

## Concetti di base

martedì 8 febbraio 2022 12:50

**INFORMAZIONE** → il concetto varia in base al livello di astrazione

In una rete i dispositivi che generano l'informazione o che la ricevono sono detti **dispositivi TERMINALI**.

Per **NETWORK CORE** si intende il nucleo strutturale della rete che è composta dai dispositivi Terminali e tutte quelle componenti intermedie.

La comunicazione dei dati su una rete può avvenire in due modi:

- **a connessione di circuito** → il circuito è dedicato (ex rete Telefonica)  
↳ detto **Circuit switching**

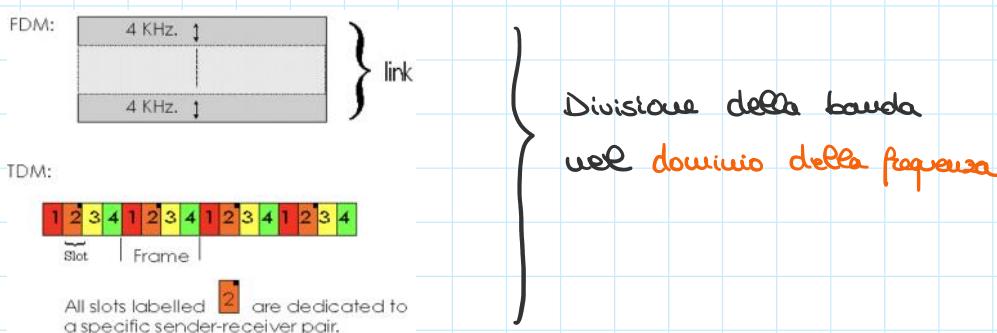
Richiede delle risorse dedicate ovvero vi sono degli "accordi" su come riservare le risorse dei nodi intermedi alla comunicazione.

In particolare, la trasmissione della voce ha dei requisiti di qualità più stringenti.

Inoltre, essa richiede un setup della chiamata che, vista alla necessità di riservare risorse ad una chiamata, aveva pochissima flessibilità.

Ne conseguiva una perdita di **SCALABILITÀ** a discapito comunque di una maggiore affidabilità.

Un segnale nel dominio del tempo può essere rappresentato tramite un determinato range di frequenze in quanto è rappresentato tramite una serie di armature. Tuttavia, alcuni canali possono avere bande che non permettono il passaggio di determinati segnali. I trasmettitori infine operano trasmissioni in modo che è possibile trasmettere più segnali in contemporanea ma su diversi sotto frequenze; ne consegue che il ricevitore deve sapere qual è stata la trasmissione in modo da ricostruire il segnale.

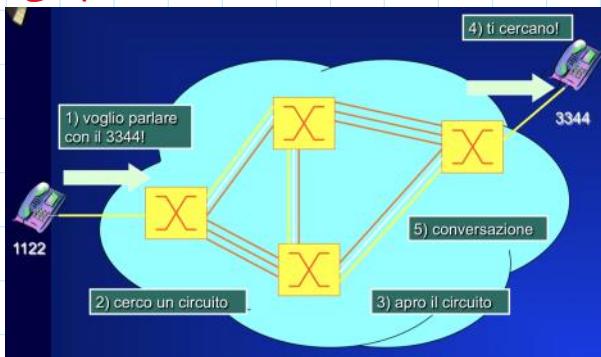


Quando una banda viene poi divisa in slot, quando uno slot è occupato allora non è possibile utilizzarlo ma rimarrà occupato per tutta la chiamata nonostante il traffico sia a intermittenza.

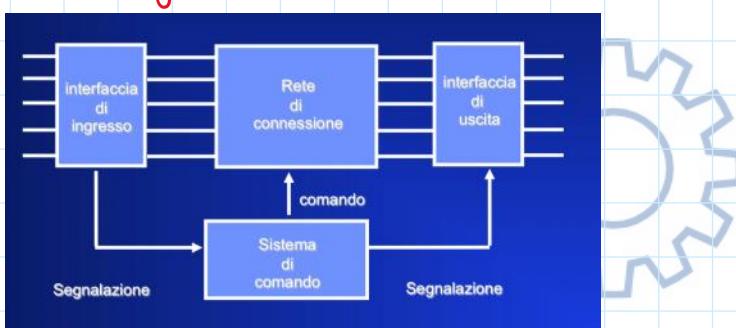
Nella Trasmissione con **divisione del tempo** ad ogni slot viene associato un tempo di occupazione.

Inoltre, è possibile ottenere una comunicazione che sia un mix fra i due domini.

### ESEMPIO



### Schema generico:



## APPUNTI DI INGEGNERIA

**Calcolo dell'efficienza:**

$$\eta = \frac{D}{GAC + D + ROLINO}$$

Tempo di risparmio del circuito → Tempo di riasocio  
↓  
Tempo di trasferimento

es.

Esempio: si voglia trasmettere un file dati di piccole dimensioni, 1000 byte, su una rete con valore di  $C+R = 2$  s per avere un'efficienza  $\eta=0,98$  si deve avere  $D = 98$  s cioè una velocità di  $(1000 \times 8)/98 = 81,6$  bit/s (bassissima!) se sceglieremo una velocità più ragionevole, es. 10 Kbit/s, l'efficienza si riduce a  $\eta=0,286$  se poi sceglieremo 10 Mbit/s l'efficienza diventa  $\eta=0,0004$

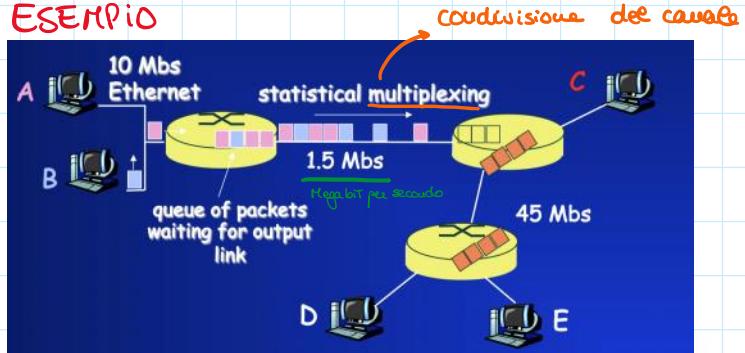
- **a comunicazione di pacchetto** → i dati vengono inviati a pezzi  
↳ detta **PACKET-SWITCHING**

In questo caso è possibile condividere le risorse. La comunicazione utilizza tutto il canale per ogni pacchetto inviato (quindi non è disponibile per altri pacchetti) ma, essendo i pacchetti molto piccoli, è possibile alternare l'invio di pacchetti di diverse

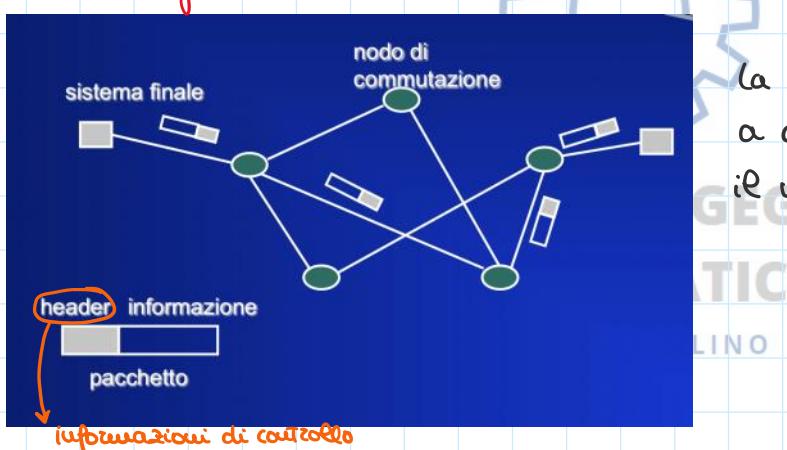
canale per ogni pacchetto inviato (quindi uno è disponibile per altri pacchetti) ma, essendo i pacchetti molto piccoli, è possibile alternare l'uso di pacchetti di diverse comunicazioni quindi il canale NON è dedicato ad un solo flusso.

Ne consegue che si verifica un conflitto di accesso al canale con una conseguente **CONGESTIONE** ovvero uno si riuscirà più a conservare quei pacchetti che arrivano in coda con una conseguente perdita di informazione. Ogni dispositivo intermedio è dunque dotato di uno **STORE** e di una logica di **FORWARD** ovvero meccanismi di invio dei pacchetti ricevuti.

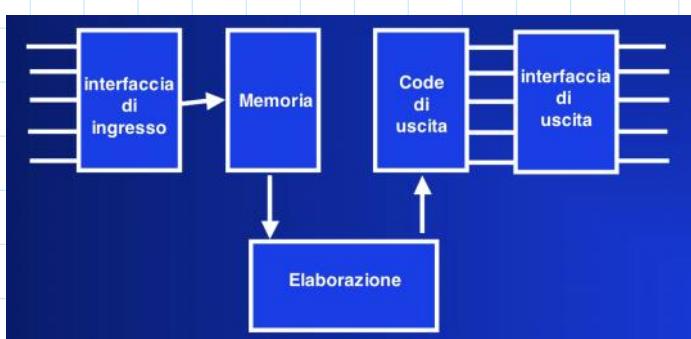
### ESEMPIO



### Schema generico i



La scelta del percorso è demandata a ciascun nodo che decide quale è il nodo successivo del percorso.



L'approccio a pacchetti è efficiente per sorgenti interrotte (BURSTY)

### Pacchetto

Un pacchetto è costituito da due parti:

## Riassunto

Un pacchetto è costituito da due parti:

- PCI → protocol control information (informazioni di controllo)
- SDU → service data unit (informazioni dell'utente)

La lunghezza di ogni pacchetto definisce la parallelizzazione della trasmissione.

Tuttavia pacchetti più piccoli necessitano di più tempo, con conseguente ritardo, ma anche una maggiore presenza di informazioni di controllo per ogni pacchetto che potrebbero diventare però preponderanti sul resto.

Inoltre, un pacchetto più grande favorisce maggiori possibilità di errore.

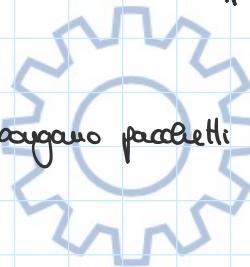
Considerando pacchetti di  $n$  bit e una probabilità di errore  $p$  allora la probabilità di avere tutti i bit dei pacchetti corretti è  $(1-p)^n$  essendo essi eventi indipendenti.

In questo caso se  $n \rightarrow +\infty$  allora tale probabilità tende a zero qualsiasi sia  $p$ .

Se PCI è di  $p$  bit e SDU è di  $s$  bit allora la frazione di informazioni di controllo è  $p / (sp)$ ; si cerca di minimizzare tale rapporto al massimo.

## Buffer

Per evitare che si perdano o sovrappongano pacchetti bisogna avere un meccanismo di bufferizzazione per ogni canale.



## Store and forward

Ogni nodo riceve un pacchetto e lo invia verso il successivo. Meccanismi di store and forward prevedono che il nodo non debba salvare il pacchetto né leggere tutta la PCI ma memorizzarne solo i primi byte del pacchetto. Ne consegue un minor controllo della correttezza dell'invio.

### Concetti di banda:

- data rate / Banda di comunicazione → velocità di invio dei dati
- banda frequenziale → frequenza dello slot

## RETI DI ACCESSO

Le modalità di connessioni sono di diverso tipo:

### • accesso considerato

Il tipo di accesso è detto punto-punto avendo avviene in maniera singola fra dispositivi.

Tale accesso può coinvolgere più diversi nodi!

sigilla fra dispositivi.

Tale accesso può avvenire in diversi modi:

- MODEM → filo a 56 Kbps
- ISDN → filo a 128 Kbps
- ADSL → filo a 1Mbps home-to-router e a 8Mbps router-to-home

- **accesso istituzionale**

Tale tipo di accesso è di tipo **LAN** ovvero local area network che sono reti riservate a qualche centinaio di utenti.

La connessione può avvenire tramite

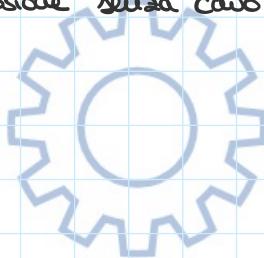
- ETHERNET → connette il terminale alla rete quindi è una rete cablata.

- **accesso wireless**

Tale accesso permette una connessione senza fili.

Le tipologie possono essere

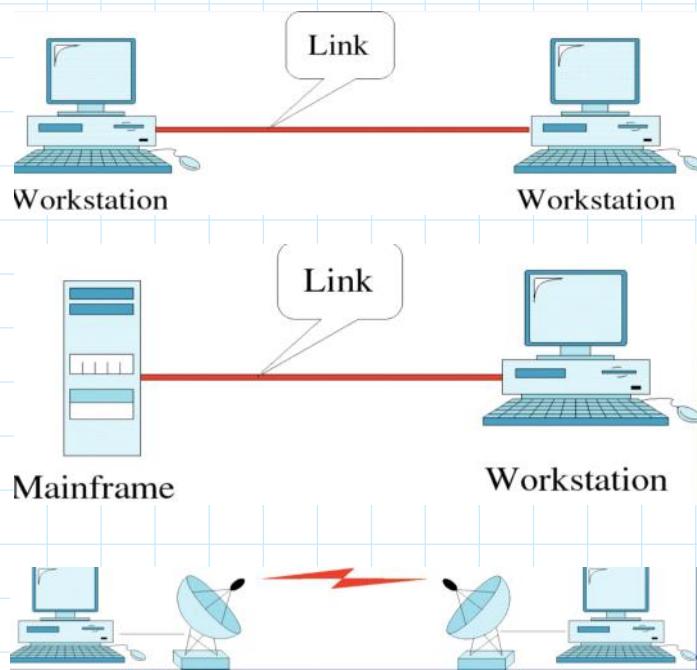
- WIRELESS LAN
- RETE CELLULARE



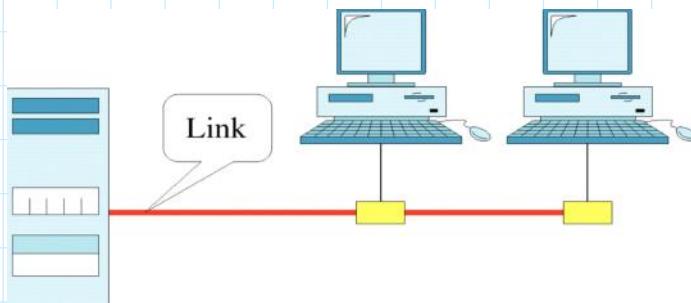
## APPUNTI DI INGEGNERIA INFORMATICA GAIA BERTOLINO

- Configurazione punto-punto

Due nodi comunicano tramite il canale in maniera parallela



- Configurazione multi-punto  
Più nodi sono collegati in una gerarchia master-slaves



- Configurazione broadcast  
L'informazione è Trasmessa da un nodo a tutti gli altri.

### MODALITÀ DI TRASMISSIONE

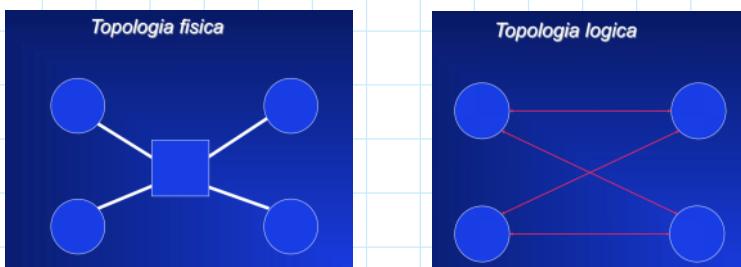
- Simplex → Comunicazione unidirezionale
- Half-duplex → Comunicazione bidirezionale ma su unico canale (quindi non è contemporanea)
- Full-duplex → Comunicazione bidirezionale su più canali (dunque in contemporanea)

## APPUNTI DI INGEGNERIA INFORMATICA

**Rete di telecomunicazione** → insieme di nodi e canali: dove per nodo si intende il punto in cui avviene la comunicazione mentre per canale il mezzo di trasmissione.  
La disposizione dei nodi definisce la topologia di una rete

### TOPOLOGIA DI RETE

Si parla di **Topologia fisica** ovvero implementazione fisica della rete e di **Topologia logica** ovvero rappresentazione logica / grafica di quelle connessioni sottostanti dall'implementazione fisica.



Tipologie:

- Rete maglia



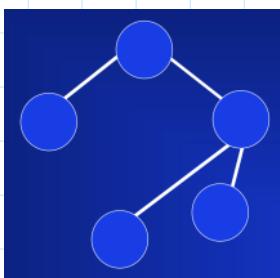
} Rete maglia fortemente connessa

Il numero di connessioni sarà  $C = \frac{n(n-1)}{2}$  e tale rete ha il vantaggio

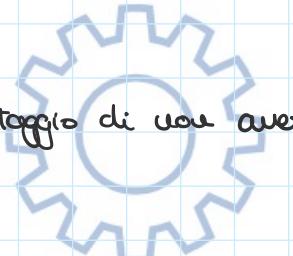
di avere una tolleranza ai guasti molto alta ma lo svantaggio di avere molti canali.

Dunque essa viene utilizzata solo se ci sono pochi nodi.

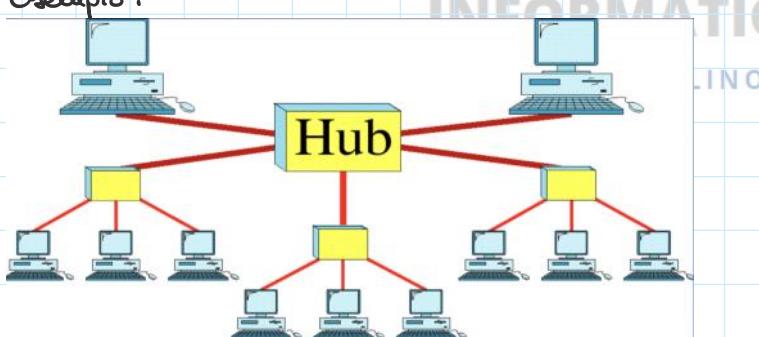
- Albero



Ha il vantaggio di non avere cicli

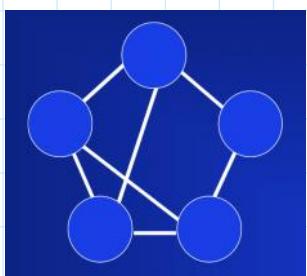


Esempio:



Il numero di canali minimo è  $C = N - 1$ .

Tale struttura ha un'alta vulnerabilità ai guasti ma un numero limitato di canali.



} Rete maglia con componenti connesse



|

Tale tipologia è una via di mezzo fra l'elenco e la maglia fortemente connessa.

Il numero dei canali sarà  $N-1 < C < \frac{N(N-1)}{2}$

Tale struttura avrà però una comunicazione più complessa nel caso dell'introduzione a causa della sua irregolarità.

- Strella



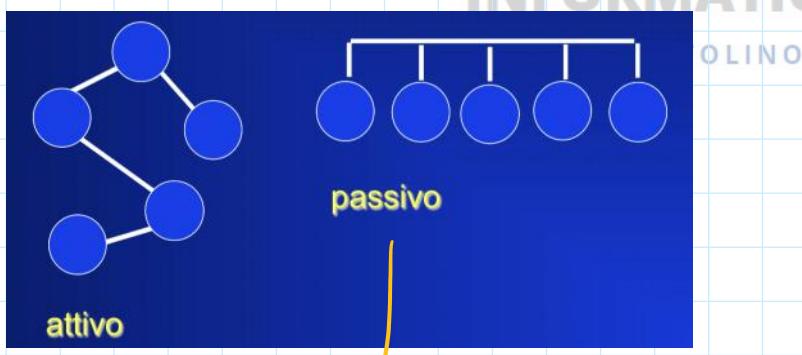
Alta tolleranza sul nodo centrale e comunicazione semplice in quanto tutta la comunicazione va al nodo centrale (che solitamente è un **hub**)

*è il dispositivo meno costoso poiché semplice e non compie operazioni complesse*

Numero di canali e nodi corrispondono ( $C=N$ )

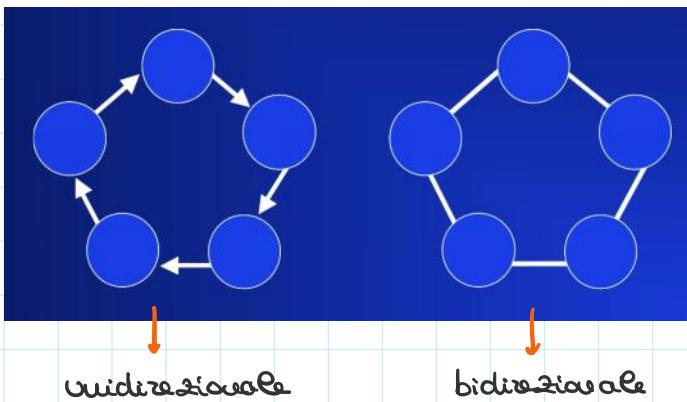
## APPUNTI DI INGEGNERIA INFORMATICA

- Bus



Per il Bus attivo si ha  $C=N-1$  canali mentre per quello passivo è  $C=1$ .

- Anello



La comunicazione è semplice ma ha un'alta vulnerabilità ai guasti nel caso unidirezionale a causa dell'impossibilità di inversione di percorso.

Numeri di nodi e canali corrispondono ( $C=N$ )

Le topologie possono essere combinate ovvero essere **IBRIDE**.



### FUNZIONE

Operazioni sulle atti all'interno di una rete per offrire servizi.

In particolare si studieranno:

- **comunicazione** → verifica e individuazione del percorso di trasmissione per il tempo necessario al trasferimento dei segnali
- **segnalazione** → trasferimento delle informazioni di controllo tra utente e rete ovvero lo scambio di informazioni che riguardano l'apertura e il controllo delle connessioni
  - segnalazione di rete** → scambio di informazioni fra elementi intermedi della rete
  - segnalazione di utente** → scambio di informazioni fra utente e nodo
  - segnalazione internodale** → scambio fra nodi
- **trasmissione** → trasferimento dei segnali intermedi fra punti
- **gestione** → gestione di cambiamenti

### SWITCHING

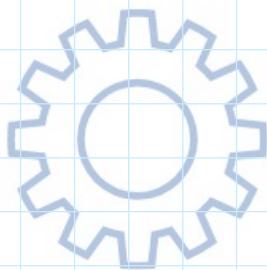
Switching è connessione solo瞬间 e vario distinto dal routing o incodamento!

Istradamento: decidere il percorso da seguire nei nodi intermedi

Comutazione: indirizzo del traffico sul percorso individuato dal routing

CCIR → uno dei comitati di standardizzazione delle tecnologie.

La standardizzazione permette l'interoperabilità fra tecnologie



## APPUNTI DI INGEGNERIA INFORMATICA

GAIA BERTOLINO

# Protocolli

mercoledì 9 febbraio 2022 11:39

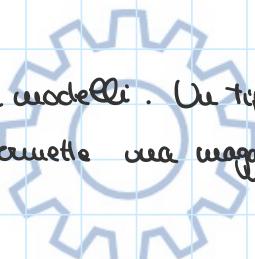
## PROTOCOLLO

Un protocollo chiarisce le modalità di comunicazione definendo formato, ordine di invio e ricezione dei messaggi fra entità e azioni fra trasmissione e ricezione dei messaggi.  
Inoltre, esso descrive le procedure formali adottate per assicurare la comunicazione fra funzioni dello stesso livello gerarchico.

I protocolli definiscono

- **semantica** (insieme di comandi e risposte)
- **sintassi** (struttura di comandi e risposte)
- **temporizzazione** (sequenza temporale di comandi e risposte) (o sincronizzazione)

Tali regole sono descritte tramite dei modelli. Un tipo di modello è la ISO/OSI che è a strati. La stratificazione permette una maggiore interoperabilità



## ARCHITETTURA OSI:



DI INGEGNERIA  
INFORMATICA  
IA BERLINO

L'architettura è suddivisa in 7 livelli e ogni tecnologia che aderisce a tale modello deve rispettare le sue specifiche.

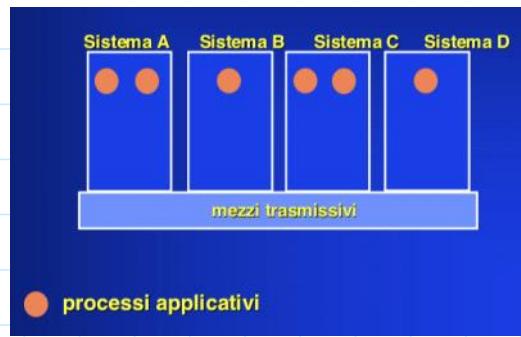
Gli elementi dell'architettura sono:

- sistemi → trattamento / trasferimento delle informazioni.

Ogni sistema è logicamente composto da una successione di sottosistemi e uno strato è l'unione di sottosistemi omologhi appartenenti a sistemi interconnessi.

- processi applicativi → coinvolti da esigenze di interazione con altri processi
- mezzi trasmissivi → struttura fisica di interconnessione fra sistemi

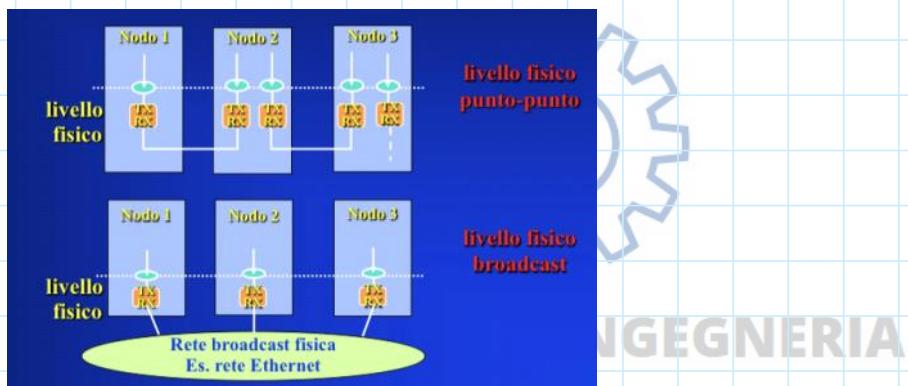
Schemi:



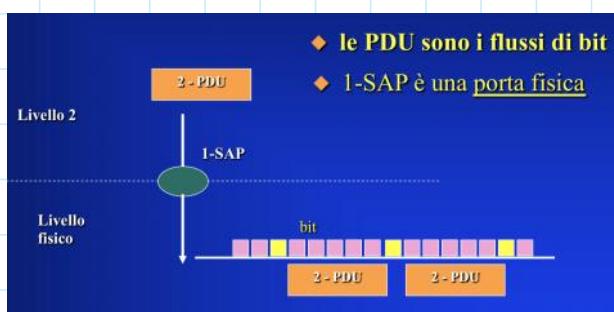
## Livelli

### 1) LIVELLO FISICO

Fornisce i meccanismi fisici di trasmissione. Dunque i protocolli devono definire forme dei segnali, tipo di dati Trasmessi, operazioni di comunicazione fisica ecc.  
A questo livello vengono anche applicate rimodulazioni frequenziali per via di cattivo o occupazione dei canali.



Mecanismo di Trasmissione fra Livello 1 e 2



### 2) COLLEGAMENTO O LINEA (DATA LINK)

Fornisce meccanismi di correzione di eventuali errori e opera controllo del flusso. Nel caso di reti broadcast è suddiviso in due sottolivelli: MAC e LLC; infatti, a questo livello sono gestiti anche gli indirizzi fisici.





Sottolivello che regola l'accesso alle risorse condivise

### 3) LIVELLO RETE

Fornisce funzioni di indirizzamento, indirizzamento e controllo di connessione.

L'indirizzamento viene operato tramite delle **tabelle** che mappano determinati ingressi a delle uscite.

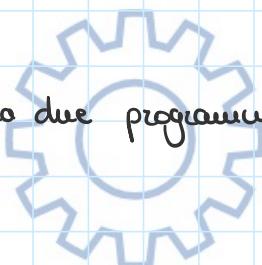
### 4) LIVELLO TRASPORTO

Svolge funzioni di connessione e controllo complementari a quello del livello di rete.

Ecco uno tiene in considerazione valori intermedi ma svolge funzioni end-to-end.

### 5) LIVELLO SESSIONE

Regola la comunicazione fra due programmi applicativi e maschera la comunicazione col livello di trasporto.



### 6) LIVELLO PRESENTAZIONE

Gestisce i formati di presentazione dei dati ed eventuali incompatibilità oltre che a svolgere operazioni di crittografia.

### 7) LIVELLO APPLICAZIONE

Gestisce le operazioni di accesso al protocollo.

## ARCHITETTURA TCP/IP:

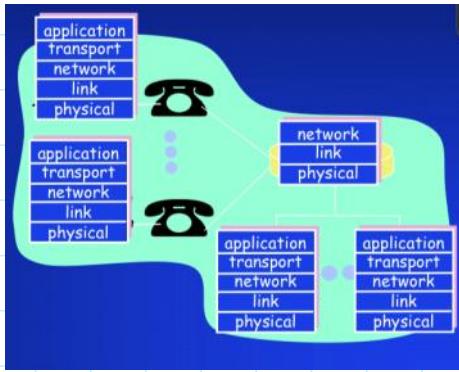


È un tipo di architettura basata su 5 livelli.

**Importante:** nello schema a livelli, ogni modifica su uno dei livelli può dare influenza agli altri.

Ogni uno avrà la sua relativa suddivisione in livelli in modo che le varie informazioni verranno divise.

**ESEMPIO**



La comunicazione avviene fra livelli dello stesso tipo a livello logico mentre a livello fisico la trasmissione avviene con trasmissione fra livelli superiori e inferiori.

Rispetto al modello OSI, nel TCP/IP si trova un accorpamento di più livelli in uno.

### 1) LIVELLO ACCESSO ALLA RETE

Funzioni dei livelli fisico, di link e di rete del protocollo OSI.

### 2) LIVELLO INTERNET

Fornisce funzioni senza connessioni e il protocollo di sfondo è l'**IP (Internet protocol)**.

### 3) LIVELLO TRASPORTO O HOST-TO-HOST

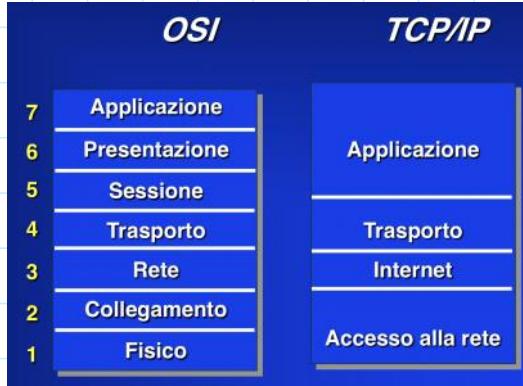
Corrisponde agli sfoci di trasporto e parte di quello di sessione dell'OSI.

Un tipo di protocollo dello sfondo è il **TCP (Transmission Control Protocol)** che è orientato alla connessione.

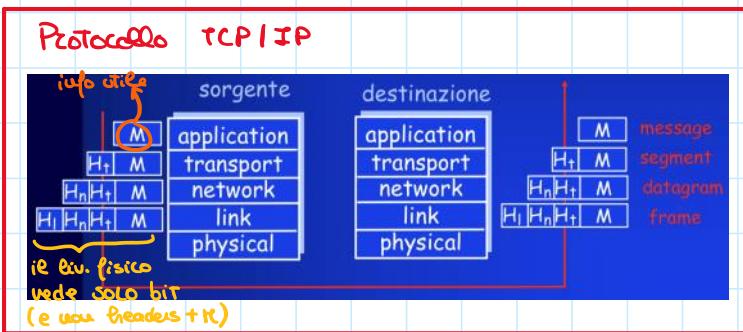
### 4) LIVELLO APPLICAZIONE

Corrisponde al livello di sessione, presentazione e applicazione dell'OSI.

Confronto:

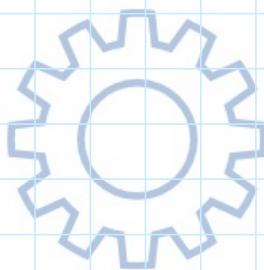


**INCAPSOLAMENTO**



Ogni livello riceve dati dal livello superiore e vi aggiunge un header;  
La nuova unità dati viene poi passata al livello successivo.

I nodi intermedi non implementeranno tutti i livelli di comunicazione.



## APPUNTI DI INGEGNERIA INFORMATICA

GAIA BERTOLINO

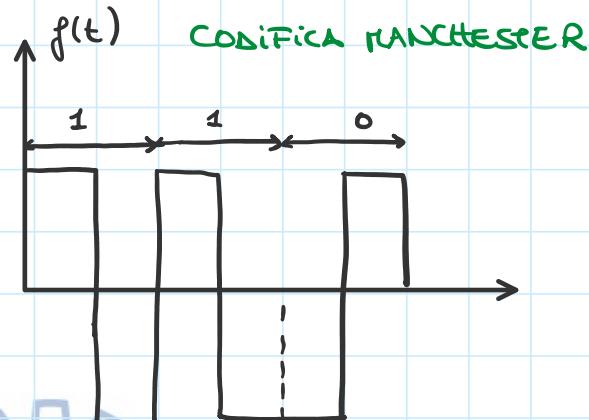
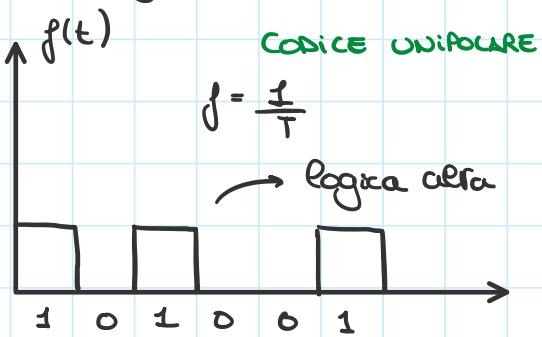
## Comunicazioni ed errori

mercoledì 9 febbraio 2022 13:48

### SISTEMA DI COMUNICAZIONE DIGITALE

Esso trasferisce l'informazione digitale da una sorgente digitale ad un sink.

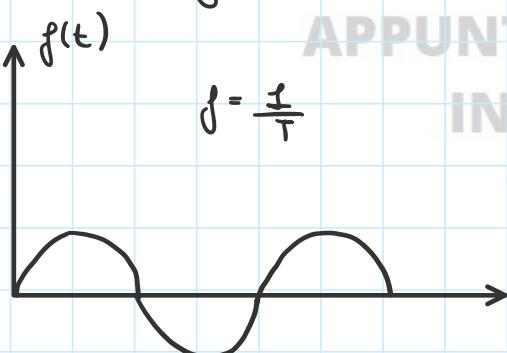
Onda digitale:



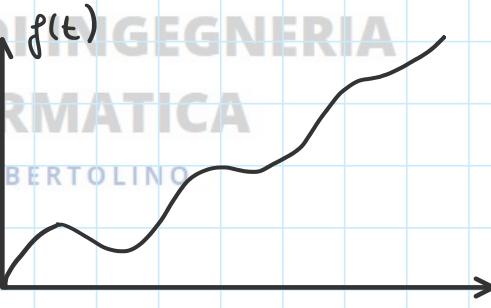
### SISTEMA DI COMUNICAZIONE ANALOGICO

Esso trasferisce l'informazione analogica da una sorgente digitale ad un sink.

Onda analogica:



APPUNTI DI INGEGNERIA  
INFORMATICA  
GAIA BERTOLINO



### Differenza fra sistema elettrico e di comunicazione

Nel sistema elettrico le forme d'onda sono conosciute a priori e la progettazione del sistema mira a misurare la perdita di energia.

Invece, nel sistema di comunicazione la forma d'onda è sconosciuta (altrimenti si annulla il principio alla base della necessità di comunicazione).

Il sistema di comunicazione deve essere robusto e adattarsi alle alterazioni introdotte dal rumore (**disturbo**).

I vantaggi della comunicazione digitale sono:

1. Circuiti digitali poco costosi
2. La privacy è offerta tramite encriptazione
3. I dati provenienti da voce, video e dati possono essere mappati e trasmesse sullo stesso sistema digitale (**MULTIPLEXING**).
4. Per sistemi di comunicazione a lunga distanza, il cammino deve si accosta da ripetitore a ripetitore  
elementi intermedi
5. Gli errori sui dati rilevati possono essere tenuti piccoli in presenza di grande rumore sul segnale ricevuto
6. Gli errori possono essere corretti attraverso l'uso della codifica (**CODICE**) grazie all'invio di bit aggiuntivi che servono a chiarire i dati inviati

Gli svantaggi sono:

1. L'aumento dei bit richiede più banda rispetto ai sistemi analogici
2. È richiesta la sincronizzazione



## DATA LINK

È la connessione fra stazioni vicine a trasmettere e ricevere segnali digitali.



Il livello di collegamento si trova nel Link Layer che, nel caso di reti broadcast, è suddiviso in Medium Access Control e Data Link Layer.

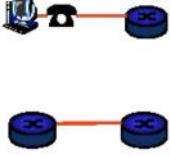
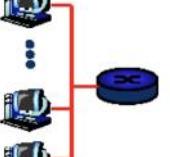
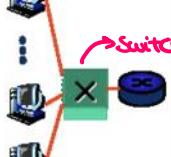
**Attenzione:** ogni canale può avere uno specifico protocollo.

Categorie dei collegamenti:

Point to point	Broadcast	Switched
 	 	 
Single wire; e.g., phone line, PPP, SLIP.	Shared wire or medium; e.g., Ethernet, air (radio waves).	e.g., switched Ethernet, ATM.

connessi

tra lo scopo di rendere selettivo l'invio del frame in modo che non tutti gli utenti siano visibili da tutti.

Point to point	Broadcast	Switched
		
Single wire; e.g., phone line, PPP, SLIP.	Shared wire or medium; e.g., Ethernet, air (radio waves).	e.g., switched Ethernet, ATM.

fra lo scopo di rendere selettivo è l'insorgo del frame in modo che non tutti gli utenti siano visibili da tutti.

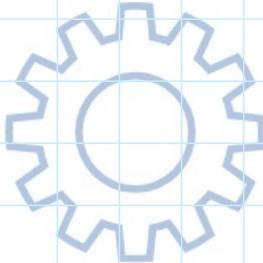
Analogia Layer 2 - Trasporti:

datagramma = turista

segmento di trasporto = communication link

tipologia di trasporto = protocollo link layer

agente di viaggio = routing algorithm



## APPUNTI DI INGEGNERIA INFORMATICA

GAIA BERTOLINO



## Modalità di trasferimento dati

- Il livello di collegamento si occupa del trasferimento dei dati su un link seriale**
  - modo di trasmissione asincrono o sincrono
  - protocollo orientato al carattere o al bit
  - servizio connectionless o connection-oriented
    - connectionless: trame errate scartate e ritrasmissioni a carico dei livelli superiori (LAN, ISDN dove BER è basso)



## Protocolli di livello data-link

- classificazione**
  - orientati al carattere → in disuso
  - orientati al bit → trasmissione veloce
- colloquio**
  - half-duplex
  - full-duplex
- relazioni tra le stazioni**
  - master-slave
  - peer-to-peer

Su linee lunghe ed ad alta velocità si preferiscono i protocolli orientati al bit.

Inoltre, nell'orientamento al bit è possibile limitare le informazioni tranne dei bit speciali di fine riga.

Il protocollo del livello di link è implementato tramite un adattatore che contiene tutta la tecnologia necessaria ad implementare tale tecnologia.

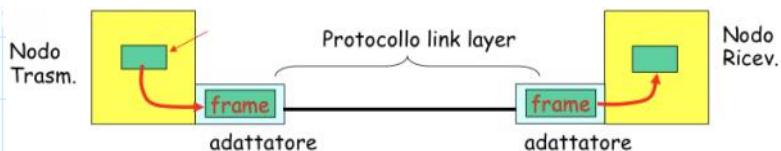
Nodo



Protocollo link layer



Nodo Ricev.



La trasmissione avviene dividendo i bit in trame che permettono di operare un migliore controllo e correzione. Le trame sono suddivise tramite opportuni headers, sequenze di bit chiamate flag, temporizzazioni, conteggio dei bit o violazioni nel codice di linea (es. Manchester).

### Bit Stuffing

Fa in modo che queste sequenze di fine siano effettivamente delimitatori.



I INGEGNERIA

INFORMATICA

Tale tecnica viene utilizzata nel caso dell'uso di flag avendo sequenze di bit delimitatori.

### Controllo e recupero di errori

La rilevazione di errori e la correzione può avvenire in diversi modi:

- FEC (Forward error correction)

Venne aggiunta ridondanza ai dati in modo che il ricevitore sia in grado di rilevare errori e ricostruire il dato.

La percentuale di dati recuperabili è limitata.

- ARQ (Automatic Repeat-Request)

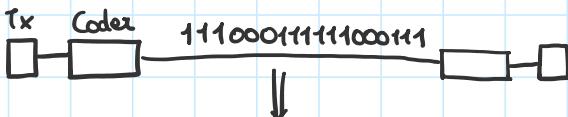
Se viene rilevato un errore viene richiesta la ritrasmissione di tutto il pacchetto e viene scartato quello danneggiato.

Un esempio di algoritmo di rilevazione è la verifica del bit di parità.

Un esempio di algoritmo di rilevazione è la verifica del bit di parità. Avere l'ultimo bit di una sequenza identifica il numero di bit 1 della sequenza che sarà 0 se è pari e 1 se è dispari. Tale algoritmo è applicabile anche in maniera bidimensionale.

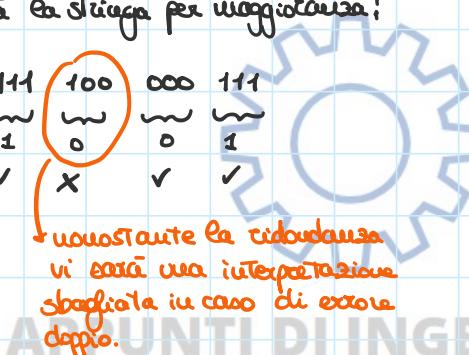
Esempio di R3 (ripetizione di ogni bit  $\times 3$ )

$F = 101101$



Se si riceve una stringa diversa da quella attesa si avrà che ogni tre bit si interpreterà la stringa per maggioranza:

es. 111 010 111 100 000 111  
 ↴ ↴ ↴ ↴ ↴ ↴  
 1 0 1 0 0 1  
 ✓ ✓ ✓ X ✓ ✓



ATTI UNITI DI INGEGNERIA

INFORMATICA

GAIA BERTOLINO

In questo caso è dunque possibile individuare l'errore singolo ma non doppio.

### Protocolli ARQ

Si individuano due velocità:

- $v_T$  = velocità di trasmissione detta anche **data rate** ( $R$ ) (bit/s)
- $v_p$  = velocità di propagazione (m/s) → dipende dal mezzo

Indice si ha il tempo di propagazione  $t_p = \frac{d \text{ (m)}}{v_p \text{ (m/s)}}$

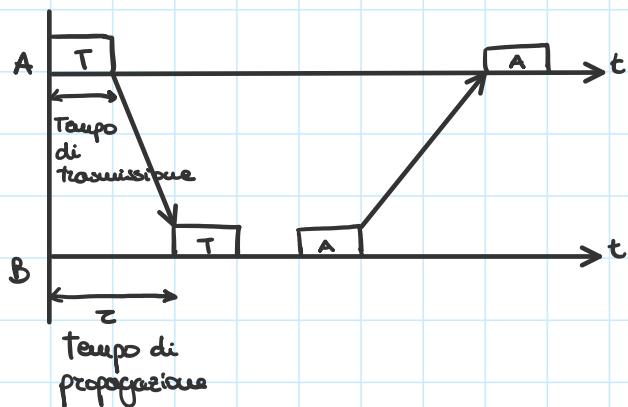
e indice il tempo di trasmissione  $t_t = \frac{\text{LenFrame (bit)}}{v_T}$

Il tempo necessario a mandare un frame è dato da  $T_t = t_t + t_p$

Diagramma di timing → strumento utilizzato per spiegare la logica di funzionamento di un protocollo.

**Diagramma di timing** → strumento utilizzato per spiegare la logica di funzionamento di un protocollo.

es. di comunicazione fra A e B

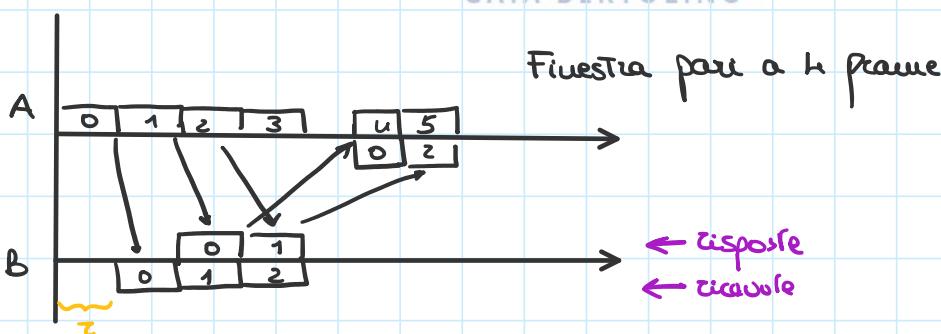


Un diagramma di timing può essere più o meno dettagliato

### Protocollo Continuous ARQ

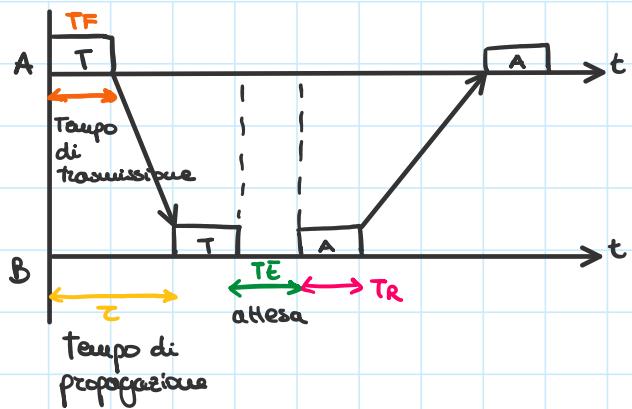
Tale protocollo rileva gli errori ma non li corregge; infatti scatta i pacchetti danneggiati e ne richiede la trasmissione.

I pacchetti di questo tipo mandano un certo numero di frame anche senza ricevere risposta e il numero di frame massimo è dato dalla finestra (window) in trasmissione.



Tipi di continuous ARQ:

1) STOP & WAIT



È una tecnica di controllo di flusso di trasferimenti in un'unica direzione ovvero tale che il mittente può inviare un nuovo frame solo dopo aver saputo che il precedente è stato ricevuto correttamente.

Il ricevente fa il tempo di verificare la correttezza del frame ricevuto e tale tempo causa un'attesa cronometrica da un timer. Terminato said timer se non giungono riscontri allora viene rimandato il frame precedente.

Tuttavia può succedere che il timer scada nonostante il frame venga ricevuto; per distinguere dunque fra duplicati si utilizza una numerazione dei frame alternata di 0 e 1; dunque se si ricevono due frame 0 o due frame 1 allora si è ricevuto un duplicato.

## APPUNTI DI INGEGNERIA INFORMATICA

Analisi efficienza:

$$E = \frac{\text{Tempo di Trasmissione del frame}}{\text{Tempo totale}} \quad \text{che è massima se } Tf = T_{tot}$$

Si avrà sempre che  $0 < E < 1$

$T_{tot}$  si calcola come:  $T_{tot} = T + T_F + T_R + \tau + T_R + T_E + T_E = 2\tau + T_F + 2T_E + T_R$

- \* tempo di propagazione
- \* tempo di trasmissione del frame
- \* tempo di attesa
- \* tempo di risposta

$$E = \frac{T_F}{E[u_T] \cdot T_{tot}}$$

Nel caso realistico, si tiene in considerazione delle media di  $u_T$   
moltiplicatore  $u_T = \text{numero di trasmissioni}$

dove  $E[u_T] = \frac{p}{1-p}$  con  $p$  la probabilità che un generico

frame arrivi con errori alla destinazione dopo la sua inviozione  
sul canale

Da alcune semplificazioni, nei canali ideali ( $p \rightarrow 0$ ) il sistema userà  
avrà  $E$  massima in quanto sarebbe  $E \approx \frac{1}{1 + 2 \frac{\tau}{T_F}} < 1$

$$\text{in quanto } E = \frac{1-p}{1 + 2 \frac{\tau}{T_F}}$$

### Esempio

Consideriamo un canale con  $V_T = 1$  bit/s con  $L_F = 1000$  bit e  $v_p = 2 \cdot 10^8$  m/s.

La distanza è di  $10 \text{ km} = 10000 \text{ m}$

$$\text{Si avrà che } t_p = \frac{d}{v_p} = \frac{10 \cdot 10^3 \text{ m}}{2 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

$$T_F = \frac{L_F}{v} = \frac{10^3}{10^8} = 10^{-5} \text{ s}$$

$$\alpha = \frac{t_p}{T_F} = 50 \Rightarrow E_{\max} = \frac{1}{2+2\alpha} = 0,01$$

efficienza molto bassa

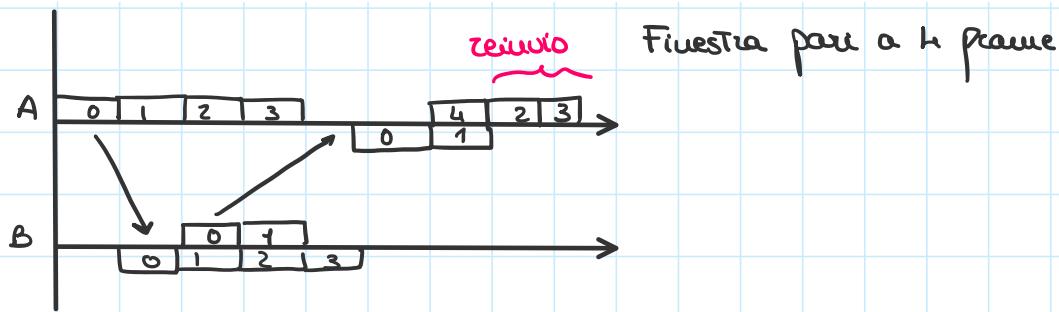
Ciò implica una bassa efficienza di trasmissione su un canale

Se riduco la velocità di trasmissione a  $V_T = 10^8$  bit/s si avrà:

$$T_F = \frac{10^3}{10^8} \frac{\text{bit}}{\text{bit/s}} = 10^{-5} \text{ s} \Rightarrow E_{\max} = \frac{1}{1+2\alpha} = \frac{1}{2.5+1} = 0,05 \quad \begin{matrix} \text{incremento del} \\ 10\% \end{matrix}$$

$$\alpha = \frac{t_p}{T_F} = 5$$

2) Go-back-n



Il go-back-n funziona continuando ad inviare finestre di frame anche con il feedback di un solo frame. Tuttavia, si memorizzano tutti i frame di cui non si ha avuto feedback e, se si riceve una certa soffia, non vengono più mandati feedback.  
Nel caso di errore provvede a rimandare quei frame errati.

La semanticà di Ack è di tre tipi:

- Ack negativo → si segnala il singolo frame corrotto
- Ack individuali → tiene conto dell'ultimo frame ricevuto e si richiede l'invio dei successivi (ha senso nei contesti di errori a cascata)
- Ack cumulativi → tiene conto di tutti i pacchetti ricevuti: frame è inviato appunto non ricevuto. Nel caso di errore richiede che sia rimandata tutta la finestra.

I numeri di sequenza sono così gestiti:  $2^m > \text{finestra di trasmissione}$

ovvero devo identificare la sequenza in maniera ordinata.

es. se  $m=4$  allora  $m=3$  è il numero minimo consentito

Nel caso di rinvio tale operazione ci aiuta a discriminare fra frame vecchi e nuovi. Il circuito ragiona verificando se il valore che si aspetta è ricevuto effettivamente: se quel valore ricevuto identifica un frame già ricevuto.

Efficienza

Assunzioni:

## Efficienza

Assunzioni:

- 1) Trascuriamo il tempo che intercorre tra trasmissione in linea di un frame e di quello successivo
- 2) Scegliamo una lunghezza della window tale che appena la sorgente termina di inviare il suo ultimo frame consentito nella finestra arrivi il riscontro del primo frame trasmesso
- 3) Il timeout scelto è uguale al tempo minimo necessario ad ottenere il riscontro del primo pacchetto

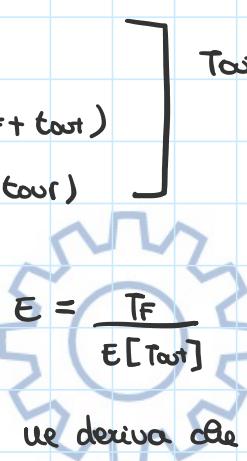
Nessuna rtrasmissione  $\Rightarrow T_F$

$$T_{out} = T + u_R (T_F + t_{out})$$

Una trasmissione  $\Rightarrow T_F + 1 (T_F + t_{out})$

$u_R$  trasmissioni  $\Rightarrow T_F + u (T_F + t_{out})$

Ne deriva una efficienza



$$E = \frac{T_F}{E[T_{out}]}$$

Sapendo che  $E[u_R] = \frac{p}{1-p}$  ne deriva che

$$E = \frac{T_F}{T_F + \frac{p}{1-p} (T_F + t_{out})} = \frac{1-p}{1+p \cdot \frac{t_{out}}{T_F}}$$

APPUNTI DI INGEGNERIA  
INFORMATICA  
GAIA BERTOLINO

$$\text{Dove } T_{out,\min} = 2\tau + 2TE + TR$$

$$\text{e dunque } E = \frac{1-p}{1+p \cdot \frac{2\tau + 2TE + TR}{T_F}} \stackrel{\text{con opportune omissioni}}{\approx} \frac{1-p}{1+2ap}$$

Nel caso ideale ( $p \rightarrow 0$ ) si avrà che  $E \rightarrow 1$  (100%)

## 3) Selective repeat

Simile al go-back-n, utilizza i segnali di ack per far scorrere sic lo scorrimento delle finestre di trasmissione (riconiazze).

Esso va a ritrasmettere solo il singolo frame danneggiato e dunque è ottimo per errori isolati in quanto va a salvare tutti i

duque è ottimo per errori isolati in quanto va a salvare tutti i frame da correggere/verificare.

**Attenzione:** una finestra può scoprire solo se lo riscontri sull'estremo inferiore

### Distanza di Hamming

Indica il numero di bit differenti fra due stringhe.

es. 01100011  
01101011      ⌈ distanza = 3

In base alla distanza di Hamming, per rilevare d errori è necessario un codice con distanza  $d+1$  mentre per correggere d errori è necessario un codice con distanza  $2d+1$ .

Lo scopo di **controllare il flusso** è coordinare l'invio di dati fra trasmettitori e riceventi che possono essere a velocità diverse. Inoltre grazie ai buffer è possibile memorizzare e processare senza perdere dati.

**Piggybacking** → se la comunicazione è bidirezionale vi possono essere associati ai pacchetti delle Ack per il flusso che viene dalla direzione opposta

↓  
aggiornare ai dati  
di Ack

- **Pipeline**  
al sender è consentito mandare più pacchetti senza aspettare riscontri

## PROTOCOLLI DI APPLICAZIONE

I meccanismi visti prima sono concordati tramite i protocolli

Protocollo HDLC 

Funziona in half-duplex o full-duplex e master/slave o peer-to-peer.

Modalità di funzionamento:

- NRR (Normal Response Mode)

L'organizzazione è di tipo stazione primaria - stazioni secondarie le quali possono trasmettere solo a seguito del permesso della stazione primaria ( autorizzazione = **polling** ).

Di solito funziona in half-duplex

- AAR (Asynchronous Response Mode)

In questo caso si ha sempre un master e degli slave ma i secondari non devono attendere il permesso per trasmettere. Dunque il funzionamento è in modalità full-duplex.

- APR (Asynchronous Promised Mode)

La comunicazione è asincrona, full-duplex e di tipo peer-to-peer ovvero parifonia.

## Formato della Trama HDLC

### INFORMATICA

GAIA BERTOLINO



Per costituire tale trama si usa il bit **stuffing**.

**INDIRIZZO:** È l'ultimo bit di ogni byte seriale ad indicare se il byte successivo è sempre dell'indirizzo o del control.

Il campo contiene

- destinatario in modalità IBM
- stazione secondaria in modalità NRR/AAR

- stazione secondaria in modalità NRII/AAR

**INFORMATION:** È presente solo nello frame I e U e viene usato per trasmettere i dati utente in modalità senza connessione.

**CONTROL:** Distingue fra le varie tipologie di frame attraverso i primi bit inseriti negli offset sopra il controllo vero e proprio.

**Schemi:**

	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	c <sub>6</sub>	c <sub>7</sub>	c <sub>8</sub>
frame I	0		SN		P/F	RN		
frame S	1	0	Type	P/F	RN			
frame U	1	1	M (1)	P/F	M (2)	X		

Le tipologie di frame sono:

- Information (I)

Frame numerate per trasmissioni di informazione utente

- Supervisory (S)

Frame numerate per il controllo dell'invio del flusso di informazioni.

Il type può essere:

- RR (Receiver Ready), campo type 00, che è normalmente usato come ACK e il campo RN contiene la prossima trama attesa (riscontro delle trame fino a RN-1)
- RNR (Receiver Not Ready), campo type 10, serve a bloccare l'invio di trame da parte dell'altra stazione e, contemporaneamente a riscontrare le trame fino a RN-1
- REJ (Reject), campo type 01, serve a richiedere la ritrasmissione delle trame da RN in avanti e, contemporaneamente, a riscontrare le trame fino a RN-1
- SREJ (Selective Reject), campo type 11, è usato per richiedere la ritrasmissione della sola trama con numero RN

- Unnumbered (U)

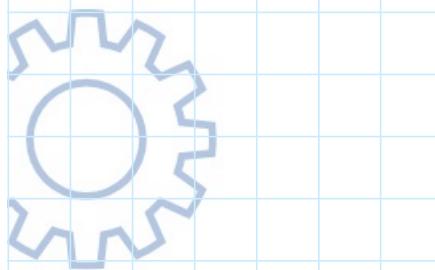
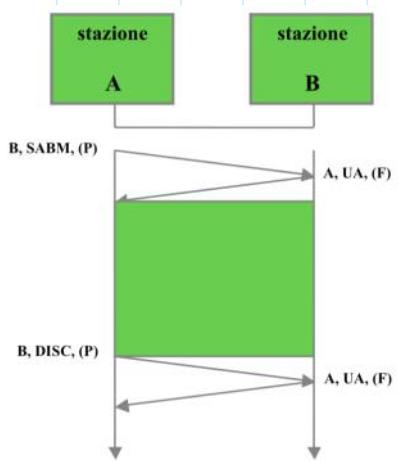
Traue sono utilizzate usate per l'invio di informazioni di controllo o in modalità senza connessione senza riscontro.

Il campo  $H$  di  $L$  bit è diviso in  $H(1)$  e  $H(2)$  e viene usato per definire fino a 32 comandi mentre il bit  $x$  non è definito.

## INSTAURAZIONE DELLA CONNESSIONE

Una connessione viene instaurata definendo la modalità (SNRM, SABM, SADM) e viene chiusa tramite il comando DISC.

### esempio ABR



### esempio NRM

