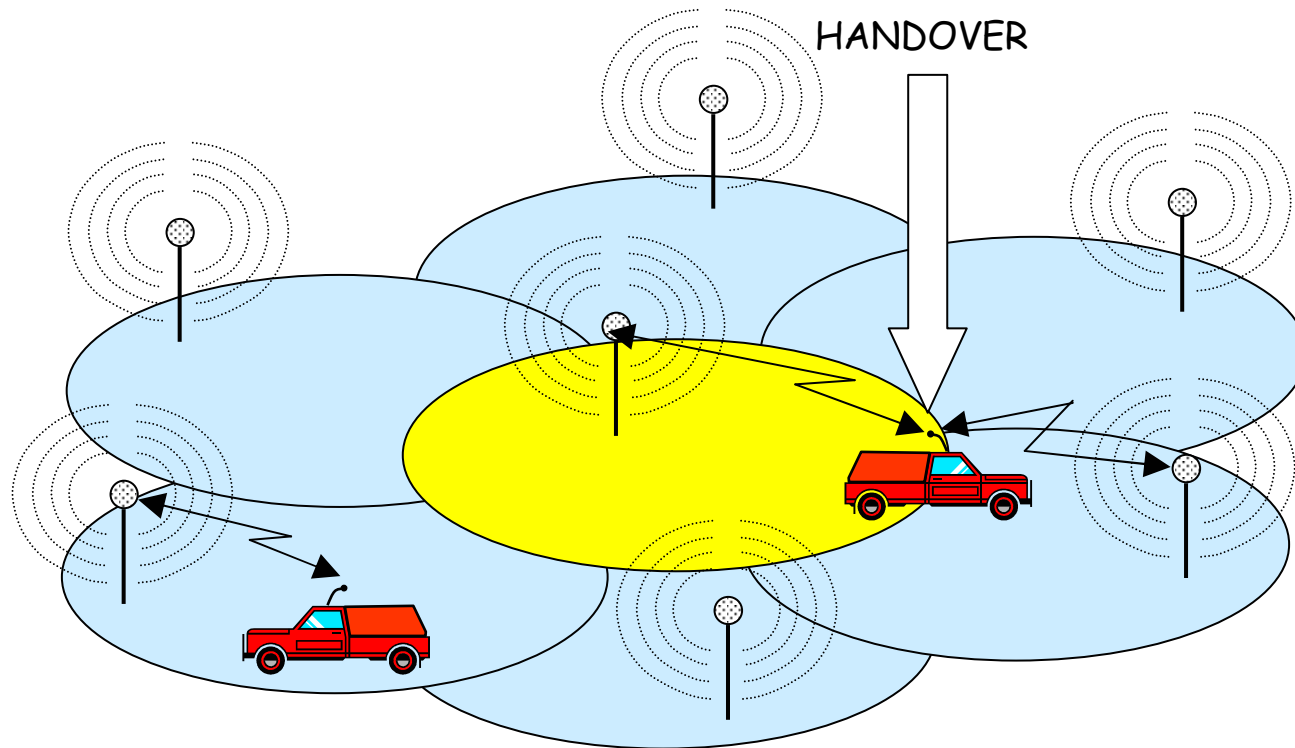
Rete Wireless con Punto di Accesso Fisso



Rete Wireless Autoconfigurante



Rete Cellulare



Handover

- È la procedura che consente il trasferimento di una chiamata da una cella alla successiva, mentre il terminale mobile si sposta all'interno della rete
- Di fatto è l'elemento distintivo tra le reti cellulari ed ogni altro tipo di rete TLC
- È una operazione complessa che pone alla rete notevoli requisiti in termini di architettura di rete, di protocolli e di segnalazione per la gestione delle procedure connesse agli handover



Funzioni chiave per la mobilità

- **Registrazione:**
 - collegamento del terminale alla rete
 - identificazione, autenticazione
- **Localizzazione:**
 - posizione e reperimento del terminale
 - paging (se richiesto dall'architettura)
- **Handover:**
 - [(ri)localizzazione] + [(ri)registrazione] + trasferimento della chiamata in corso



Multiplazione (e altro)

- Alcuni richiami a nozioni fondamentali che ci servono per fare qualche ragionamento "a testa alta" su concetti già noti
- Commutazione, Trasmissione, Segnalazione, Instradamento (routing), Stratificazione, Interconnessione
- Piani di utente (o dati) e di controllo
- Multiplazione ...



- **Condivisione delle risorse (canale trasmissivo) tra diversi flussi di informazione in una rete di TLC**
 - **Multiplicazione:** se tutti i flussi sono disponibili in un unico punto
 - **Accesso multiplo:** se i flussi accedono al canale da punti differenti



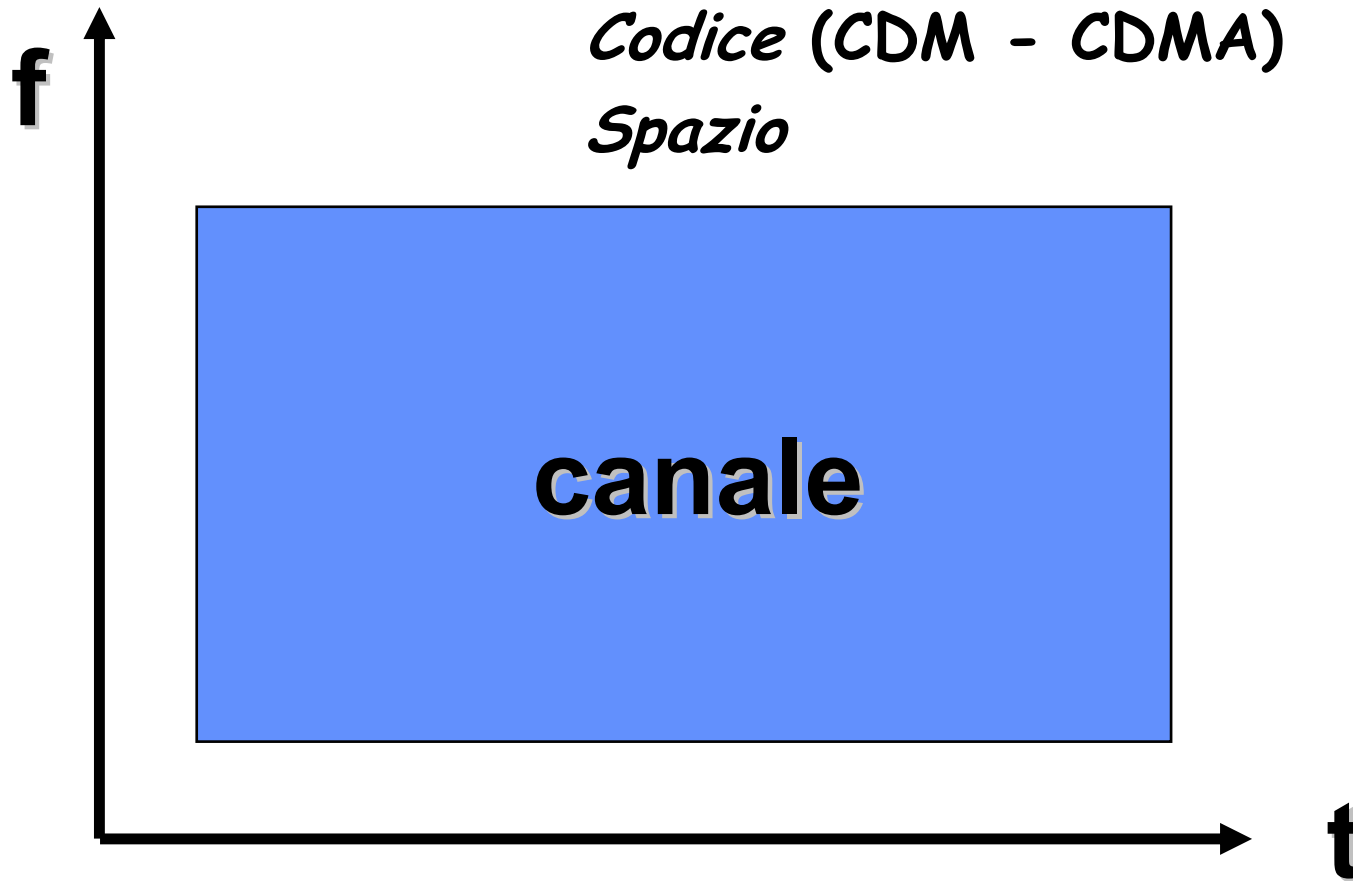
- Per eseguire queste funzioni si possono utilizzare

Frequenza (FDM - FDMA)

Tempo (TDM - TDMA)

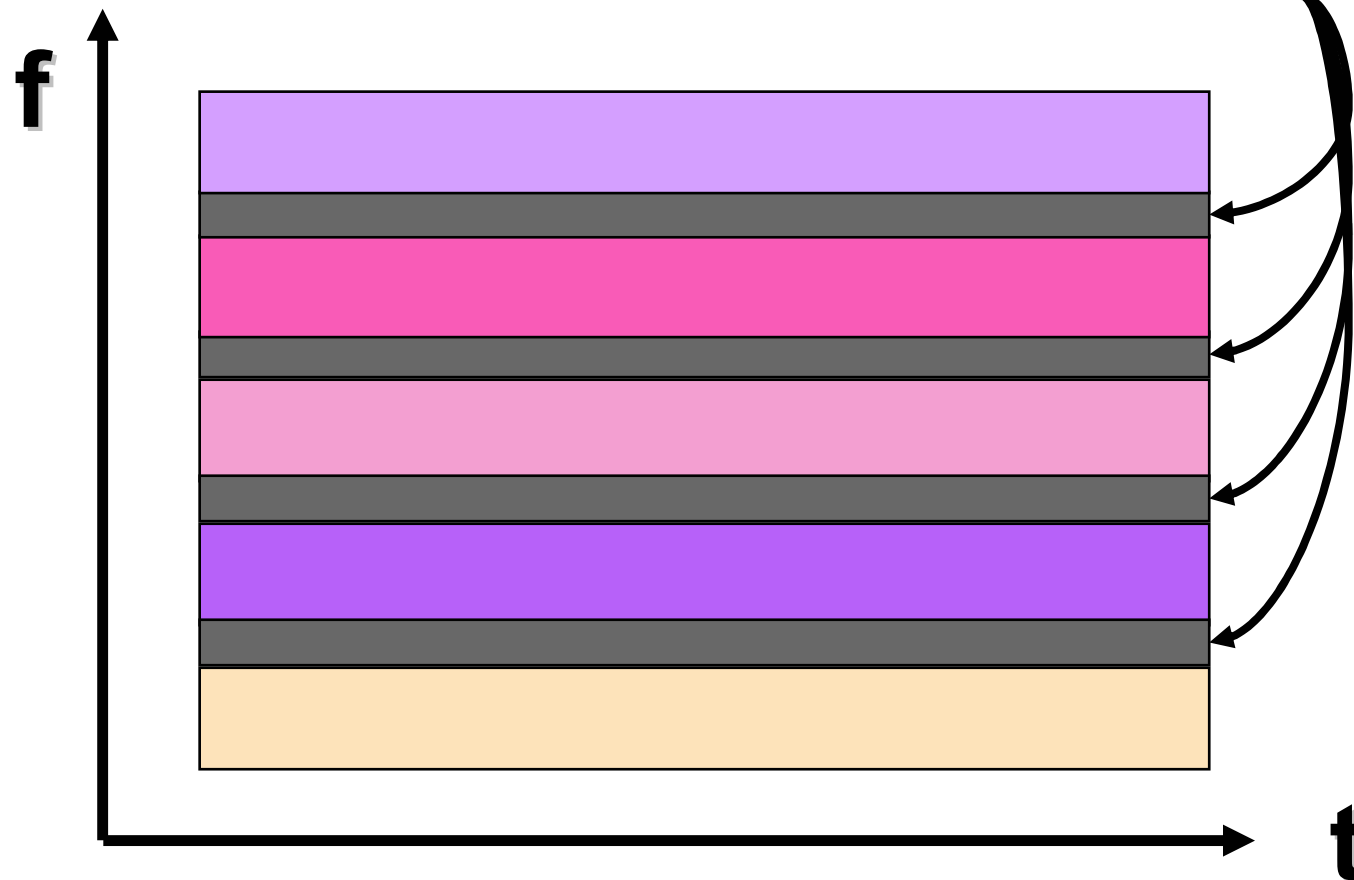
Codice (CDM - CDMA)

Spazio

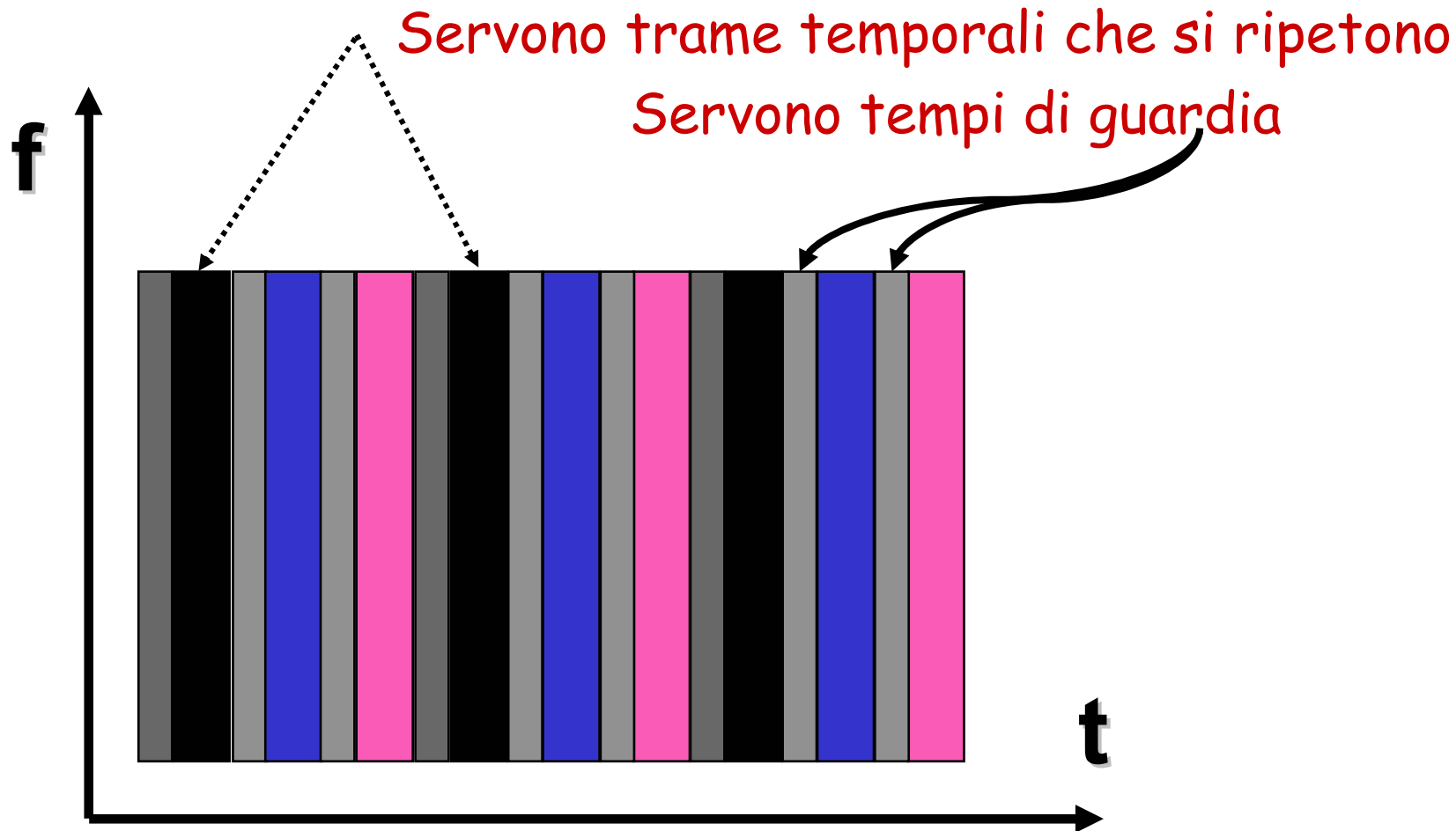


- Multiplazione di frequenza (FDM - FDMA)
- Separazione ottenuta usando bande di frequenza diverse

Servono bande di guardia

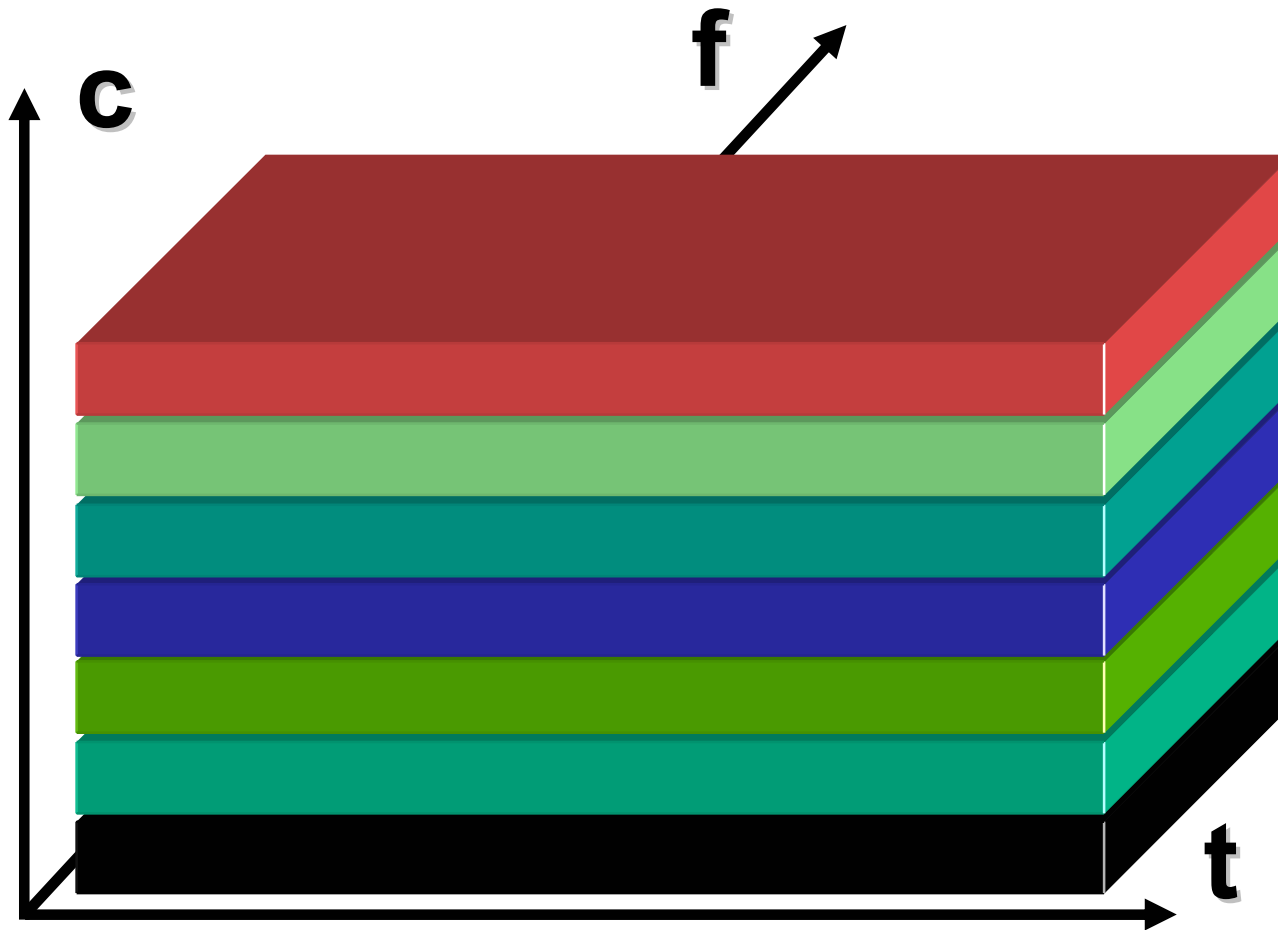


- Multiplazione di tempo (TDM - TDMA)
- Separazione ottenuta usando intervalli di tempo diversi



- **Multiplazione di codice (CDM - CDMA)**
- **Separazione ottenuta usando codici diversi**

Servono codici riconoscibili



Multiplazione di spazio

- Le reti permettono di sfruttare la diversità spaziale del sistema per far coesistere più flussi di informazione in punti diversi
- L'instradamento può cercare di sfruttare una multiplazione di spazio per aumentare la capacità di una rete
- Il progetto della topologia della rete può cercare di aumentare la diversità spaziale
- Le "celle" sono un esempio di diversità spaziale



Multiplazione statistica

- La multiplazione nelle dimensioni tempo, frequenza (o lunghezza d'onda), codice e spazio può essere predeterminata (sulla scala temporale della dinamica delle connessioni) o statistica (funzione delle variazioni "istantanee" di traffico)



Protocolli di multiplazione per accesso a canali comuni broadcast

- Condivisione "rigida" (TDMA, FDMA, CDMA) adottabile in LAN?
- Problemi:
 - serve allocazione dinamica a causa del traffico impulsivo (N code a velocità C peggio di 1 coda a velocità NC)
 - necessario comunicare allocazioni
 - Chi decide allocazione?
 - Decisore centralizzato o replicato in modo distribuito?
 - Che protocollo di accesso si utilizza per comunicare informazione al decisore e dal decisore ai nodi?
- Obiettivo: emulare multiplazione statistica!



Protocolli per accesso multiplo

- Gli umani usano protocolli ad accesso multiplo molto spesso
- Esempi:
 - moderatore che decide chi parla
 - allocazione su alzata di mano (prenotazione)
 - accesso libero
 - accesso libero, ma educato (se qualcuno parla taccio)
 - passaggio ciclico di testimone



Protocolli per LAN: classificazione

- 3 tipi di protocolli
 - a contesa o accesso casuale (Aloha, CSMA/CD, Ethernet)
 - ad accesso ordinato (Token Ring, Token Bus, FDDI)
 - a slot con prenotazione (DQDB)
- Parametri per valutare protocolli LAN
 - Capacità e traffico smaltito (throughput)
 - Equità
 - Ritardo (accesso, propagazione, consegna)
 - Numero di stazioni, lunghezza della rete, topologia, facilità di realizzazione, robustezza



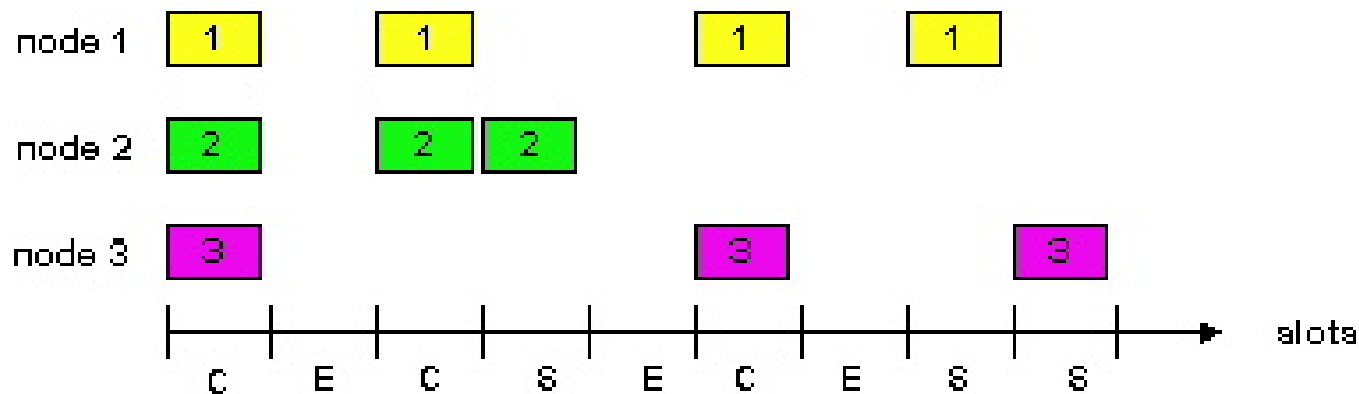
Protocolli accesso casuale

- Quando un nodo deve trasmettere
 - trasmette il pacchetto alla velocità R del canale
 - senza coordinarsi con altri nodi
- Se due o più nodi trasmettono contemporaneamente \Rightarrow collisione
- I protocolli *MAC* ad accesso casuale specificano:
 - come riconoscere collisione
 - come recuperare a fronte di collisione (ritrasmissione)



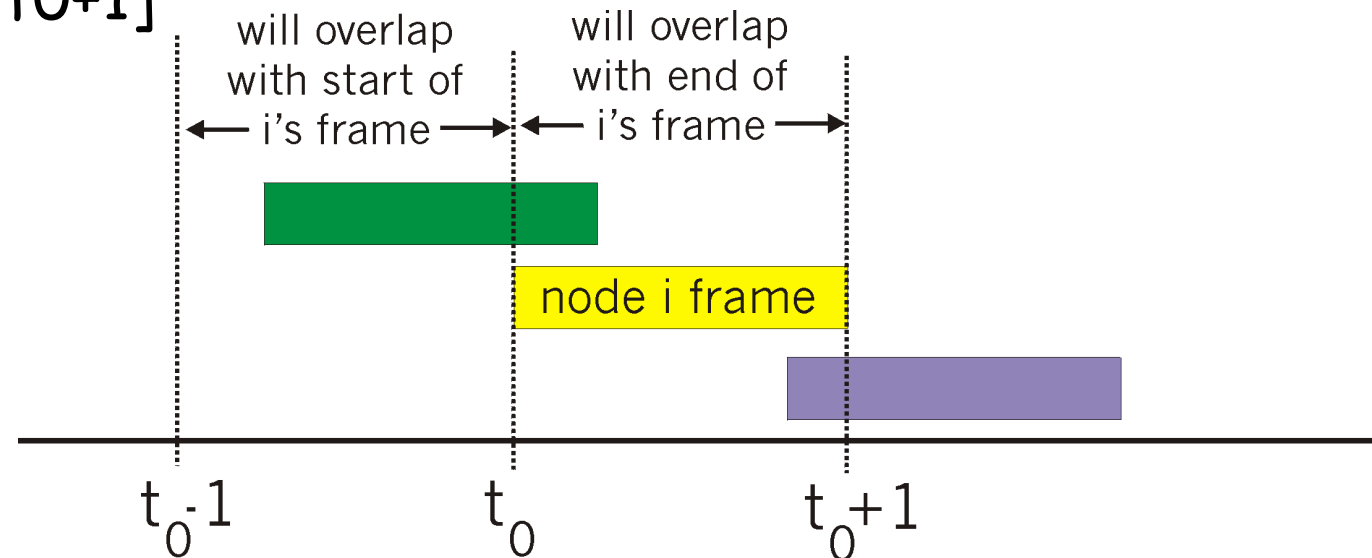
Slotted Aloha

- Tempo diviso in slot (di uguale dimensione)
- I nodi trasmettono all'inizio di uno slot
- Se c'è collisione: ritrasmetto in altro slot con probabilità p , (oppure riprovo con ritardo casuale) fino al successo



ALOHA

- Più semplice, non richiede sincronizzazione
- Ritrasmissione in qualunque istante, senza attendere inizio slot
- Probabilità di collisione aumenta:
 - pacchetto giallo collide con altri pacchetti trasmessi in $[t_0-1, t_0+1]$



Osservazioni

- Protocolli semplici
- Throughput limitato a valori bassi (collisioni)
 - sotto ipotesi di traffico uniforme e infiniti utenti si ottiene efficienza massima 18% (ALOHA) o 37% (SLOTTED ALOHA)
 - dipende da tipo di traffico!
- Protocollo instabile!
- A basso carico, ritardo di accesso nullo o contenuto
- Ritardi di accesso non controllabili a priori in modo deterministico



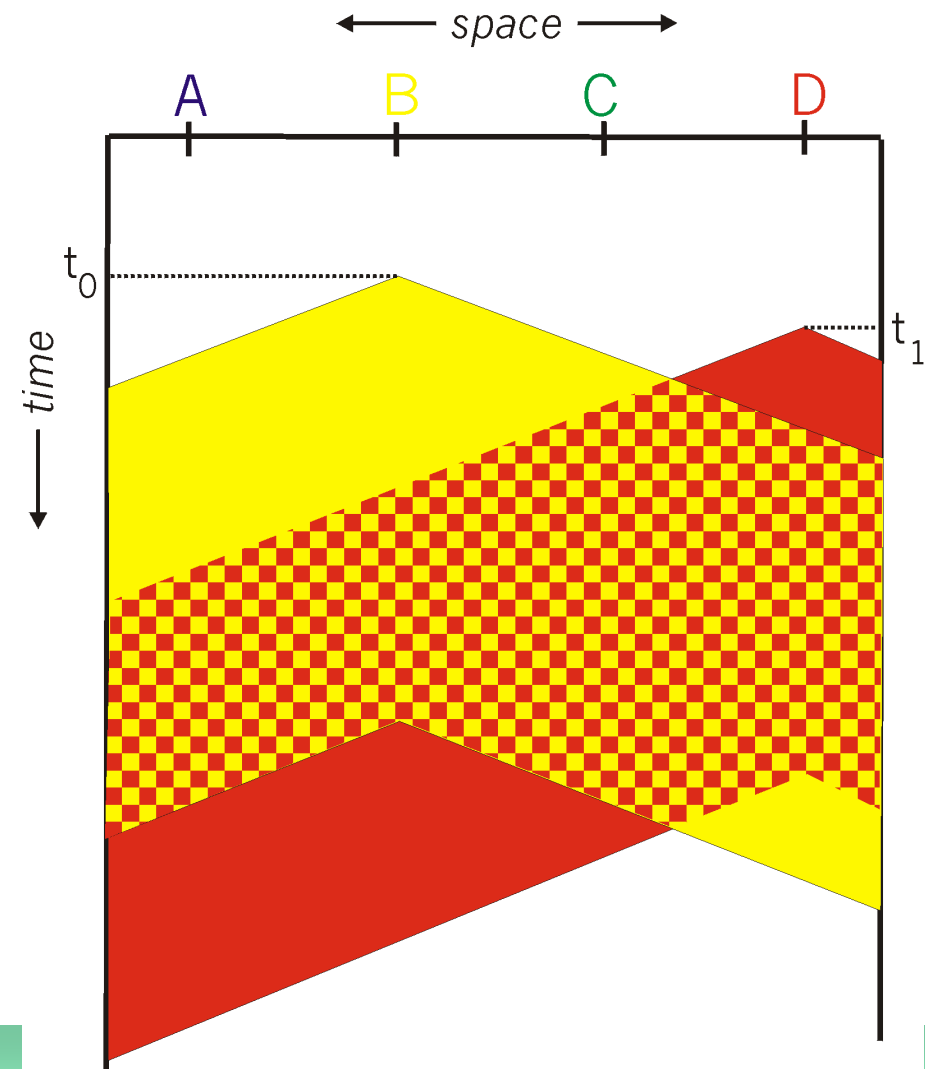
CSMA: Carrier Sense Multiple Access

- Per aumentare throughput
- Ascolto canale prima di trasmettere
 - se sento canale libero: trasmetto pacchetto
 - se sento canale occupato, ritardo trasmissione
 - CSMA persistente (1-persistente): riprovo immediatamente appena canale libero
 - CSMA non-persistente (0-persistente): riprovo dopo tempo casuale
 - CSMA p-persistente: probabilità p sono 1-persistente, con probabilità $(1-p)$ sono 0-persistente



CSMA: collisioni?

- Si verificano causa ritardi di propagazione
- Collisione: spreco completamente tempo di trasmissione pacchetto
- Nota: distanza (ritardo di propagazione) gioca ruolo fondamentale nella probabilità di collisione

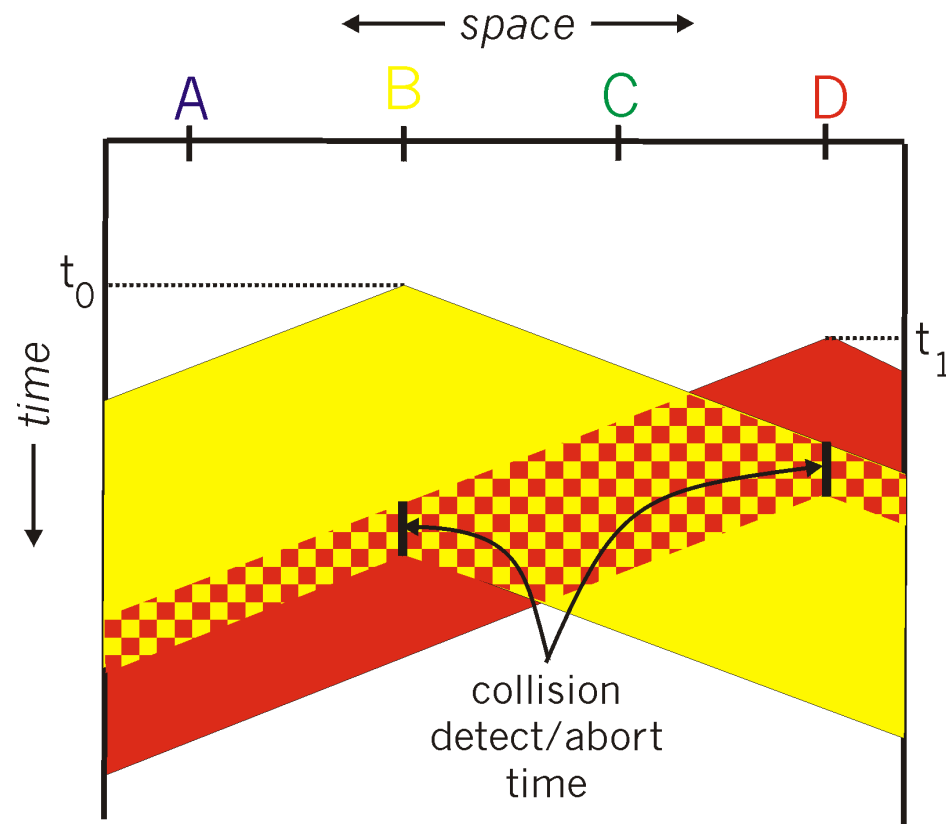


CSMA/CD (Collision Detection)

- CSMA/CD aggiunge a CSMA
 - se mi accorgo (in fretta) delle collisioni sospendo la trasmissione del pacchetto
 - risparmio spreco
- Collision detection:
 - facile nelle LAN cablate: misuro potenza segnale, confronto segnale ricevuto e trasmesso
 - difficile (impossibile) in Lan wireless: half duplex (quando trasmetto ricevitore disattivo)



CSMA/CD collision detection



CSMA/CD: prestazioni

- Parametro fondamentale è il ritardo di propagazione end to end
 - Più precisamente conta rapporto tra dimensione del pacchetto e dimensione della rete
- Prestazioni ottime su reti piccole (rispetto alla dimensione del pacchetto) e con velocità di trasmissione bassa
- Pacchetti grandi!
- Vincolo tra dimensione pacchetto e dimensione rete per riconoscere collisioni



CSMA/CD: prestazioni

- Si preferisce 1-persistente perchè migliore a basso carico
 - ritardo di accesso inferiore
- Instabile
 - backoff esponenziale sulle ritrasmissioni
- Difficile separare traffico a diversa priorità
- Adottato nella rete Ethernet



Architetture e protocolli

- Definizione ITU-T e ISO
 - Comunicazione: trasferimento di informazioni secondo convenzioni prestabilite
- La comunicazione richiede cooperazione
- Una descrizione astratta delle modalità di comunicazione tra due o più utenti richiede la definizione di un
 - modello di riferimento
- Al massimo livello di astrazione il modello di riferimento specifica una
 - architettura di rete

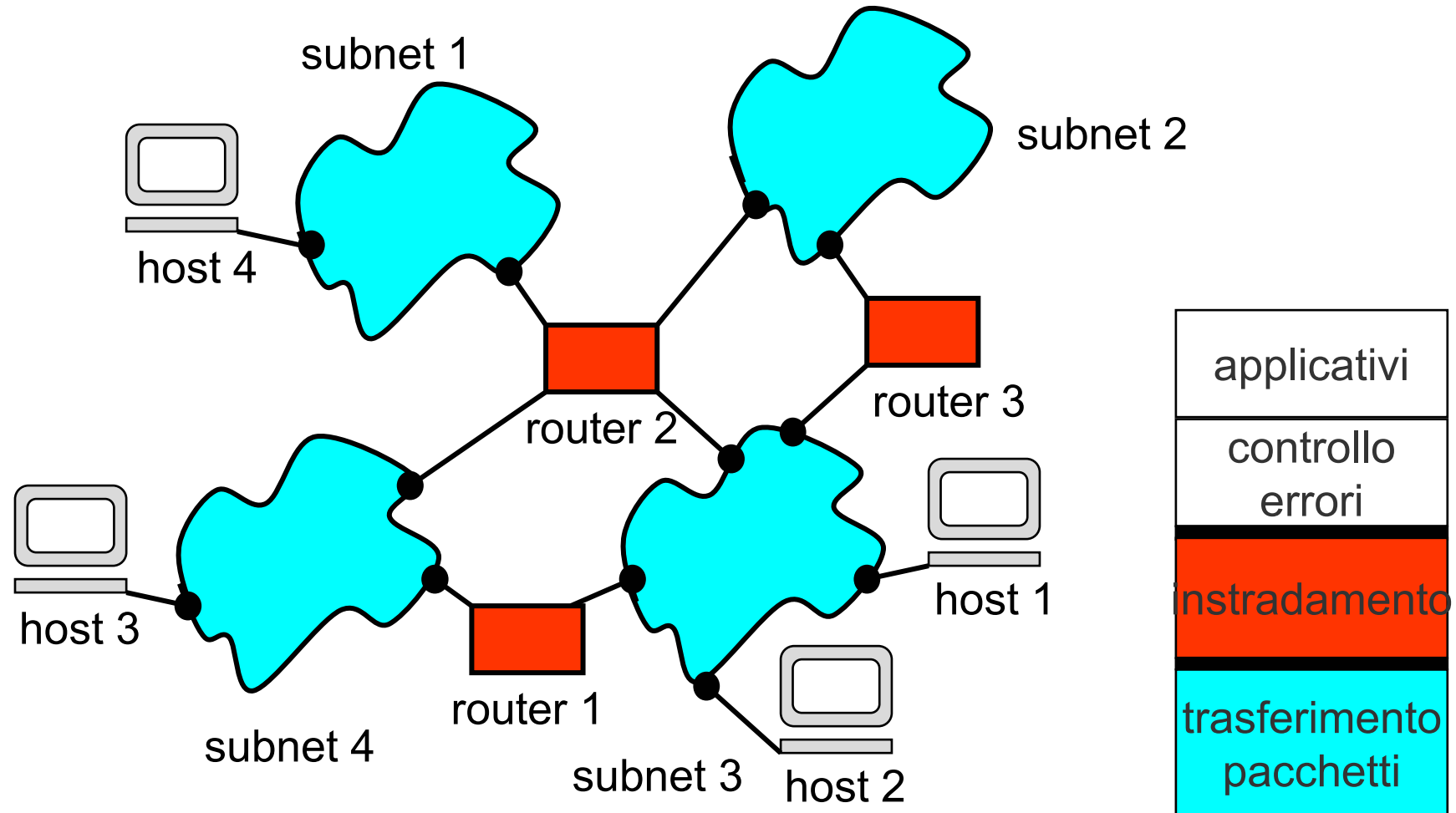


Architetture di protocolli

- Un'architettura di rete definisce gli oggetti usati per descrivere
 - il processo di comunicazione
 - le relazioni tra tali oggetti
 - le funzioni necessarie per la comunicazione
 - le modalità organizzative delle funzioni
- Si usano architetture stratificate
 - semplicità di progetto
 - facilità di gestione
 - semplicità di standardizzazione
 - separazione di funzioni



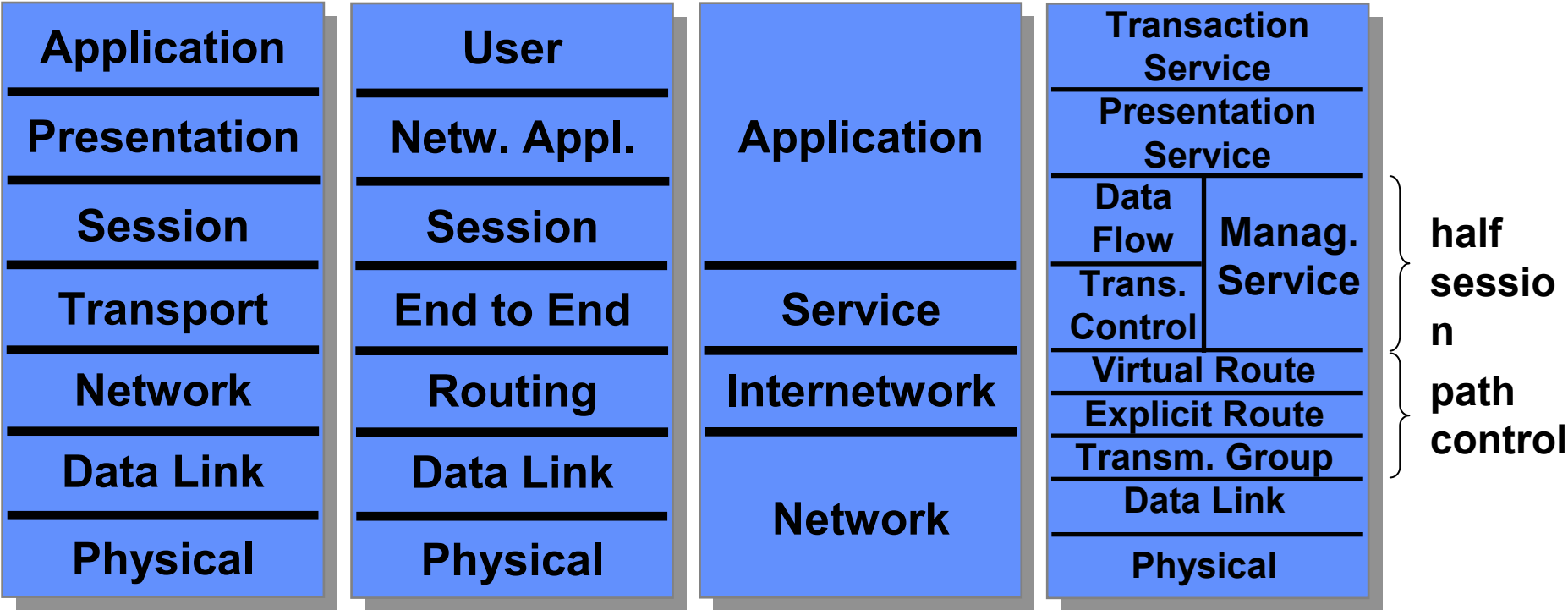
Separazione di funzioni: Internet



Open System Interconnection: OSI



Architetture stratificate



OSI

DECNET

ARPA

SNA

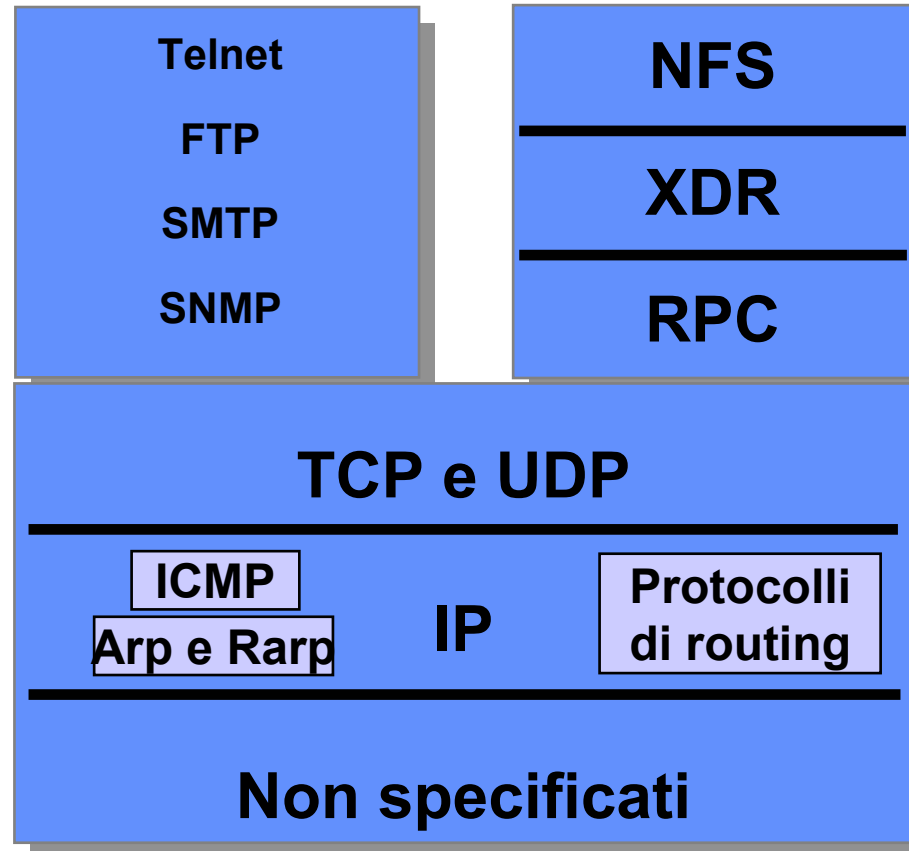


OSI ed Internet

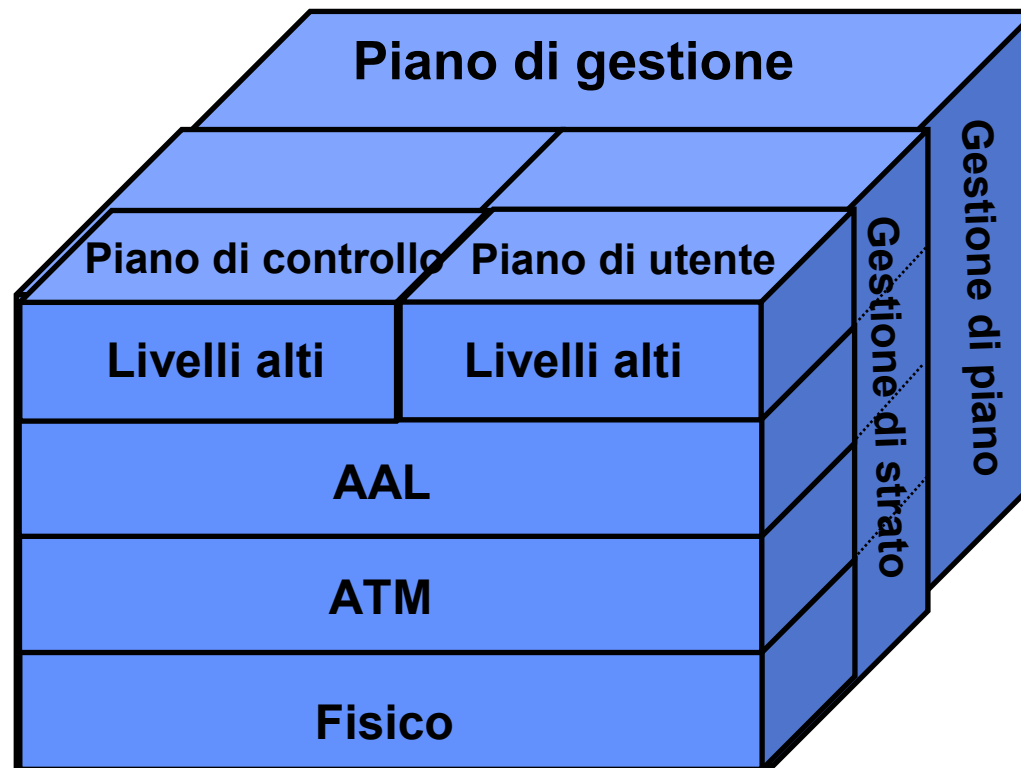
OSI



Internet Protocol Suite



B – ISDN: la base per GSM e UMTS



Protocolli

- Definizione ITU-T e ISO
 - descrizione formale delle procedure adottate per assicurare la comunicazione tra due o più oggetti dello stesso livello gerarchico
- Definizione di protocolli:
 - **semantica**
 - insieme di comandi e risposte
 - **sintassi**
 - struttura di comandi e risposte
 - **temporizzazione**
 - sequenze temporali di comandi e risposte



Protocolli

- I protocolli sono insiemi di regole:
 - semantiche
 - algoritmi
 - sintassi
 - formati
 - temporizzazione
 - macchine a stati e diagrammi sequenziali

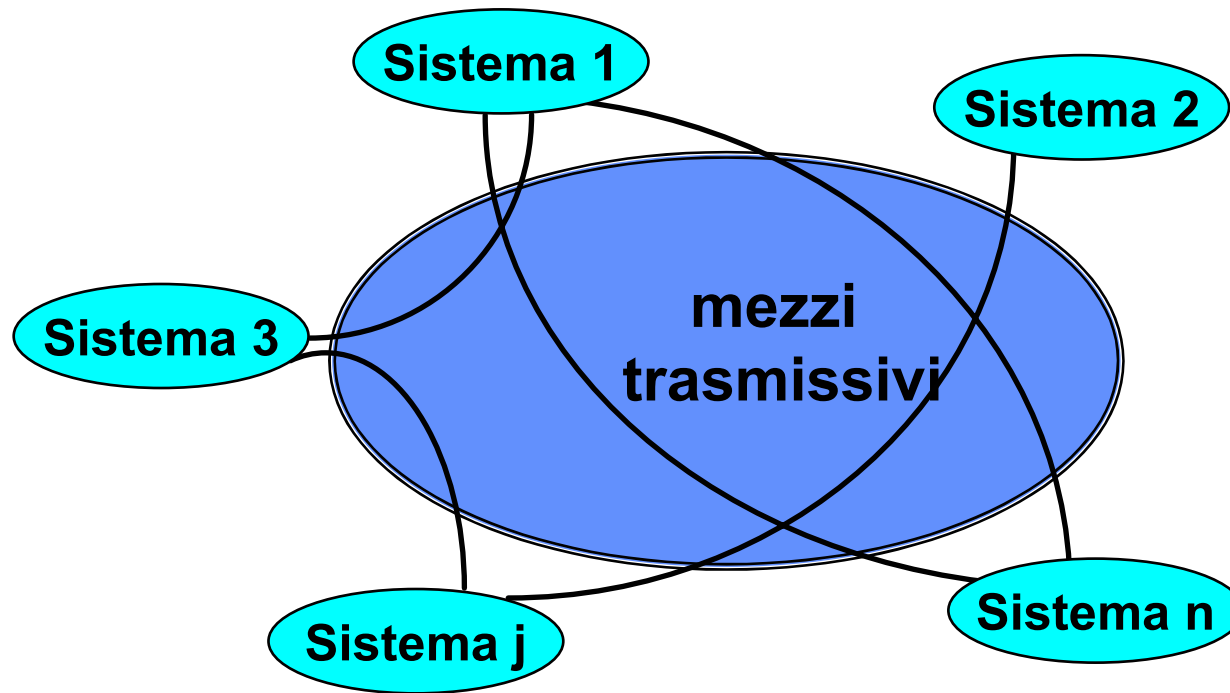


Modello di riferimento ISO/OSI

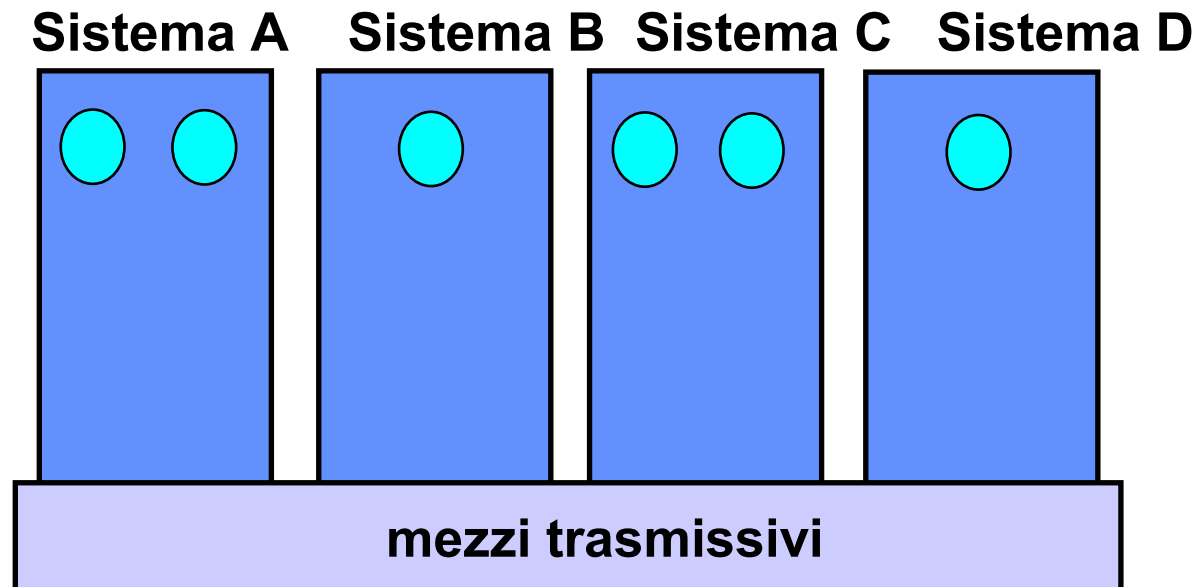
- (Open System Interconnection) è recepito nei seguenti standard
 - ISO IS 7498
 - CCITT X.200
- I principi fondamentali definiti dal modello di riferimento OSI sono oggi universalmente accettati
- Ciò non significa che tutte le architetture di protocolli siano conformi al modello OSI



Modello OSI



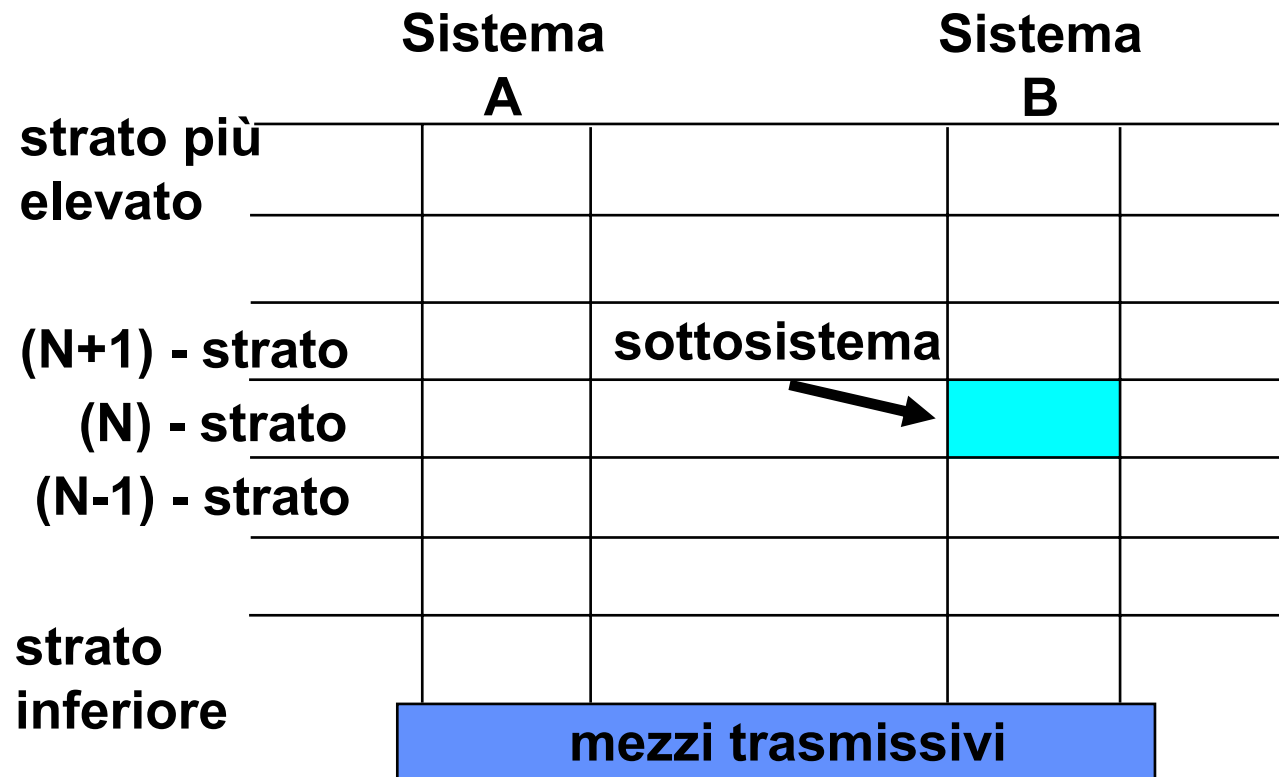
Modello OSI



● **processi applicativi**

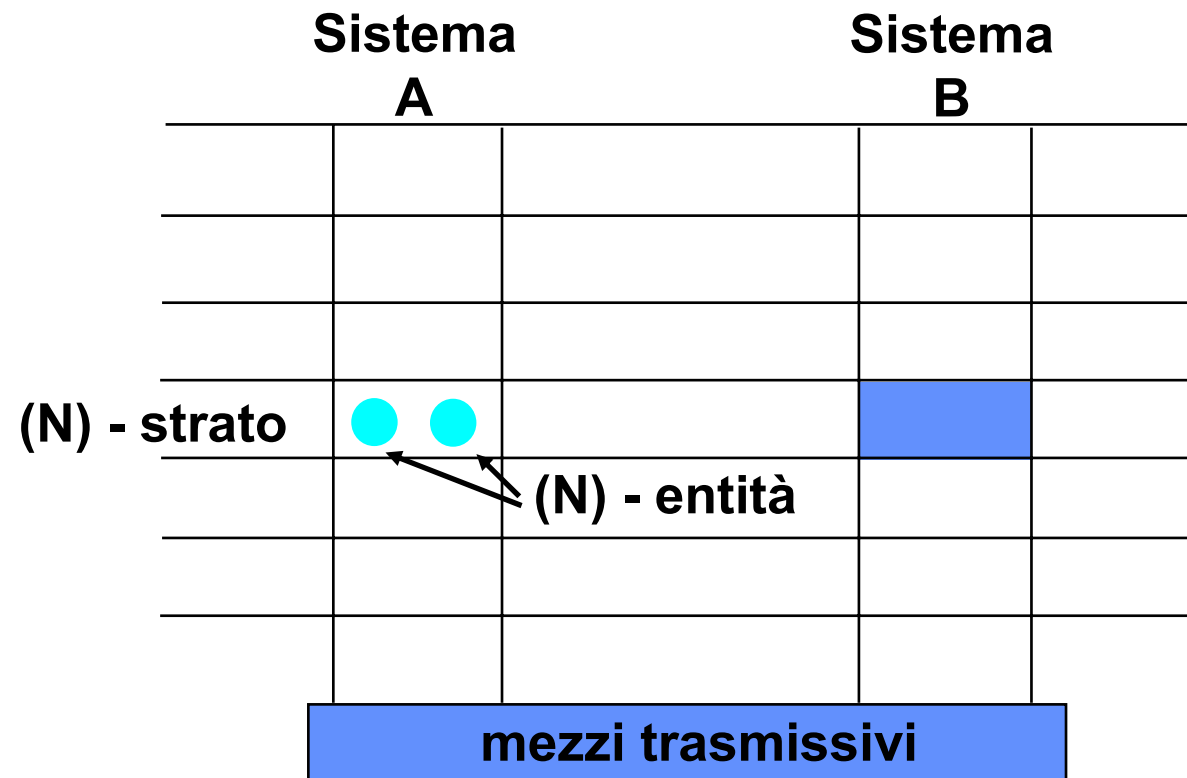


Strati o livelli



Entità

- elementi attivi di un sottosistema
- svolgono le funzioni di strato
- interagiscono all'interno di uno strato



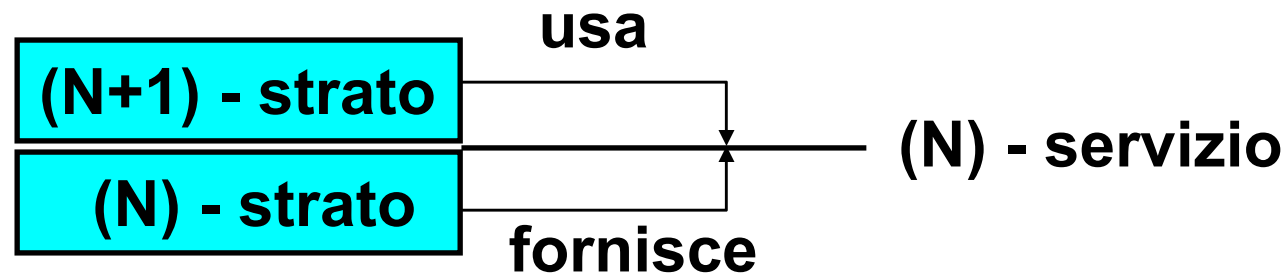
Stratificazione

- Ogni strato (o livello)
 - fornisce servizi allo strato superiore
 - usando
 - i servizi dello strato inferiore
 - le proprie funzioni
- Identificabili:
 - fornitori di servizio
 - utenti del servizio
 - punti di accesso al servizio: SAP (Service Access Point)



Servizi

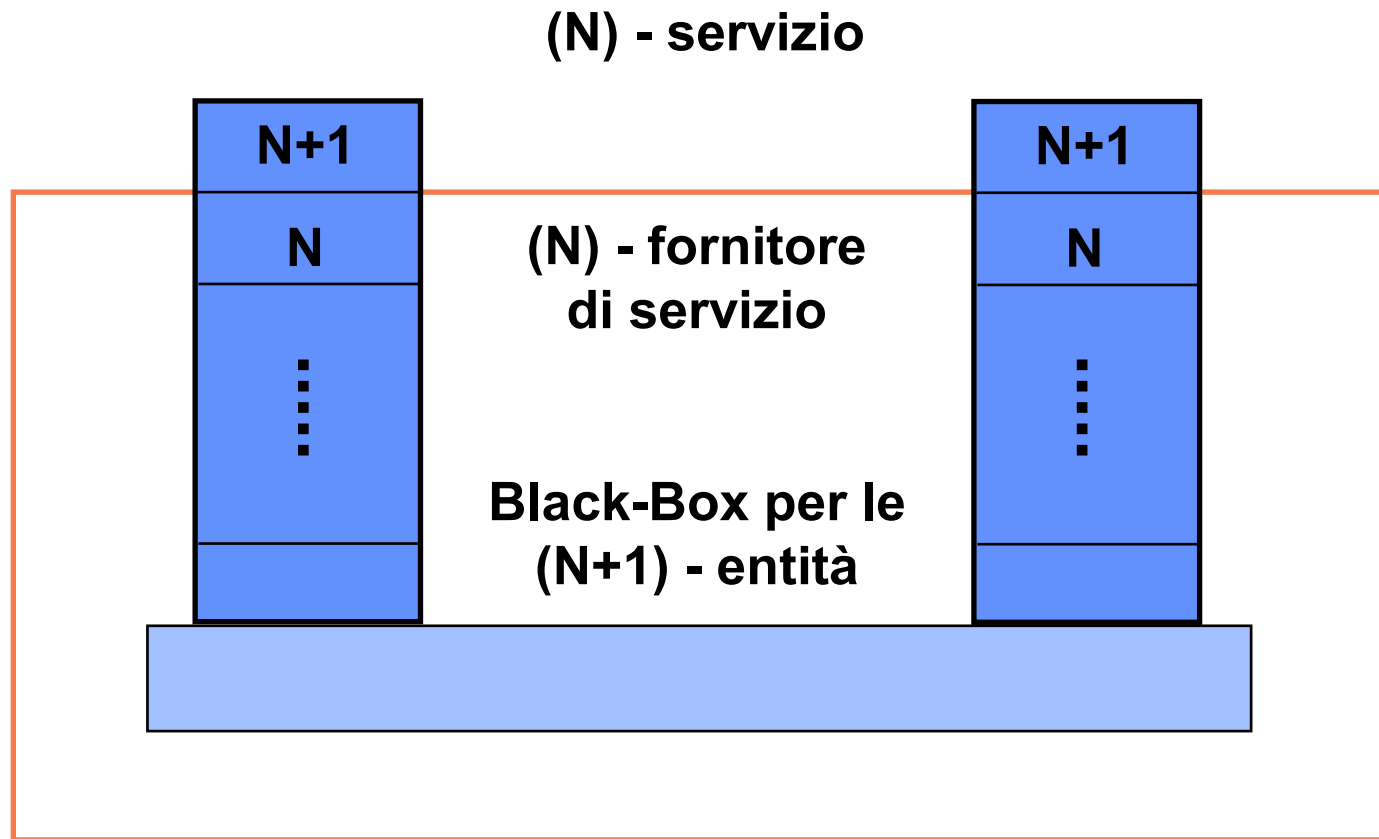
- Gli utenti dello strato N, le (N+1) - entità, cooperano e comunicano usando l'(N) - servizio fornito dallo (N) - fornitore di servizio



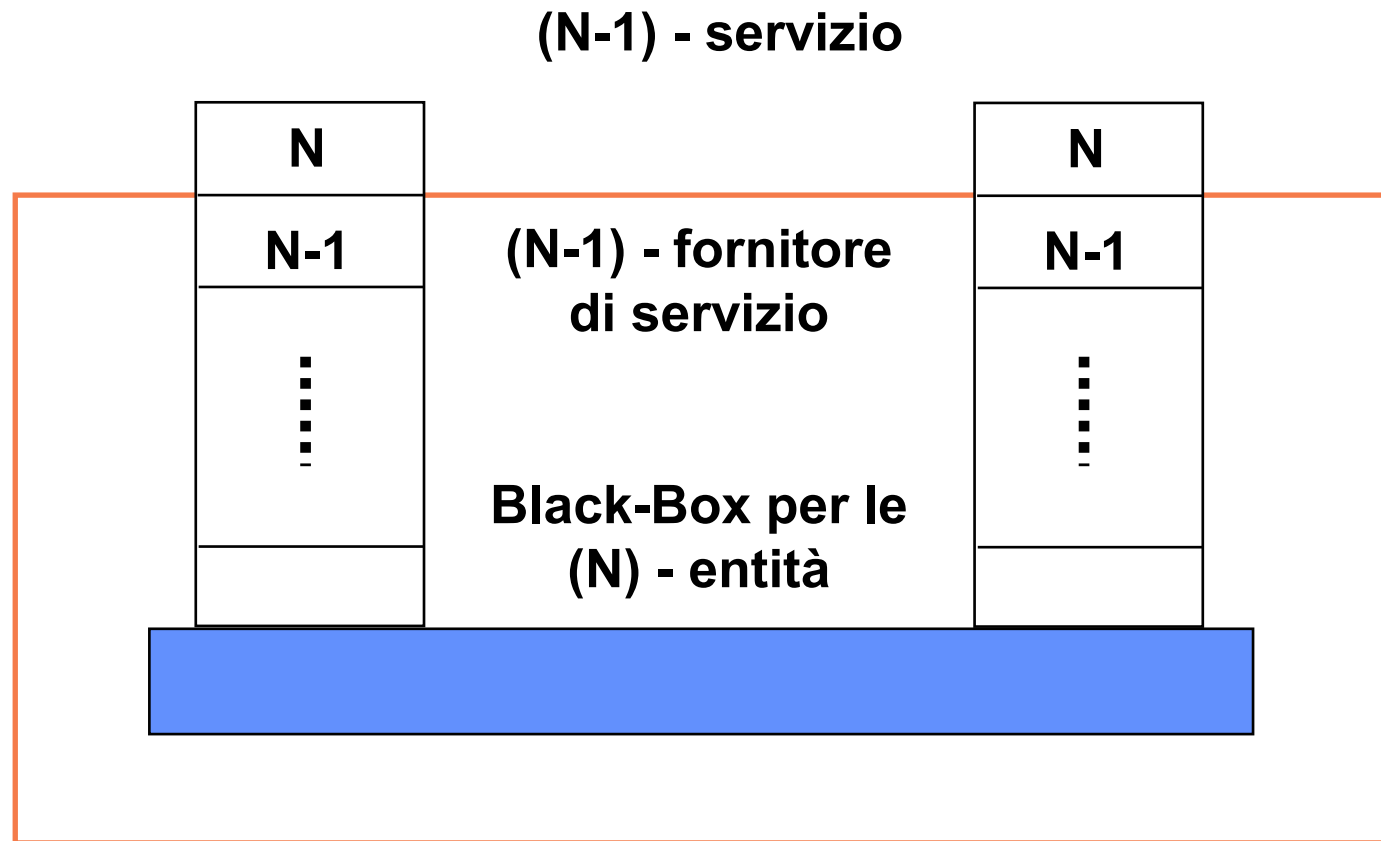
- In terminologia Internet parliamo di "socket"



Servizi

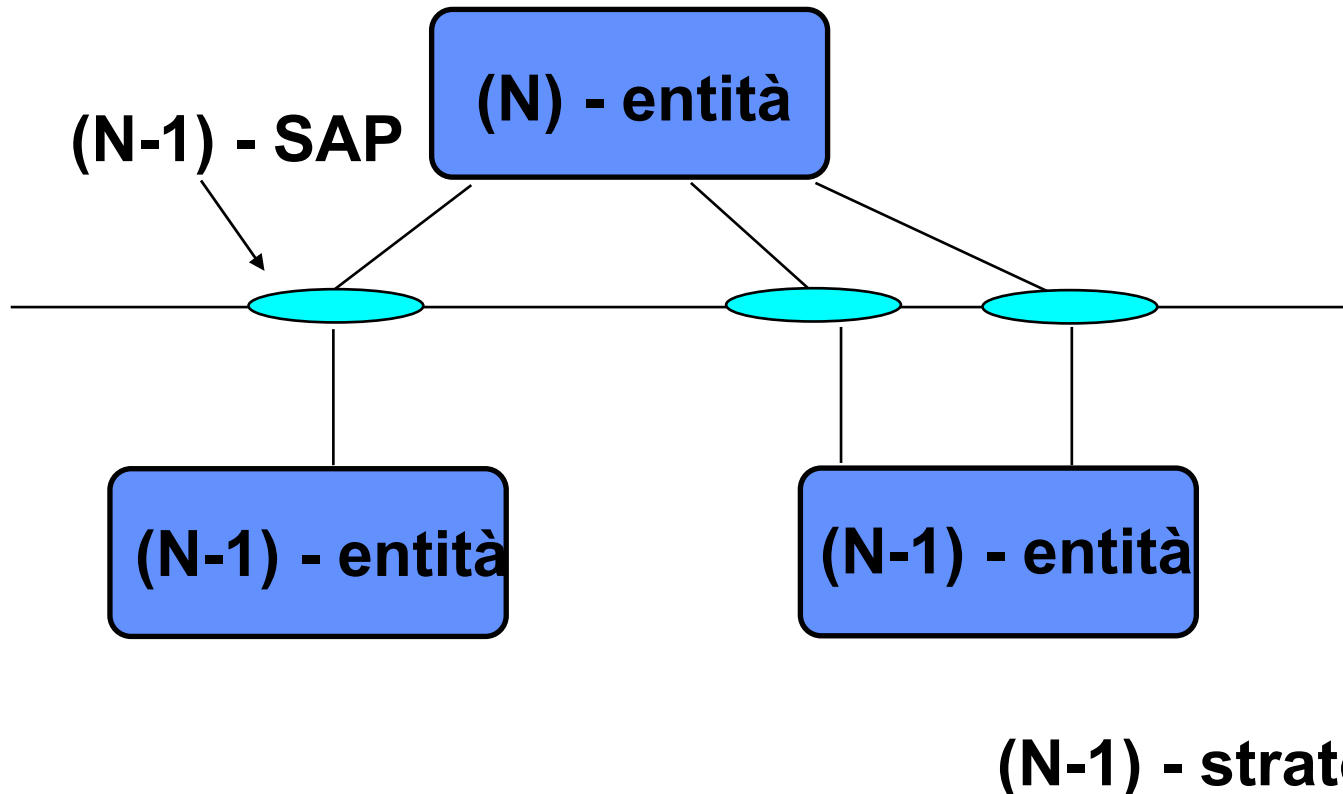


Servizi



SAP

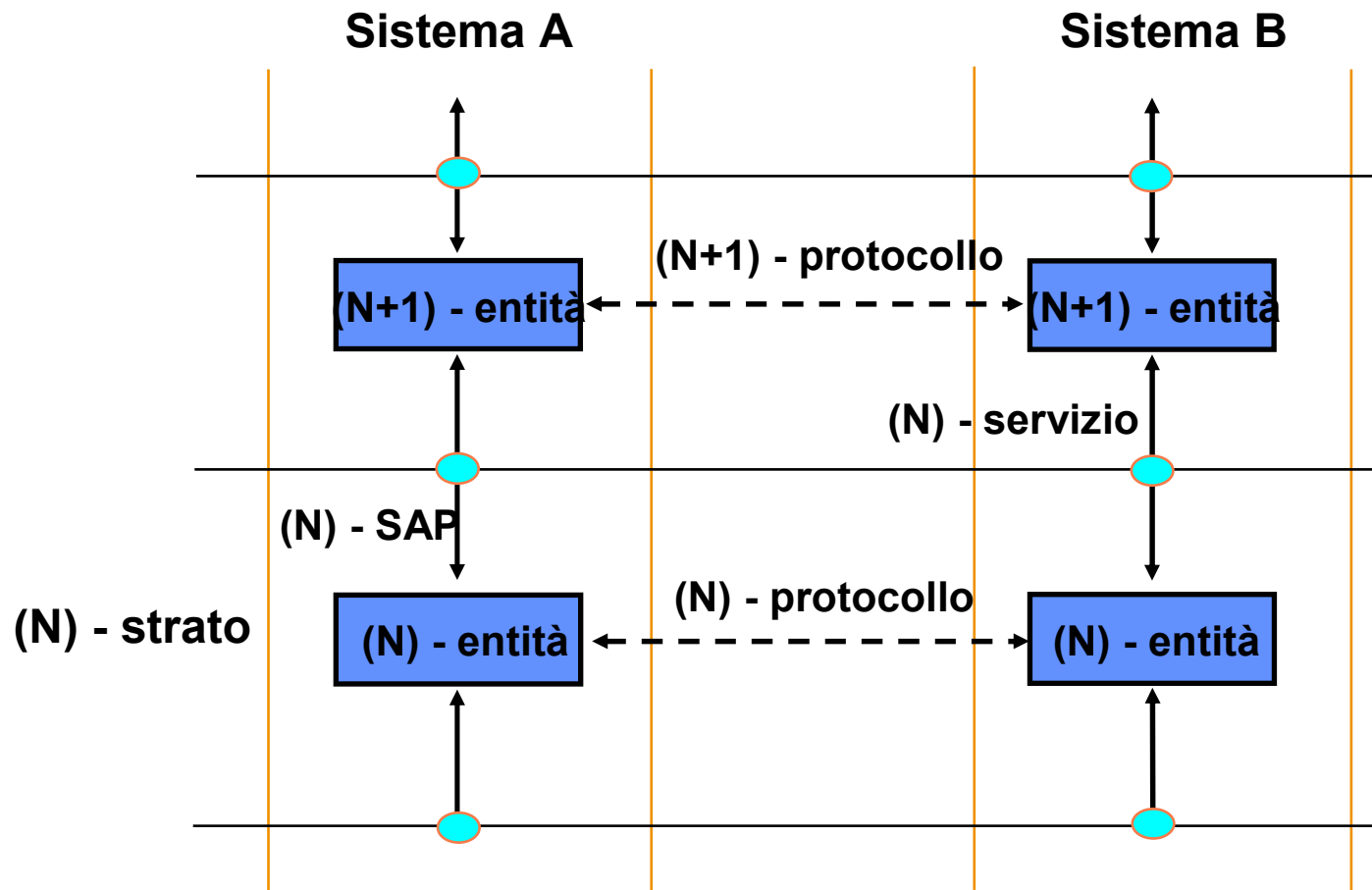
(N) - strato



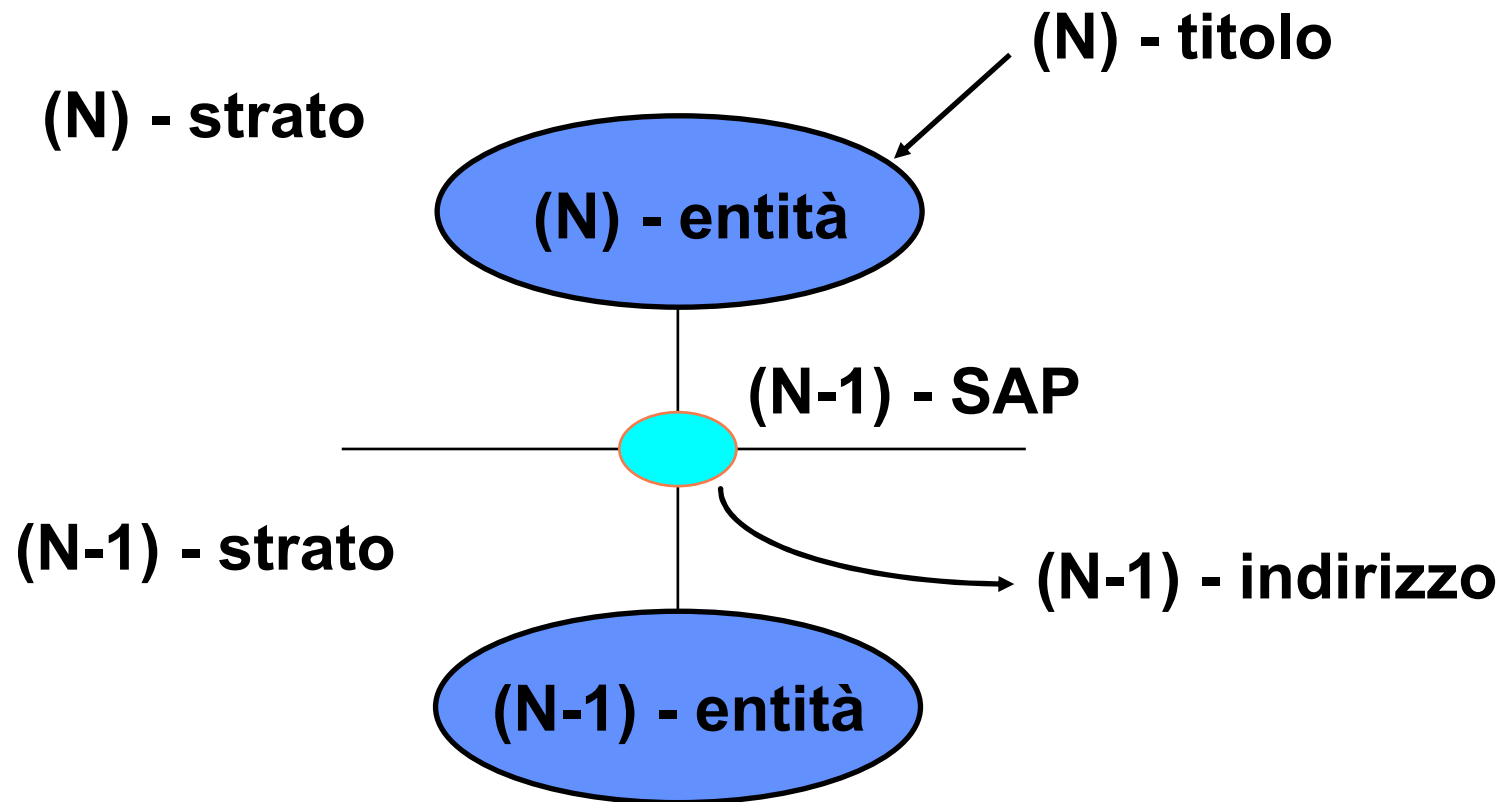
In terminologia Internet parliamo di nuovo di "socket"



Protocolli



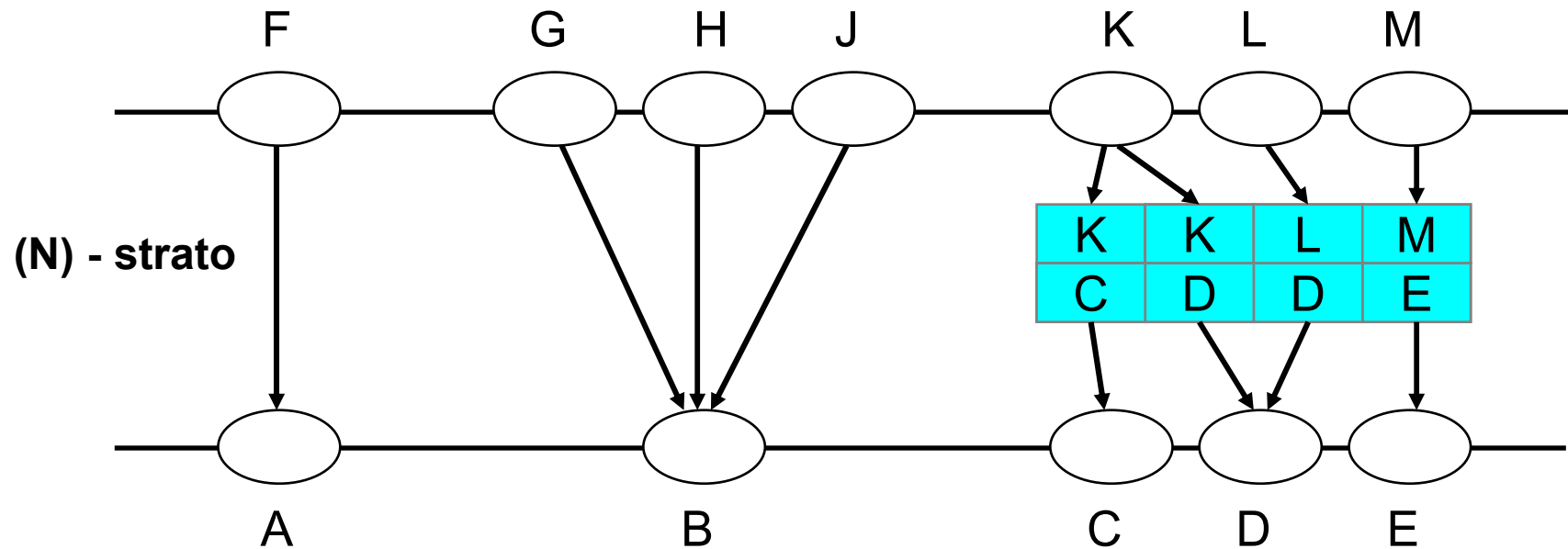
Indirizzi



In terminologia Internet parliamo di "port", "protocol", etc. a seconda del livello



Tipologie di mapping

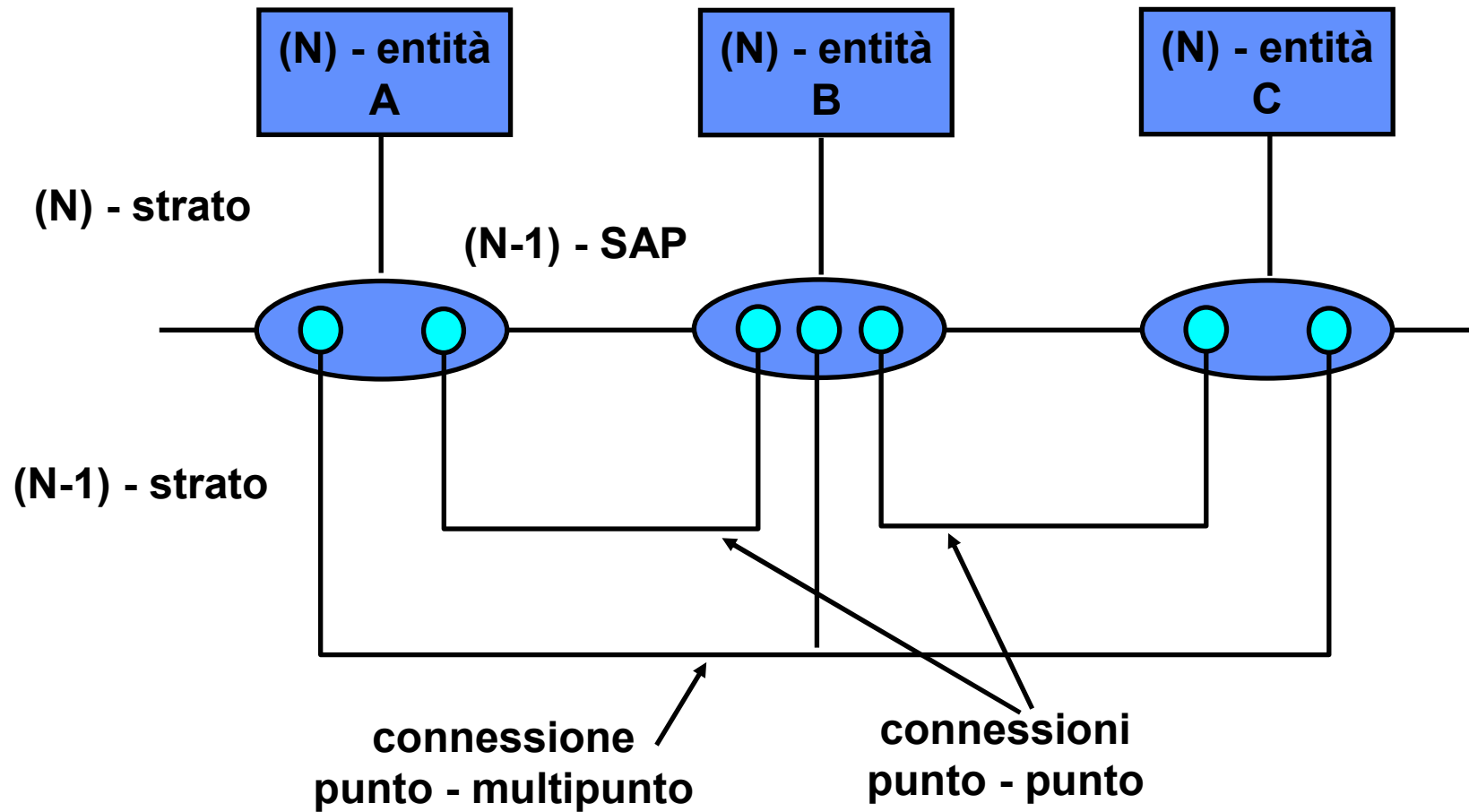


one-to-one hierarchical

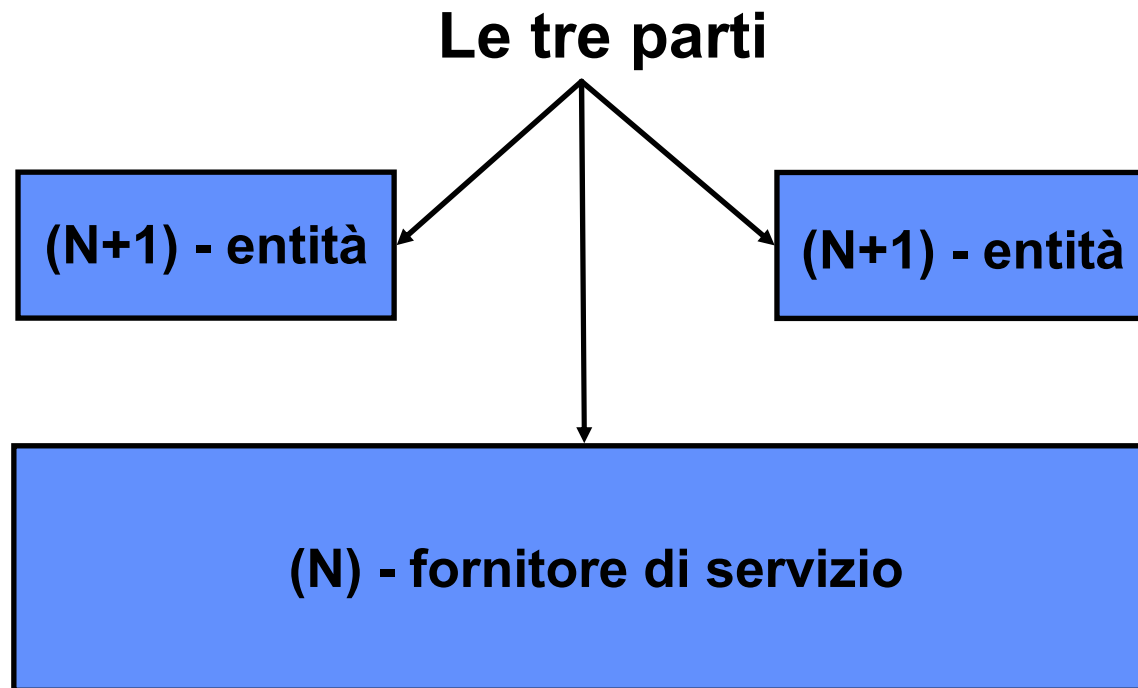
tabular



Connessioni

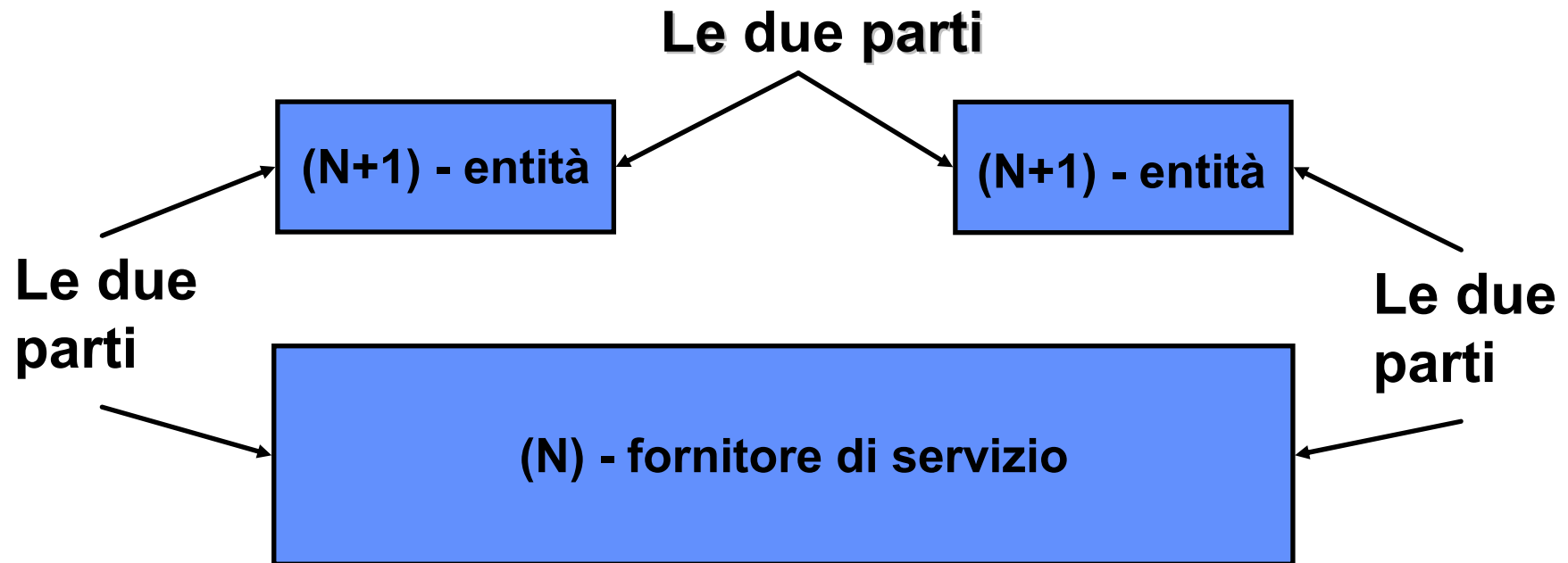


Accordo tra tre parti



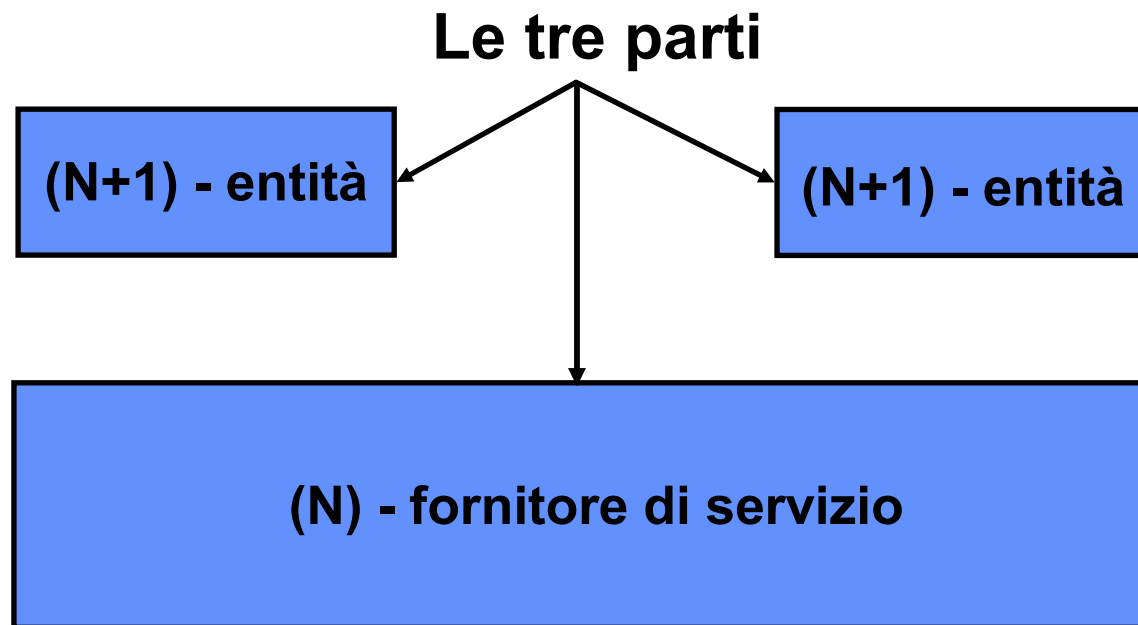
Accordo

- Nel caso di trasferimento di informazioni senza connessione è sufficiente un accordo tra due parti



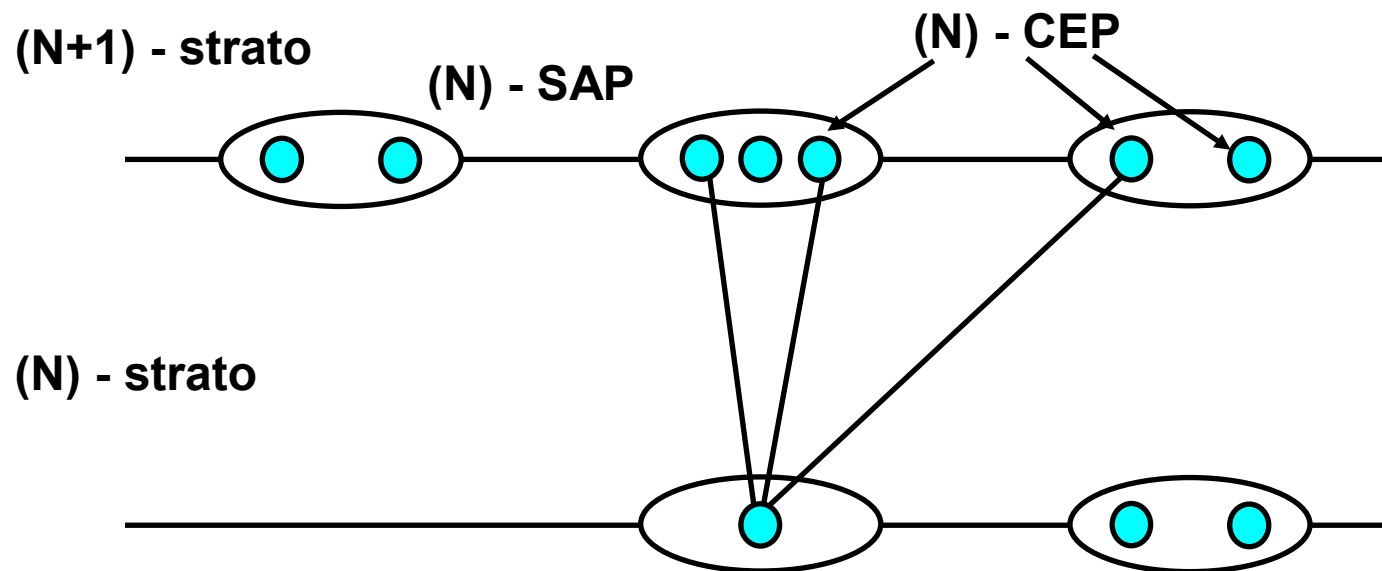
Accordo

- Nel caso di trasferimento di informazioni con connessione è necessario un accordo tra le tre parti



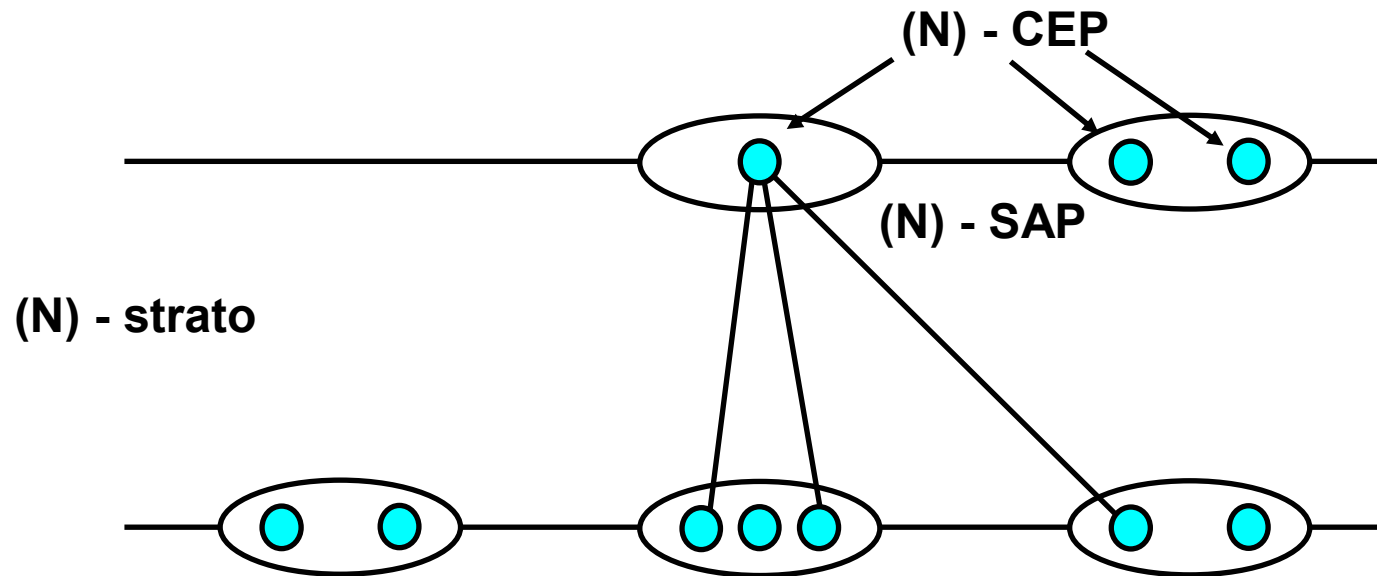
Connessioni

- multiplazione di (N) - connessioni su una (N-1) - connessione

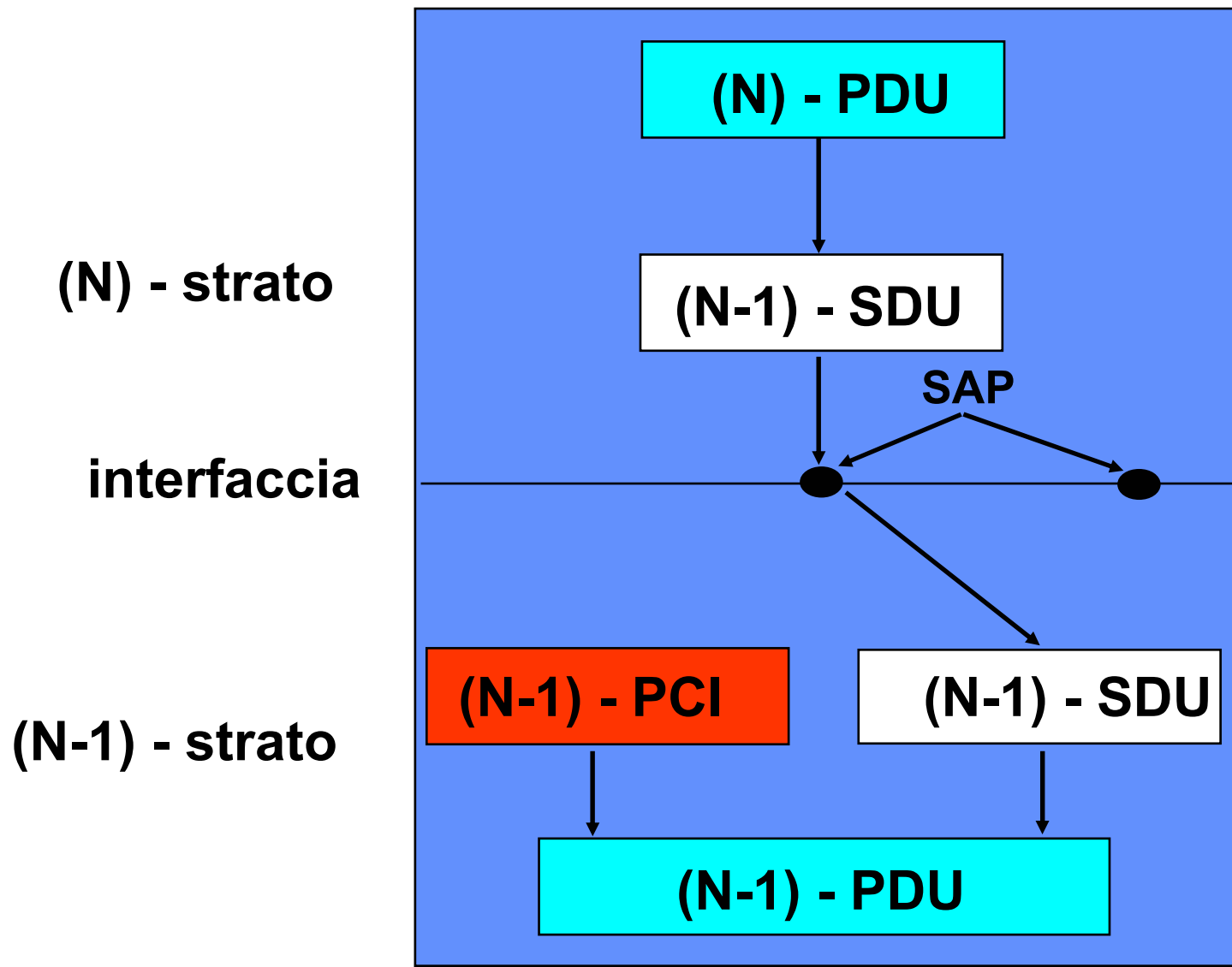


Connessioni

- suddivisione di una (N) - connessione su più (N-1) - connessioni



Creazione PDU

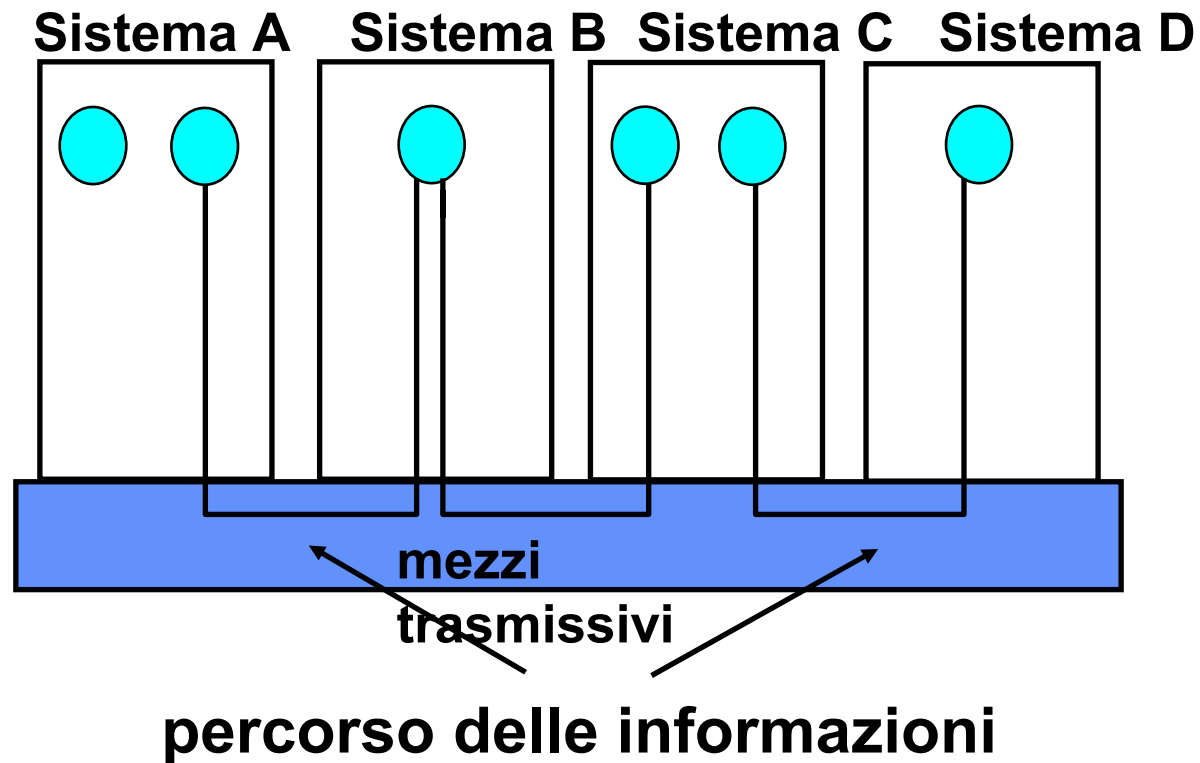


Creazione PDU

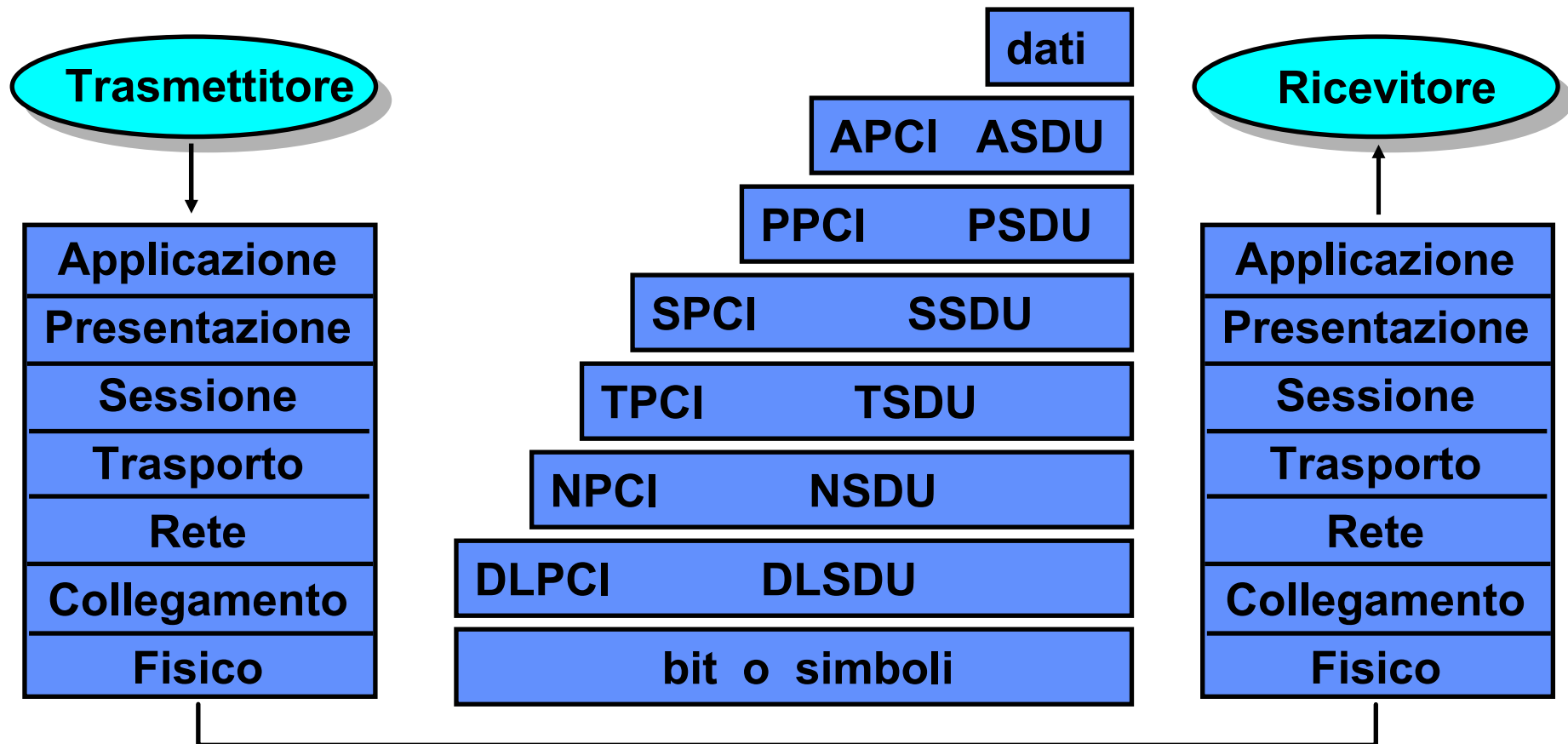
- Sulle unità dati esiste la possibilità di
 - segmentazione
 - concatenazione
- La segmentazione può avvenire
 - costruendo più (N) - PDU da una (N) - SDU
 - sia generando più (N-1) - SDU da una (N) - PDU
- Analogamente per la concatenazione



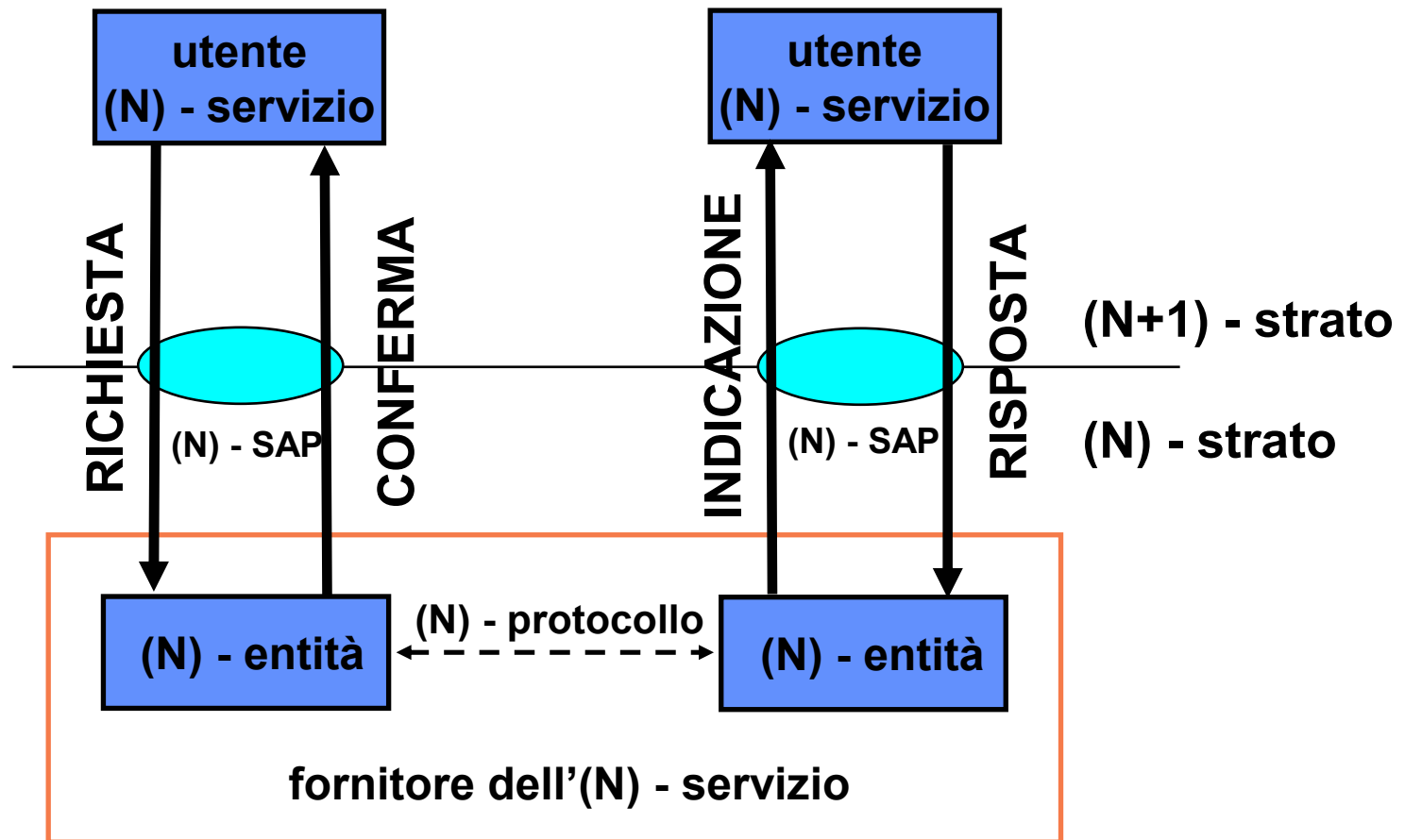
Trasferimento informazioni



Trasferimento informazioni

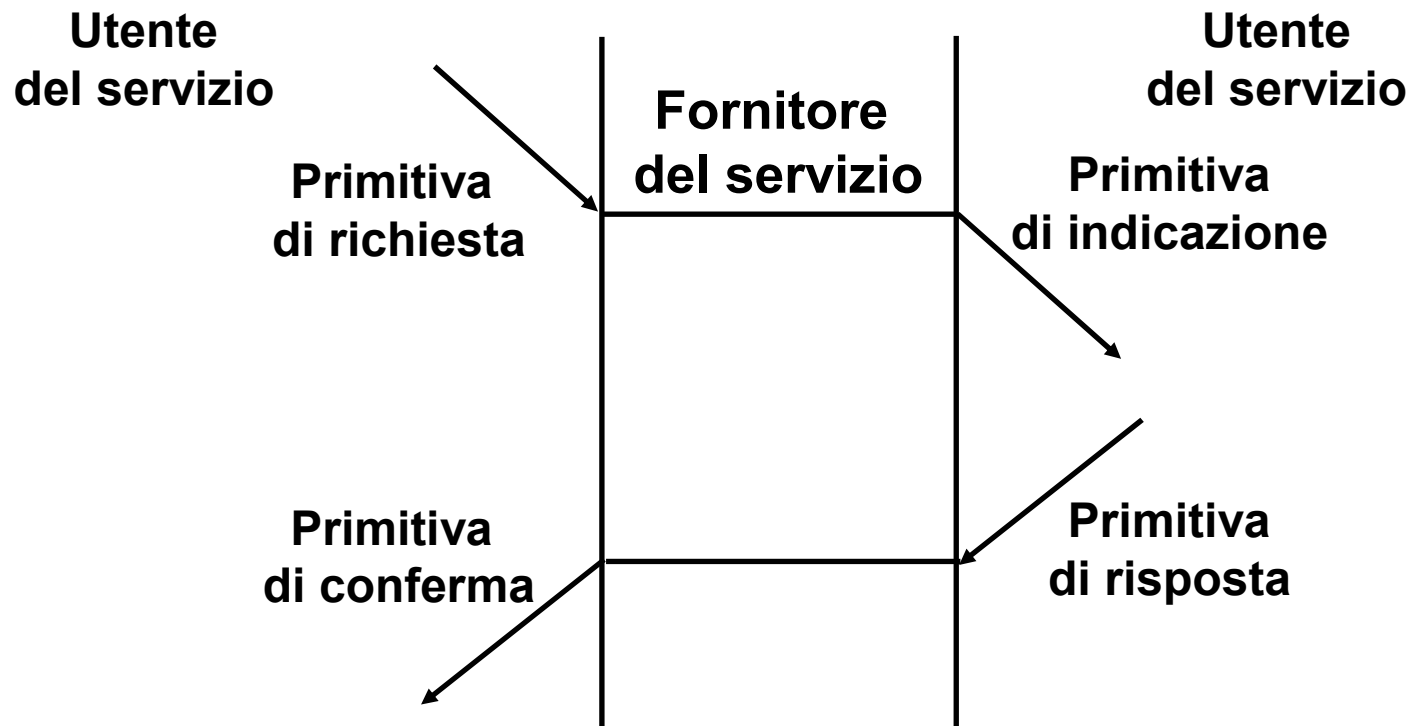


Primitive



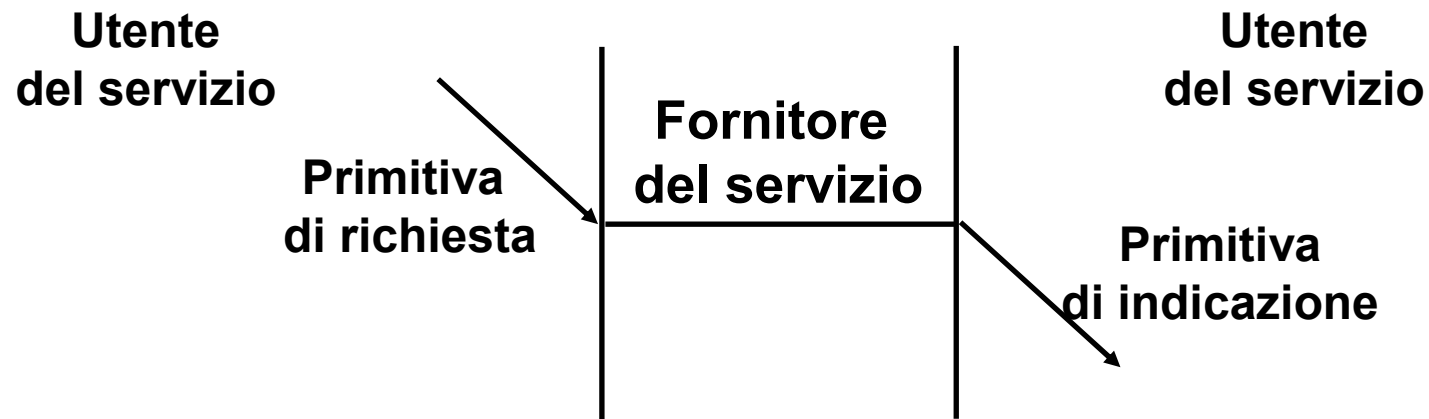
Uso di primitive

Servizio confermato



Uso di primitive

Servizio non confermato



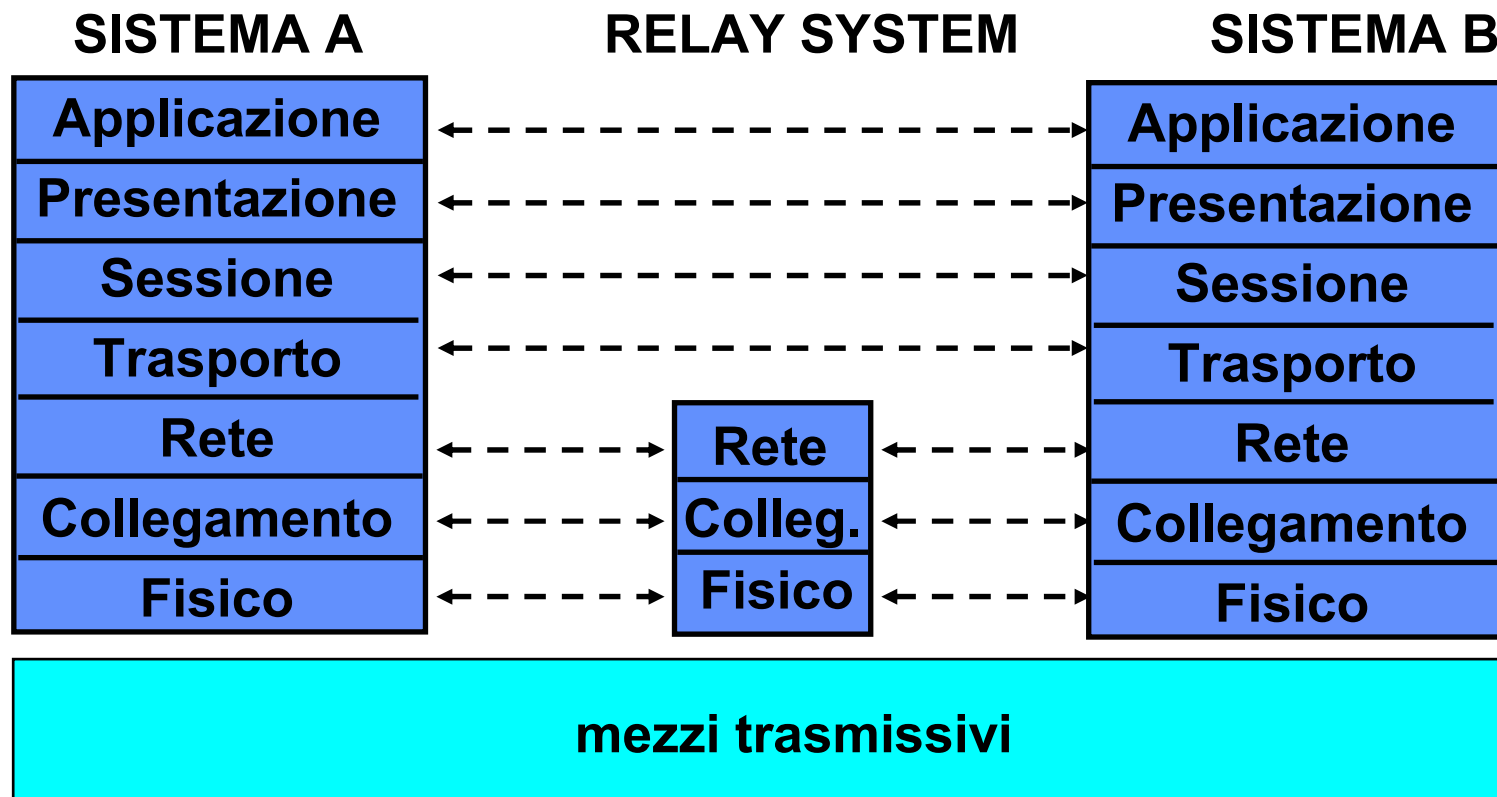
Uso di primitive

Servizio iniziato dal fornitore

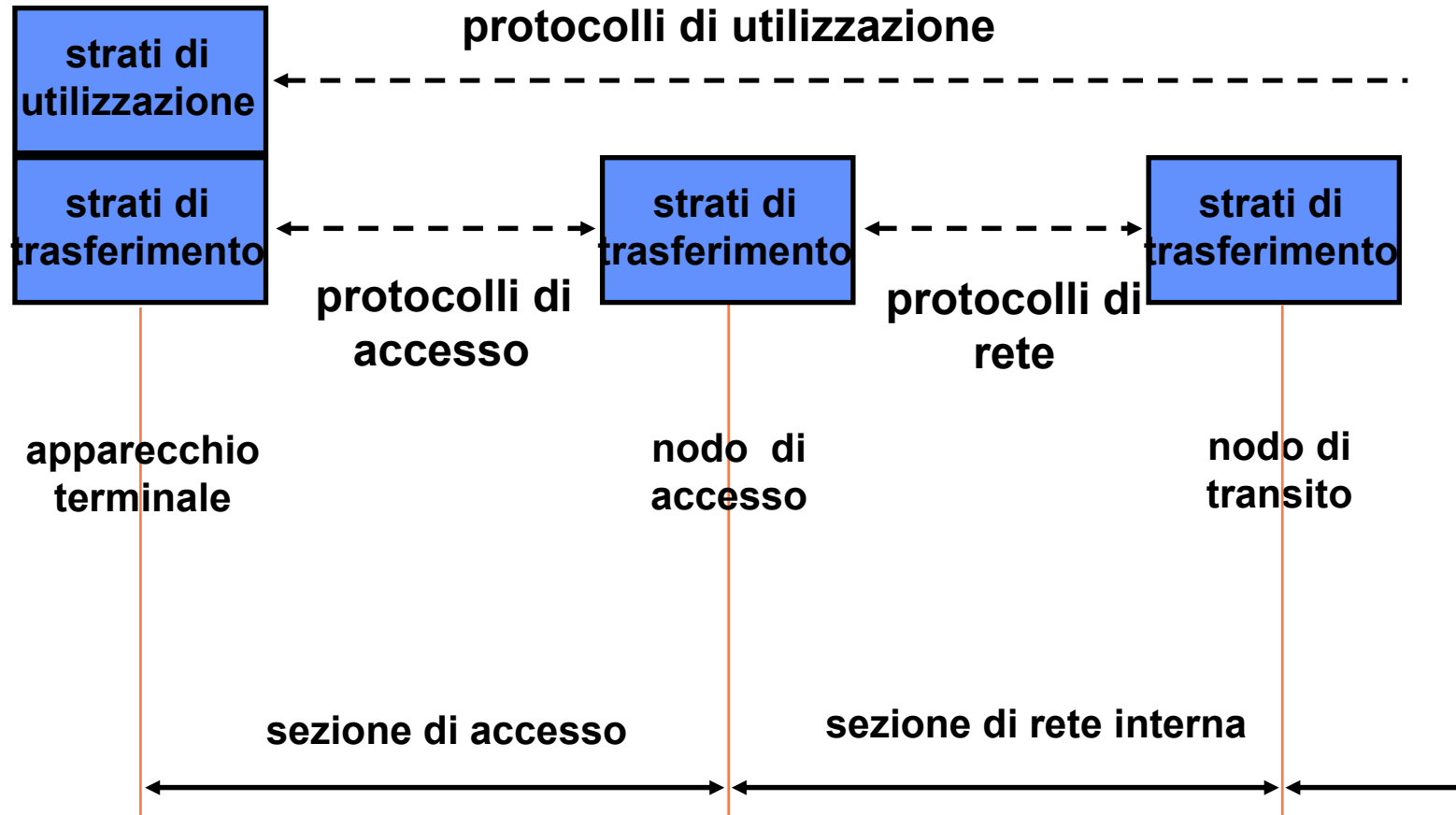


Sistemi

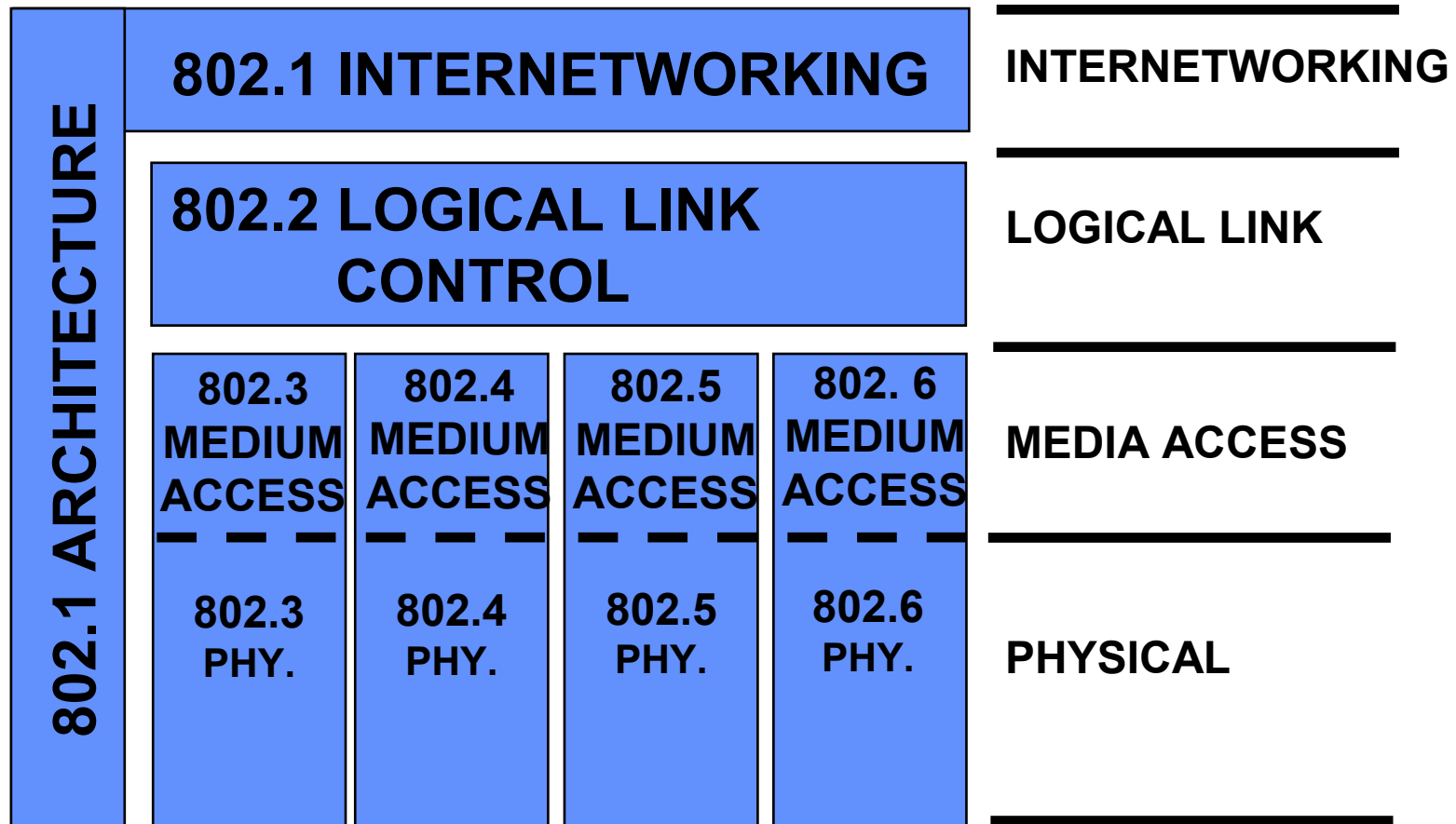
- sistemi terminali
- sistemi di rilegamento (relay)



Reti pubbliche

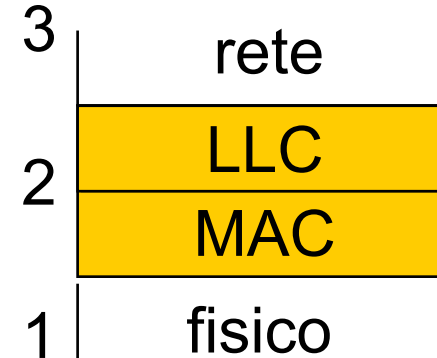


STANDARD IEEE 802



Il livello 2: Data link (2)

- **Controllo di flusso**
 - ▣ gestisce l'accesso al mezzo trasmissivo da parte dei livelli superiori.
- **Il livello 2 è diviso in due sottolivelli:**
 - ▣ **LLC: Logical Link Control**
 - ▣ **MAC: Medium Access Control**



Protocolli per LAN (2)

- Standardizzati negli anni '80 dal progetto IEEE 802, che ha definito:
 - ▣ 802.1: Introduzione all'*Internetworking* di LAN
 - ▣ 802.2: sottolivello LLC
 - ▣ 802.3: *CSMA/CD* (su cui e' basato *Ethernet*)
 - ▣ 802.4: *Token Bus*
 - ▣ 802.5: *Token Ring*
 - ▣ 802.6: *DQDB* (per reti MAN)



Protocolli per LAN (3)

- A tali comitati si sono poi aggiunti:
 - ☐ 802.7: Broadband Technical Advisory Group
 - ☐ 802.8: Fiber-Optic Technical Advisory Group
 - ☐ 802.9: Integrated Data and Voice Networks
 - ☐ 802.10: Network Security
 - ☐ **802.11: Wireless Networks**
 - ☐ 802.12: 100base VG
 - ☐ 802.13: 100base X
 - ☐ . . .

