



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PARMA  
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

# Introduzione alle Reti di TLC

Luca Veltri

(mail.to: luca.veltri@unipr.it)

Corso di Reti di Telecomunicazioni A, a.a. 2009/2010

<http://www.tlc.unipr.it/veltri>



Università degli Studi di Parma  
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Introduzione alle Reti di TLC

## Indice

- Introduzione
- Rami, nodi, topologie di rete
- Sezione di accesso e sezione interna
- Tipi di informazione
- Qualità del servizio e sicurezza
- Organismi di standardizzazione

2



Università degli Studi di Parma  
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Introduzione alle Reti di TLC

## Reti di Telecomunicazioni

- Rete di TLC
  - **piattaforma tecnologica per effettuare comunicazione a distanza tra due o più utenti**
  - **consente di trasferire informazione (servizio di TLC)**
  - **consente di gestire le sue parti componenti e i servizi supportati**
- Servizio di TLC
  - **trasferimento di informazione di varia natura**
  - **caratterizzato da parametri quali durata, qualità, etc**
- Ci sono diverse modalità di attuare tale trasferimento, e quindi diverse tipologie di rete TLC
  - **ciascuna con i propri vantaggi e svantaggi**
  - **ciascuna più o meno adatta ai vari tipi di servizio (applicativi)**

3



Università degli Studi di Parma  
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Introduzione alle Reti di TLC

## Esempi di reti e servizi di TLC

- Esempi di reti di TLC:
  - **Rete telefonica fissa - PSTN (Public Switched Telephone Network)**
  - **Reti mobili di seconda generazione (2G) - GSM (Global System for Mobile Communications), e reti mobili 2,5G - GPRS (General Packet Radio Service)**
  - **Reti di distribuzione radio e TV analogica e digitale**
  - **Reti dati in area locale - LAN (Local Area Network), e.g. Ethernet, WiFi, etc.**
  - **Reti dati in area metropolitana, e.g. WMAX**
  - **Reti in area metropolitane e geografiche SDH (Synchronous Digital Hierarchy) ATM (Asynchronous Transfer Mode), X.25, Frame-Relay, etc.**
  - **Internet**
  - **Reti mobili 3G - UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)**
  - **Reti 4G**
- Esempi di servizi:
  - **Comunicazione audio bidirezionale, e.g. POTS (Plain Old Telephone Service)**
  - **Comunicazione audio/video bidirezionale**
  - **Comunicazione audio/video da uno a più, audio-conferenza, video-conferenza**
  - **Audio/video diffusione, e.g. servizio radio, TV, streaming, web TV**
  - **Instant Messaging, posta elettronica**
  - **Condivisione dati peer-to-peer**
  - **Web browsing**
  - **∞**

4

## Distinzione delle reti in base alla gamma di servizi supportati

- Rete dedicata a un servizio:
  - sono state concepite e realizzate in passato per la fornitura di un singolo servizio
  - possono oggi essere utilizzate anche per un insieme ristretto di altri servizi, seppure con alcune limitazioni
  - esempio: la rete telefonica (fissa/mobile)
- Rete integrata nei servizi:
  - sono di concezione relativamente più recente
  - il loro obiettivo e' rendere possibile la fornitura di una vasta gamma di servizi di telecomunicazione con prestazioni di qualità e di costo decisamente migliori rispetto a quelle ottenibili con le reti dedicate
  - esempio: Internet (nella sua evoluzione attuale)

5

## Distinzione delle reti in base al grado di mobilità del terminale

- Rete fissa: se i servizi supportati dalla rete sono accessibili solo da parte di utenti che
  - accedono alla rete da postazioni/terminali fissi, oppure che
  - pur in movimento, rimangono in un intorno relativamente ristretto di un sito di riferimento (abitazione, ufficio, etc.)
    - anche se il terminale utilizzato è di tipo wireless, il "punto di accesso" alla rete rimane fisso
    - e.g. terminali cordless, terminali con interfaccia WiFi per rete Internet
- Rete mobile: se l'accesso e' consentito ad utenti che
  - sono in movimento senza forti limitazioni alla loro mobilità (a piedi e/o su veicoli)
    - muovendosi, gli utenti cambiano "punto di accesso" alla rete
    - e.g. reti 2G/3G

6

## Distinzione delle reti in base al loro posizionamento

- Distinzione in base alla loro applicazione in contesti di rete più ampi
  - **Rete di accesso**
    - normalmente utilizzata per interconnettere tra loro i terminali di utente presenti in una area limitata e per interconnettere questi con una rete di trasporto
  - **Rete di trasporto**
    - interconnette tra di loro le reti di accesso permettendo la comunicazioni tra terminali di utente remoti collegati a differenti reti di accesso
- Si differenziano generalmente per caratteristiche trasmissive, qualità del servizio, affidabilità, capacità di gestione, etc.

7

## Distinzione delle reti in base alla loro estensione

- Rete in area personale (Personal Area Network, PAN)
  - l'area interessata ha un raggio dell'ordine del metro
    - e.g. Bluetooth
- Rete in area locale (Local Area Network, LAN)
  - l'area interessata è ristretta ad un singolo edificio o a un complesso di insediamenti entro il raggio di qualche chilometro
    - e.g. Ethernet, WiFi
- Rete in area metropolitana (Metropolitan Area Network, MAN)
  - gli utenti sono distribuiti su un'area relativamente estesa (una città, una piccola regione)
    - e.g. Anello SDH, WiMAX
- Rete in area geografica (Wide Area Network, WAN)
  - gli utenti sono distribuiti su un'area molto estesa (una nazione, un continente, l'intero globo terrestre)
    - e.g. PSTN, PLMN, Internet

8

## Distinzione delle reti in base alla loro estensione

Interprocessor distance	Processors located in same	Example
1 m	Square meter	Personal Area Network (PAN)
10 m	Room	
100 m	Building	Local Area Network (LAN)
1 km	Campus	
10 km	City	Metropolitan Area Network (MAN)
100 km	Country	Wide Area Network (WAN)
1000 km	Continent	
10,000 km	Planet	

9

## Interconnessione di reti

- Più reti possono essere interconnesse tra loro in modo da formare una rete più estesa
- Questo è in generale possibile se
  - le reti componenti sono di tipo omogeneo, oppure
  - si aggiungono opportuni meccanismi e protocolli comuni operanti sopra le varie reti componenti

10

## Soggetti nella fornitura del servizio di TLC

- Cliente/utente del servizio (service customer)
  - fruitore del servizio, i.e. soggetto della comunicazione (sorgente e/o destinazione)
  - per fruire di un servizio deve interagire con il fornitore
- Fornitore del servizio (service provider)
  - Ha il compito di rendere fruibile il servizio di TLC al cliente secondo modalità (e.g. costo, durata) predefinite (Service Agreement)
  - Per rendere possibile il trasferimento dell'informazione deve poter utilizzare la infrastruttura di rete resa disponibili dal gestore
- Gestore di rete (network operator)
  - Ha il compito di attivare e mantenere operativi la piattaforma di rete in modo da assicurare la fruizione del servizio di TLC

## Rami, nodi, topologie di rete

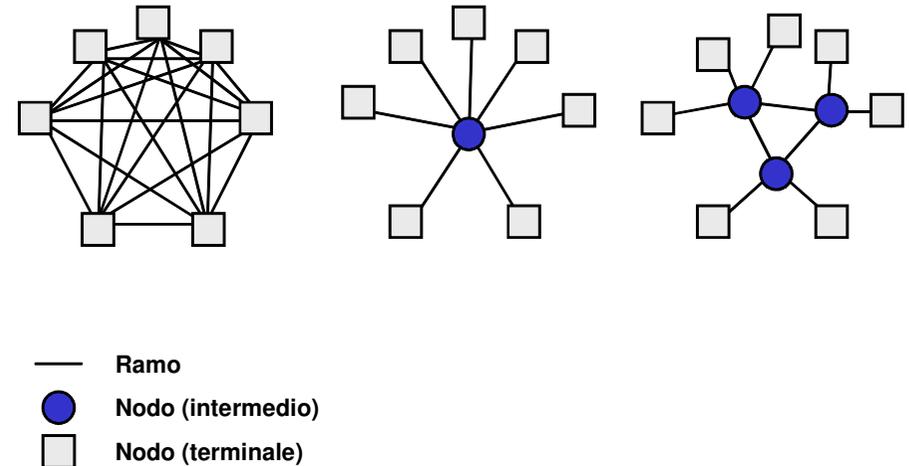
11

## Rami e nodi

- Una rete è genericamente composta da nodi interconnessi tramite rami
  - Un **ramo**, costituisce elemento di connessione di due nodi
    - rappresenta il percorso diretto che l'informazione segue per essere trasferita tra due nodi
  - Un **nodo** è l'estremità comune di uno, due o più rami convergenti nello stesso punto
    - mezzo di scambio tra due o più rami, o terminazione degli stessi
- Il significato di queste entità geometriche è diverso a seconda del livello funzionale considerato; esempi:
  - **nodi**: terminazioni fisiche di rete, apparati di commutazione (switching), elaboratori, etc
  - **rami**: mezzo trasmissivo, giunzione fisica/logica tra due apparati di rete, percorso logico dell'informazione tra due elaboratori, etc

13

## Rami e nodi



14

## Nodi intermedi e terminali

- Nodo intermedio (nodo di commutazione)
  - **nodo di scambio, moltiplicazione/demoltiplicazione**
  - genericamente riferito come **Relay System**
  - a seconda dei casi viene chiamato:
    - gateway, router, switch, digital cross connector, hub, repeater, etc.
- Apparecchi o nodi terminali (Terminal Equipment)
  - **sorgente/destinazione della comunicazione**
  - **costituenti il mezzo attraverso cui un utente usufruisce di uno o più servizi di TLC**
  - **possono essere di varia forma e possono dipendere dalla tipologia di rete e/o dal servizio, esempio:**
    - Apparecchi radio, TV
    - Telefono fisso, mobile, smartphone
    - PC fisso o portatile (laptop)
    - PDA (Personal Digital Assistant)
    - elettrodomestici..

15

## Grafo di rete

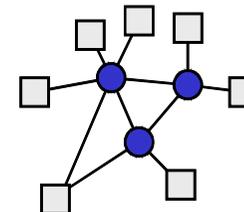
- Una topologia di rete è definita da un grafo

$$G=(V,A)$$

$V$  = insieme dei vertici (nodi),  $N = |V|$

$A$  = insieme degli archi (rami),  $R = |A|$

- Esempio  
 $N=10, R=11$



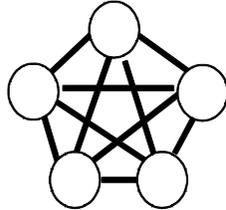
- Se necessario si fa distinzione sul verso di percorrenza dei rami
  - **grafo orientato**

16

## Topologia a maglia completa

- Ogni nodo è connesso direttamente con tutti gli altri nodi, i.e. è presente un ramo per ogni coppia di nodi

$$R = N(N-1)/2$$



- Vantaggio: tolleranza ai guasti (molti percorsi tra due nodi)
- Svantaggio: elevato numero di rami
- E' usata solo quando i nodi sono pochi (e/o "vicini")
  - **quando il costo di interconnessione è basso**

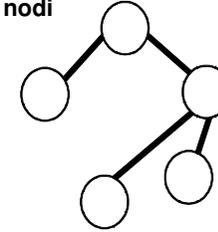
17

## Topologia ad albero

- Grafo connesso con un solo percorso (cammino) tra ogni coppia di nodi

➢ **Def: grafo connesso: se c'è sempre un cammino per ogni coppia di nodi**

$$R = N - 1$$



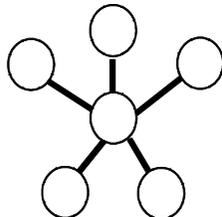
- Vantaggio: basso numero di rami
- Svantaggio: vulnerabilità ai guasti (solo un percorso tra due nodi)
- E' usata per ridurre i costi e semplificare la stesura dei rami

18

## Topologia a stella

- Caso particolare di albero: tutti i nodi sono connessi tramite un ramo ad un nodo (centrale)
  - **distanza max tra due nodi = 2**

$$R = N - 1$$



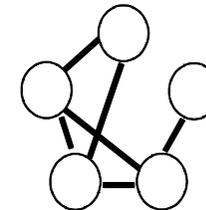
- Vantaggio: basso numero di rami
- Svantaggio: vulnerabilità ai guasti del nodo centrale
- E' usata per ridurre i costi e semplificare la stesura dei rami

19

## Topologia a maglia non completa

- Caso più generale dei precedenti, compromesso tra albero e rete a maglia completa

$$N - 1 < R < N(N - 1) / 2$$



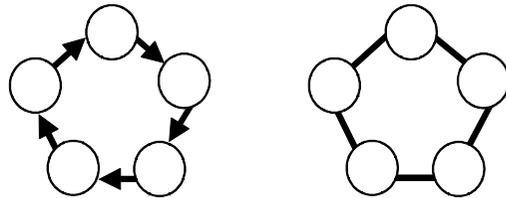
- Svantaggio: topologia non regolare
- Vantaggio: tolleranza ai guasti e numero di rami selezionabile a piacere
- E' la più usata

20

## Topologia ad anello

- I nodi sono interconnessi ad “anello”
- Può essere unidirezionale o bidirezionale
  - Se bidirezionale, distanza max tra due nodi = 2

$R=N$



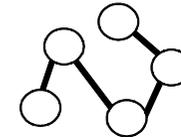
- Usata principalmente in reti locali e metropolitane

21

## Topologia a bus

- I nodi sono connessi in modo “lineare”
- Il bus può essere attivo (ogni nodo partecipa al comunicazione tra le altre coppie di nodi) o passivo (tutti i nodi sono connessi allo stesso mezzo)

$R=N-1$  nel caso di bus attivo



$R=1$  nel caso di bus passivo

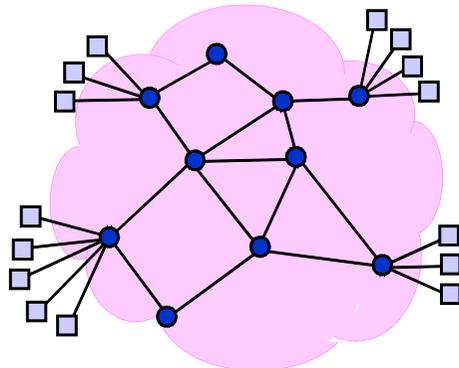


- Usata principalmente in LAN e MAN (wired o wireless)

22

## Topologia generale di una rete di TLC

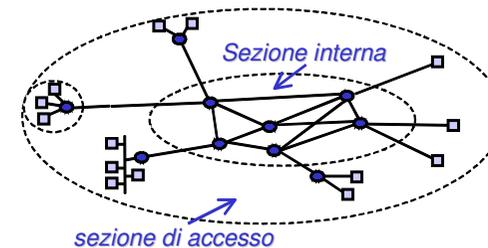
- In generale la topologia di una rete di TLC può essere una combinazione delle topologie precedenti (topologia mista):
  - **maglia completa, stella, albero, etc.**



23

## Sezione di accesso e sezione interna

- Reti di TLC complesse vengono spesso viste come composte da due parti (dette anche zone o sezioni)
  - **sezione di accesso (rete di accesso)**
  - **sezione interna (rete di trasporto/transito, core, dorsale, backbone)**



- Sezione di accesso e interna si possono differenziare per velocità di trasferimento, topologia, tecnologie, mezzi trasmissivi, funzionalità di gestione, affidabilità, ridondanza, etc.

24

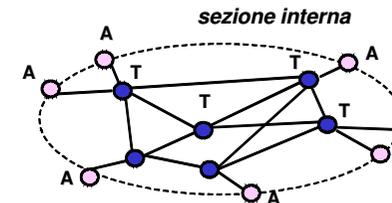
## Sezione di accesso

- Ha il ruolo di consentire l'accesso alla rete ai suoi utenti
- Viene realizzata attraverso differenti mezzi e tecnologie
  - wireless
  - wired (rame, fibra)
  - punto-punto, broadcast
  - ..
- E' la sede di risorse che in alcuni casi sono indivise e dedicate ai singoli utenti/terminali
- Comprende l'interfaccia utente-rete

25

## Sezione interna

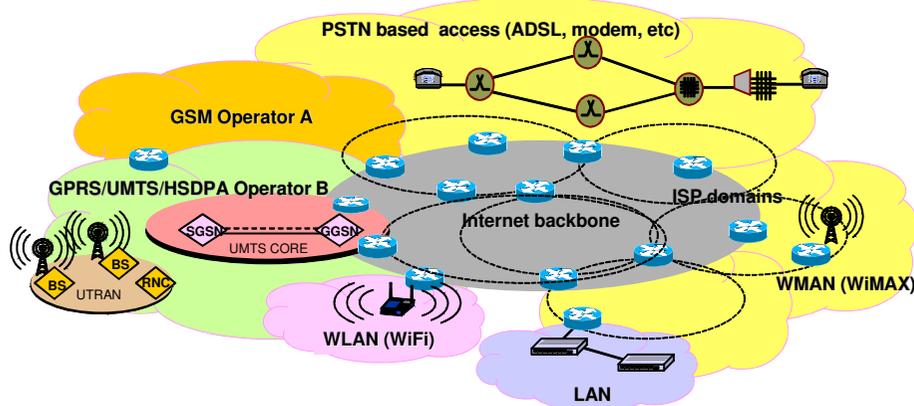
- Ha il ruolo di trasferire l'informazione tra nodi di accesso, utilizzando, se necessario, anche nodi di transito
- E' sede di risorse condivise (di trasferimento e di elaborazione) con elevate prestazioni, in termini di velocità (trasmissiva, elaborativa), affidabilità, etc



A : Nodi di accesso  
T : Nodi di transito

26

## Sezione di accesso e sezione interna in Internet



27

## Sezione di accesso e sezione interna in Internet

- Access Network (pto-ptto and multi-ptto)
  - (IP over) PSTN/ISDN
  - (IP over) xDSL
  - (IP over) Ethernet10M/100M/1G
  - (IP over) GPRS/UMTS
  - (IP over) WLAN/802.11 (WiFi)
  - (IP over) WMAN/802.16 (WiMAX)
- Core Network
  - (IP over) ATM/SDH
  - (IP over) MPLS/SDH
  - (IP over) Gigabit Ethernet
  - (IP over) IPv6 over..

28

## Tipi di informazione

## Unità Informative

- Obiettivo della comunicazione è il trasferimento dell'informazione tra due o più terminali/utenti
- L'informazione può essere: analogica o digitale
- Verrà considerata solo informazione digitata (eventualmente come uscita di convertitore A/D e codec)
  - **voce, video, dati..**
- L'informazione viene trasferita mediante Unità Informative (UI)
  - **singoli bit**
  - **byte**
  - **blocchi/sequenze di bit o byte**
    - a seconda dei casi, vengono chiamati: unità dati, pacchetti, messaggi, segmenti, trame, etc.

30

## Informazione utente, di controllo, e di gestione

- In una rete di TLC si possono distinguere 3 differenti tipi di informazione/traffico:
  - **Informazione di utente**
    - è l'obiettivo della comunicazione
    - differenti media (voce, dati, video, etc.)
    - viene trasmessa in accordo ad opportuni formati (protocolli, codec)
    - può essere inviata insieme a dell'extra-informazione aggiunta per scopi di controllo del trasferimento (overhead), e.g. indirizzi, campi di controllo di errore, etc..
    - coinvolge le funzionalità di trasporto della rete
  - **Informazione di segnalazione/controllo**
    - è di supporto affinché possa avvenire la comunicazione
    - permette di inizializzare una comunicazione e negoziarne le caratteristiche
    - e/o controllare il trasferimento dei dati di utente
    - coinvolge le funzionalità di controllo

31

## Informazione utente, controllo, gestione (cont.)

- **Informazione di gestione (OAM - Operation Administration Management)**
  - in genere scambiata tra nodi di rete
  - ha lo scopo di consentire operazioni di gestione delle risorse/apparati di rete
  - in particolare:
    - informazione per operazioni di esercizio (operation)
    - informazione per operazioni di amministrazione (administration)
    - informazione per operazioni di manutenzione (management)
- In alcuni casi i tre tipi di informazione (utente, controllo, gestione) possono essere trattati da e viaggiare su (sotto)reti differenti; in tal caso si parla di:
  - **rete dati (o di trasporto)**
  - **rete di segnalazione**
  - **rete di gestione**
- In altri casi possono condividere la stessa infrastruttura di rete

32

## Qualità del servizio e sicurezza nelle reti

### Ritardo (1/2)

- Le UI possono subire del ritardo nell'attraversamento dei nodi e rami della rete
- Componenti del ritardo sono:
  - **ritardo di elaborazione**
    - il tempo richiesto dal nodo di rete per esaminare la UI (normalmente l'intestazione del pacchetto) e per determinare dove instradarla
    - questo può includere eventualmente il tempo per elaborare la UI stessa, ad esempio controllare se sono presenti errori, modificare le informazioni di instradamento, etc.
    - può essere dell'ordine dei microsecondi o inferiore
  - **ritardo di coda e attraversamento del nodo**
    - il tempo che la UI trascorre prima di essere trasmessa sul link di uscita dal nodo di rete
    - dipende dal tipo di attraversamento realizzato all'interno nel nodo
    - può dipendere dal grado di congestione del nodo (traffico totale in ingresso e/o uscita)

34

### Ritardo (2/2)

- Componenti del ritardo: (cont.)
  - **ritardo di trasmissione**
    - tempo necessario per trasmettere completamente la UI
    - questo influenza sia il tempo di trasferimento della UI corrente, e sia il ritardo di coda subito dalle UI seguenti
    - viene introdotto da ogni nodo che opera in modalità store&forward
    - se  $R$  è il bitrate [bit/s] in uscita, e  $L_{UI}$  la lunghezza [bit] della UI,  
 $t_{Tx} = L_{UI}/R$
  - **ritardo di propagazione**
    - tempo di propagazione nel mezzo fisico
    - dipende dal mezzo ed è proporzionale alla lunghezza dello stesso
    - se  $c_m$  è la velocità [m/s] di propagazione nel mezzo e  $L_m$  la sua lunghezza [m], il tempo di propagazione è  $t_p = L_m/c_m$
- Il ritardo complessivo end-to-end è la somma dei ritardi introdotti dai singoli nodi e rami

35

### Perdita

- In generale durante il trasferimento di una UI questa può "perdersi" o arrivare errata
- Ciò può essere causato da:
  - **errori trasmissivi**
  - **possibile congestione della rete ovvero dei nodi attraversati (e.g. per buffer overflow)**
  - **errori procedurali**
  - **(e.g. errori nei protocolli di routing, banchi nei programmi)**
- Eventuali errori/perdite possono essere recuperati tramite correzione e/o ritrasmissione

36

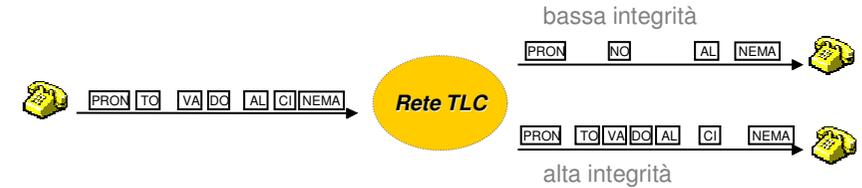
## Prestazioni di un servizio di TLC

- Le prestazioni più significative di un servizio di comunicazione riguardano:
  - **l'integrità informativa**
    - corrispondenza tra informazione emessa e ricevuta (sequenze binarie)
    - può essere valutato attraverso un tasso di errore residuo sul bit (BER/Bit Error Rate) o sulle UI (Packet Loss o FER/Frame Error Rate)
  - **la trasparenza temporale**
    - riguarda i ritardi di transito
    - può essere valutato attraverso le statistiche dei ritardi
    - è importante considerare sia il valore di ritardo medio che la sua variazione (jitter)

37

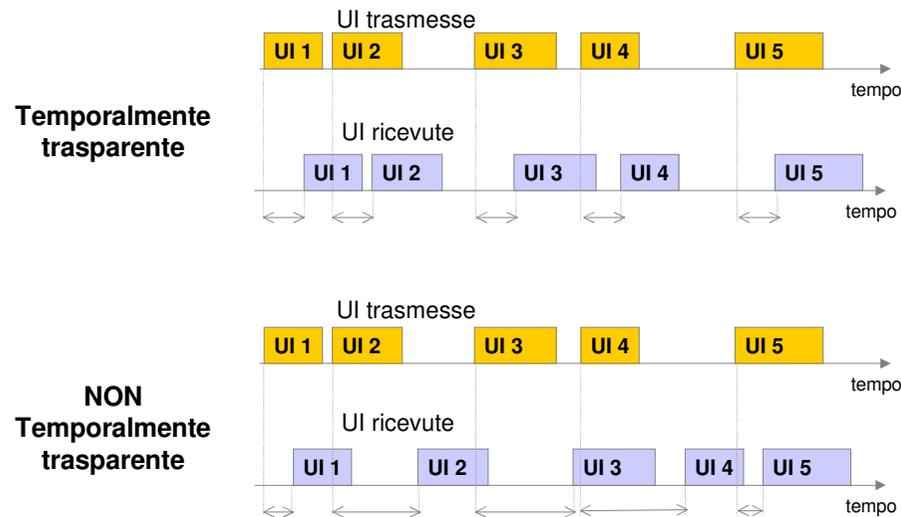
## Integrità informativa

- l'insieme delle UI ricevute è simile all'insieme delle UI trasmesse



38

## Trasparenza temporale



39

## Sicurezza

- In molti casi un aspetto importante nella comunicazione a distanza è la sicurezza che si riesce a garantire alle parti e ai dati scambiati
- Vari servizi di sicurezza:
  - **Autenticazione delle parti**
    - garanzia/verifica che le parti interessate alla comunicazione siano esattamente chi sostengono di essere
  - **Riservatezza/Confidenzialità**
    - garanzia che i dati siano accessibili solo ai soggetti autorizzati
  - **Autenticazione e Integrità dei dati**
    - garanzia che i dati siano stati emessi da una specifica sorgente e che non siano stati indebitamente alterati o manipolati
  - **Disponibilità**
    - garanzia che i dati siano elaborati o trasmessi in tempo ragionevole, o che non siano stati resi inaccessibili
  - **Non ripudio**
    - possibilità di dimostrare di aver ricevuto o inviato dei dati in modo autentico, ovvero l'impossibilità dell'altra parte di confutare dati precedentemente emessi o ricevuti
- Vari meccanismi utilizzati:
  - **crittografia, firma digitale, protocolli di autenticazione, fitraggio, monitoring, etc.**

40

## Organismi di standardizzazione nelle TLC

### Principali organismi mondiali

- International Telecommunication Union (ITU)
  - è un'agenzia specializzata delle Nazioni Unite, con sede in Ginevra e con il compito di armonizzare tutte le iniziative mondiali e regionali nel settore delle Telecomunicazioni
  - include le precedenti attività svolte dal CCITT
  - produce Raccomandazioni: queste hanno carattere volontario, ma costituiscono di fatto un linea-guida fondamentale per le attività dei diversi attori nel mondo delle Telecomunicazioni
- International Standard Organization (ISO)
  - Ente delle Nazioni Unite, creato con l'obiettivo di promuovere lo sviluppo della normativa internazionale per facilitare il commercio di beni e servizi nel mondo
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
  - particolarmente attivo nella standardizzazione delle tecnologie per reti in area locale (LAN) e metropolitana (MAN)

42

### Principali organismi mondiali (cont.)

- IETF (Internet Engineering Task Force)
  - è il gruppo preposto alla definizione degli standard nel mondo Internet
  - chiunque può partecipare sottomettendo degli internet-draft
  - produce degli "standard" denominati Request For Comments (RFC)
  - <http://www.ietf.org>
- 3GPP (Third Generation Partnership Project)
  - 3GPP riunisce differenti organizzazioni e associazioni con l'obiettivo di produrre specifiche tecniche per la reti mobili di terza generazione (3G) come evoluzione della rete GSM
  - mantiene anche le specifiche del GSM e EDGE
  - <http://www.3gpp.org>

43

### Principali organismi europei

- European Telecommunication Standards Institute (ETSI)
  - La preparazione degli standard è effettuata da comitati tecnici, che trattano argomenti specifici e che riferiscono ad una assemblea tecnica

44