



Appunti universitari
Tesi di laurea
Cartoleria e cancelleria
Stampa file e fotocopie
Print on demand
Rilegature

NUMERO: 2254A

ANNO: 2017

A P P U N T I

STUDENTE: Zaoli Pattone Martina

MATERIA: Sistemi Telematici - Prof. Munafò

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

COMUNICAZIONE

→ TRASFERIMENTO INFORMAZIONI SECONDO CONVENZIONI.

TRASMISSIONE & RICEZIONE DI **SEGNALI**

→ SERVIZIO TLC = FORNITO DA GESTORE PUBBLICO. → SODDISFAZIONE ESIGENZE

SEGNALAZIONE = SCAMBIO INFORMAZIONI CHE RIGUARDANO: APERTURA, CONTROLLO, CHIUSURA DI CONNESSIONI E GESTIONE DELLA RETE TLC



COMUTAZIONE = LA RETE

INDIVIDUA LE RISORSE NECESSARIE PER COLLEGARE I DUE UTENTI E STABILISCE UN CIRCUITO. = INTERCONNESSIONE TRA UNITÀ FUNZIONALI, CANALI O CIRCUITI TLC PER IL TEMPO NECESSARIO AL TRASFERIMENTO DEI SEGNALI.

TRASMISSIONE = TRASFERIMENTO DEI SEGNALI DA UN PUNTO A UNO O PIÙ ALTRI PUNTI.

⊕ OPERAZIONI DI GESTIONE = AWACCIAMENTO NUOVI UTENTI, EVOLUZIONE TECNOLOGICA, CONFIGURAZIONE GUASTI, CONTROLLO APPARATI...

SEGNALI ANALOGICI

$f(t)$ REALE O COMPLESSA, VARIABILE NEL TEMPO.

↳ IL VALORE DIPENDE DA UNA DISTRIBUZIONE DI PROBABILITÀ (PROCESSO STOCASTICO)

→ ANALISI SPETTRALE ~>

TRASFORMATA DI FOURIER + TEORIA PROCESSI STOCASTICI.

↳ CONSENTE DI CAPIRE QUANTI Hz SERVONO PER LA TRASMISSIONE DI UN SEGNALE ANALOGICO.

$$\text{FOURIER} \quad s(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi t}{T} + b_n \sin \frac{n\pi t}{T} \right)$$

↑
termine costante

segnali sinusoidali con frequenza

$n f_0 \equiv$ multiple frequenza fondamentali

$$f_0 = \frac{1}{T}$$

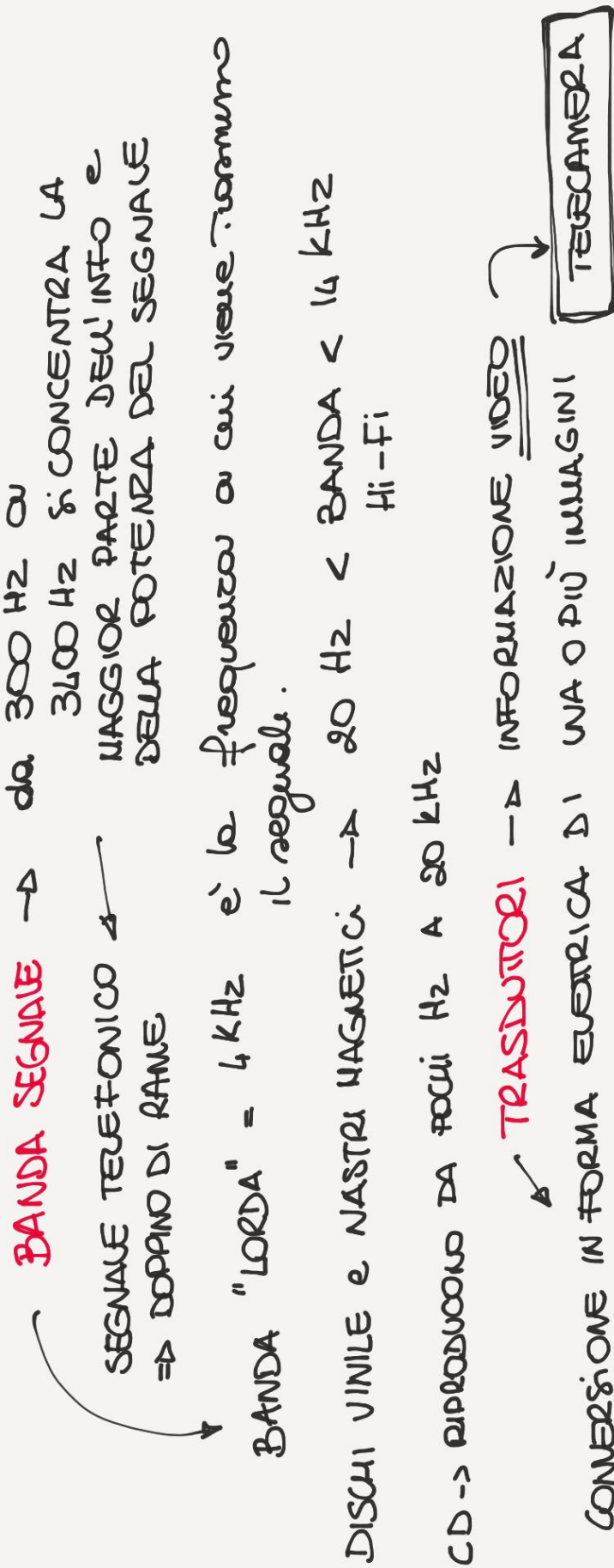
↳ TRASFORMANDO SECONDO FOURIER SI OTTIENE LA DENSITÀ SPETTRALE DI POTENZA (DSP) ↓

DISTRIBUZIONE DELLA POTENZA DEL SEGNALE IN FUNZIONE DELLA FREQUENZA f
≡ SPETTRO DEL SEGNALE

CONSENTE DI CAPIRE QUALE CAMPO DI FREQUENZE E' NECESSARIO X TRASMETTERE IL SEGNALE

↳ INTERVALLO ≡ BANDA DEL SEGNALE

SEMPRE LIMITATA



PULSE CODE MODULATION

→ TRASMISSIONE SEGNALE VOCALE IN FORMA NUMERICA.

- ① NUMERIZZAZIONE SEGNALE NEUA CENTRALE TELEFONICA
- ② TRASMISSIONE CAMPIONI NUMERICI ALLA CENTRALE DESTINATARIA
- ③ CONVERSIONE IN SEGNALE ANALOGICA
- ④ INVIO AL DESTINATARIO

QUALITÀ SEGNALE → DIPENDE DAL # BIT DI QUANTIZZAZIONE (RUMORE DI QUANT.) IMPEGNATI e DALLA PROBABILITÀ DI ERRORE SUL CANALE DI TRASMISSIONE ($\neq 0$)

SI MISURA CON L'INDICE MOS Mean Opinion Score

$1 \leq MOS \leq 5$
↓
MIN → MAX

PCM LINEARE = L'AMPIEZZA DEL SEGNALE VIENE DIVISA IN INTERVALLI UGUALI → MOS = 5

PCM COMPANDING = INTERVALLI DI ESTENSIONE DIVERSA A SECONDA DEI VALORI DI AMPIEZZA → MOS = 4+

→ I TIPI DI PCM DIPENDONO DAL METODO DI QUANTIZZAZIONE

NB

+ PRECISIONE NEUA QUANTIZZAZIONE VA A SCAPITO DELLA BANDA e DELLA PROBABILITÀ DI ERRORE.

PCM ADATTIVO O DIFFERENZIALE

- SI PUÒ MODIFICARE NEL TEMPO L'AMPIEZZA DEGLI INTERVALLI DI QUANTIZZAZIONE IN FUNZIONE DELLA DINAMICA DEL SEGNALE

[ADATTAMENTO]

- SI PUÒ CODIFICARE LA DIFFERENZA TRA UN CAMPIONE E IL PRECEDENTE: SE C'È CORRELAZIONE TRA I CAMPIONI LA DINAMICA DEL SEGNALE È MINORE DI QUELLA DEI CAMPIONI
} RISPARMIO SPAZIO CODIFICANDO LA DIFFERENZA }

→ PCM ADATTIVO E DIFFERENZIALE DI BUONA QUALITÀ

[MOS = 4] È L'ADPCM A 32 kbit/s

→ MODULAZIONE DELTA = IL SEGNALE È CAMPIONATO A f_c MOLTO ALTA PER OTTENERE ELEVATA CORRELAZIONE TRA I CAMPIONI, LA DIFFERENZA È CAMPIONATA SU UN SOLO BIT CHE INDICA LA CRESCITA/DECRESCITA DEL SEGNALE

CODIFICA LPC - LTP

Linear Prediction Coding
- Long Term Prediction

→ BASATA SULLA MODELLIZZAZIONE DEL TRATTO VOAUE

↳ FILTRI NUMERICI A RISPOSTA FINITA (FIR) DI CUI IL CODIFICATORE CALCOA I PARAMETRI (*)

(*)

PARAMETRI INDICANO IL MODO PER SOWECITARE IL DISPOSITIVO DI RIPRODUZIONE AL FINE DI GENERARE IL SUONO SIMILE ALL'ORIGINALE.

TRASMESSI AL RICEVITORE PER LA RICOSTRUZIONE DEL SEGNALE.

↳ FILTRO È MODI VIBRAZIONALI DELLE CORDE VOCALI E LE CAVITÀ RISONANTI UMANE

Code Excited Linear Prediction

CODIFICA CELP

CODIFICATORE LPC IN CUI L'ECCEITAZIONE PER RICOSTRUIRE IL SEGNALE È UNA SEQUENZA DI UN "CODEBOOK" CHE MINIMIZZA L'ERRORE RISPETTO AL SEGNALE ORIGINALE

↳ CONFRONTO TRA FONEMA E SUONI PREDEFINITI DI CUI SI SUEGLIE QUELLO OTTIMALE, SI CODIFICA POI LA DIFFERENZA PER GIUNGERE AD UN OTTIMO RISULTATO COL MINIMO ERRORE.

MISURA INFORMAZIONE

SORGENTE NUMERICA $\xrightarrow{\text{emette info come}}$ SIMBOLI DI SORGENTE (x_i) \rightarrow OGNUNO AVENTE UNA PROBABILITÀ p_i DI EMISSIONE

\hookrightarrow CONTENUTO INFORMAZIONE DI UN SIMBOLO È $I(x_i) = -\log_2 \frac{1}{p_i}$ [bit] \rightarrow SIMBOLO RARO = \uparrow INFO
 SIMBOLO FREQUENTE = \downarrow INFO

\hookrightarrow ENTROPIA = CONTENUTO MEDIO DI INFORMAZIONE EMESSO DA UNA SORGENTE

$M = \#$ simboli possibili
 quelli della sorgente

$$H = \sum_{i=1}^M p_i \log_2 \frac{1}{p_i} \quad \text{[bit/simbolo]}$$

\hookrightarrow INDICA IL # BIT CHE LA SORGENTE PUÒ EMETTERE SE LA SORGENTE EMETTESSE PIÙ BIT DELLA SUA ENTROPIA SIGNIFICA CHE PARTE DEI BIT SARÀ PRIVA DI INFORMAZIONE. \hookrightarrow **RIDONDANZA** \rightarrow DA ELIMINARE TRAMITE LA COMPRESIONE IN MANIERA LOSSLESS.

-> TRASMISSIONE SERIALE

- **ASINCRONA** = ogni byte viene trasmesso separatamente dagli altri. ->

SPRECO DI SPAZIO =
VA INVIATO ANCHE UN BIT DI PARTITA' (x integrità), DI PARTE DI STOP, + 5-8 bit di info.

⊕ VELOCITÀ TRASMISSIVA NON ELEVATA

-> DICEZIONE = "BURST MODE" O A PACCHETTI SU CANALI MULTIPUNTO O BROADCAST.

-> **SINCRONISMO DI TRAMA E DI BIT**
} conoscere sequenza di bit

- ① indica info più elevato = BYTE, TRAME.
- ② INIZIO NUOVA TRAMA

Per decodificare: bit

IL Rx deve accordarsi col Tx in

- FREQUENZA (circa lo stesso)
- FASE

- **SINCRONA** -> SINCRONISMO DI TRAMA

Tx e Rx SINCRONIZZANO IL CLOCK PRIMA DELLA TRASMISSIONE E SI TENGONO TAU. -> PROBLEMA: LA FREQUENZA HA UN MARGINE DI ERRORE ⊕ SFASAMENTO: usando un quarzo o $f_0 = \frac{1}{T}$

-> SOLUZIONE SFASAMENTO = **PLL** (Phase-Locked Loop) con il quale si tenta di fare in modo che la fase del Tx sia uguale a quella del Rx.

TIPOLOGIA LOGICA e FISICA



DIPENDE DALLA CONFIG. DI RETE :
1 mezzo fisico -> tante config. logiche diverse

L-> INTERCONNESSIONE MEDIANTE I CANALI TRA I NODI

TIENE CONTO DEL PERCORSO DEI MEZZI TRASMISSIVI
≡ CONNESSIONI STADI CREATI, CANALI

PRESTAZIONI

- QUANTITÀ DI TRAFFICO SORABIBILE DALLA RETE (o più capacità)
 $\propto \frac{1}{\text{distanza tra nodi}}$ [TRAFFICO UNIFORME => quantità di traffico costante]

PER DEFINIRE LE PRESTAZIONI OCCORRE :

- ① DISTANZA MEDIA
- ② CAPACITÀ DI RETE
- ③ CARICO MASSIMO SU CANALE
- ④ CARICO MASSIMO SU NODO

RETI TLC

- DEDICATE = FORNISCONO UN SOLO TIPO DI SERVIZIO
- INTEGRATE = FORNISCONO PIÙ TIPI DI SERVIZI

L-> N-SDN o BANDA STRETTA

L-> B-SDN o BANDA LARGA -> +USATE -> Mbit/s

SERVIZI



TELESERVIZI =

completa comunicazione tra utenti, incluse le funzioni degli apparati utente

- servizi base
- servizi supplementari

L-> INTERATTIVI

L-> DIFFUSIVI



PORTANTI =

Trasmissione di segnali tra interfaccia utente - rete

L-> linee dedicate

PUNTO - PUNTO

PROGETTO RETE TLC



DEFINIZIONE CARATTERISTICHE SECONDO CUI LE INFO SONO EMESSE DALLE SORGENTI

≠ SORGENTI,
≠ CARATTERISTICHE

- S. ANALOGICHE :
 - BANDA OCCUPATA
 - CORRELAZIONE FUSSI DI INFO.
- S. NUMERICHE :
 - VELOCITÀ DI CIFRA O BIT RATE
 - IMPULSIVITÀ O BURSTINESS (frequenza di attività di una sorgente)

↳ 1) CBR = CONSTANT BIT RATE

2) VBR = VARIABLE BIT RATE

1) caratterizzate da: velocità $\frac{\text{bit}}{s}$, durata transmissioni s , processo generazione delle chiamate (\equiv come le comunicazioni si presentano al sistema)

2) oltre alla durata e al processo di generazione, è necessario conoscere la velocità di picco $\frac{\text{bit}}{s}$, la velocità MEDIA $\frac{\text{bit}}{s}$ e

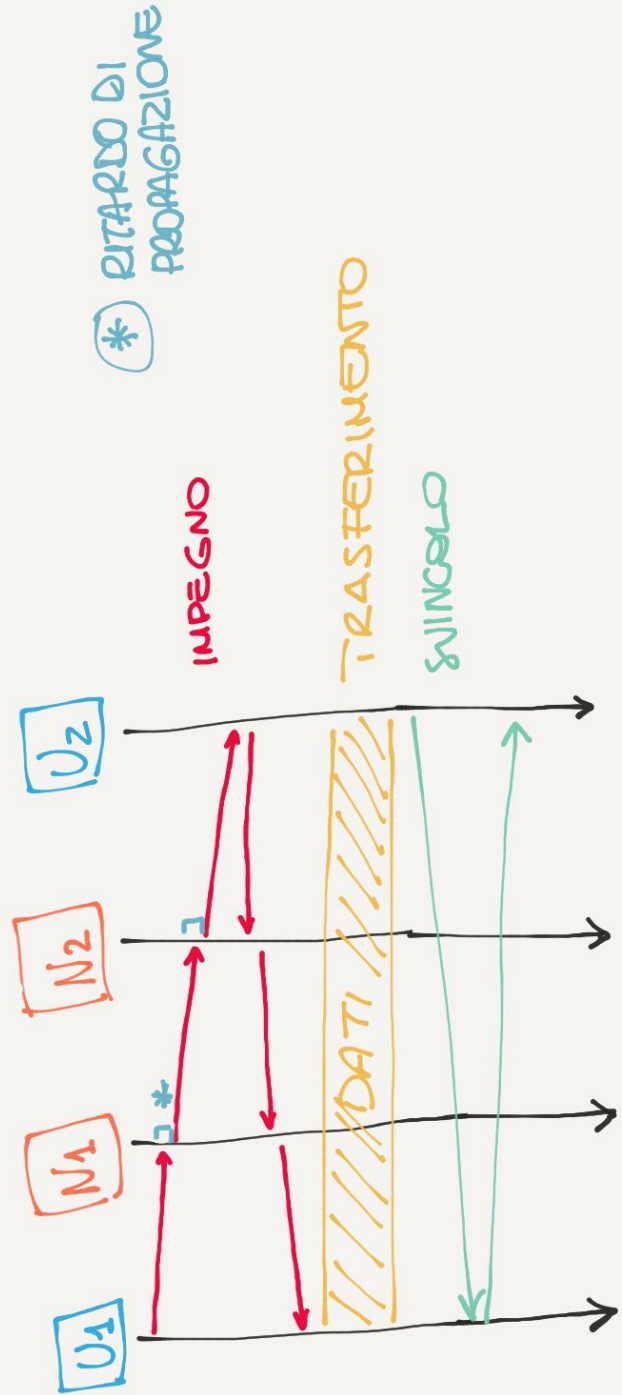
il grado di intermittenza (burstiness)

↳ $b = \frac{\text{vel. picco}}{\text{vel. media}}$

CONDIZIONE DI UN NODO

- **COMMUTAZIONE DI CIRCUITO** → FLUSSI DI INFO CONTINUI (Tele fonia)
- ↳ LA RETE USA LE RISORSE DISPONIBILI PER AVOCARE UN CIRCUITO AD OGNI RICHIESTA DI SERVIZIO
- CIRCUITO = RISERVATO ESCLUSIVAMENTE ALLA COMUNICAZIONE TRA DUE UTENTI PER TUTTA LA DURATA DELLA COMUNICAZIONE.
- ↳ LE RISORSE SONO RILASCIATE ALTERNATIVE DELLA COMUNICAZIONE SU RICHIESTA DEGLI UTENTI.

- ① IMPIEGO LINEA
- ② TRASFERIMENTO DATI → VELOCITÀ TRASMISSIONE SEGNALE = $v = \frac{2}{3} c \approx 2 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ (dipende dal mezzo) nel vuoto $v = c$
- ③ SVINCOLO



COMM. DI CIRCUITO

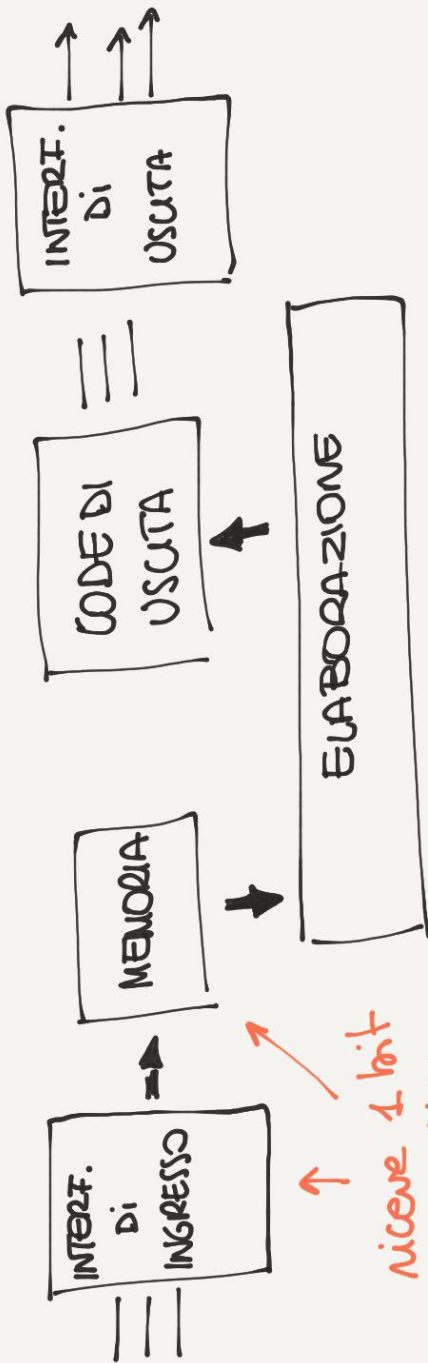
VANTAGGI

- BANDA GARANTITA (capacità canale costante)
- RITARDI DI TRASFERIMENTO COSTANTI (divisorio frico tra utenti è costante se la commutazione avviene in fase di impegno)
- TRASPARENZA DEL CIRCUITO (formati, velocità, protocolli)
- BASSI RITARDI NELL'ATTRAVERSAAMENTO DEI NODI (Tempo minimo necessario per attraversare il nodo, il nodo non deve elaborare nulla)

SVANTAGGI

- SPESO RISORSE nel caso di sorgenti intermittenti (impiego il canale anche se non lo uso)
- LA FASE DI IMPEGNO DELLE RISORSE OCCUPA PIÙ TEMPO DELLA TRASMISSIONE DEI DATI (è efficiente solo x grandi quantità di dati)
- NESSUNA CONVERSIONE DI FORMATO, VELOCITÀ, PROTOCOLLI TRA IN E OUT → RALLENTA LA COMUNICAZIONE
- TARIFFAZIONE IN BASE AL TEMPO DI ESISTENZA DEL CIRCUITO

STRUTTURA NODO COMM. DI PACCHETTO



↑ riceve 1 bit alla volta, lo memorizza in attesa di ricevere tutto il pacchetto

↳ Più pacchetti da diversi utenti possono avere stesso denominatore →

NB I PACCHETTI HANNO UNA DIMENSIONE PREDEFINITA (IP → 1480 B) ⇒ POSSO INVIARE PACCHETTI CON DIMENS. INFERIORE A TALE LIMITE?

SEGMENTAZIONE dell'INFO IN DIVERSE PDU, OGNIUNA ALENTE L'INFO DI CONTROLLO → RICOSTRUIRE IL MESSAGGIO SARA' OPERA DEL RICEVITORE.

ACCORDAMENTO → in attesa di essere trasmessi in un BUFFER di uscita

Se il nodo riceve più pacchetti.

perché si può trasmettere un solo pacchetto alla volta

⇒ P = probabilità errore su un bit

PDU contenente n bit

$$= (1-P)^n$$

PROBABILITÀ CHE LA PDU SIA CORRETTA = $(1-P)^n$

PCI HA DIMENSIONE FISSA, PERCIÒ PACCHETTI TROPPO PICCOLI: FANNO PESARE TROPPO L'INFO DI CONTROLLO SUI DATI

↳ FRAZIONE DI INFO DI CONTROLLO SUI DATI SI CALCOA COME

$$f = \frac{i}{i+s}$$

i = bit PCI

s = bit SDU

COSA INFLUENZA LA DIMENSIONE DELLA PDU:

- 1) PIPELINE (OK pacchetti piccoli)
- 2) RITARDO PACCHETTIZZAZIONE (OK pacchetti piccoli)
- 3) PROB. DI ERRORE (OK pacch. piccoli)
- 4) PERCENTUALE INFO CONTROLLO (OK pacch. più grandi)

↳

decine di Byte \leq PDU \leq 1500 kByte

COMMITAZIONE DI PACCHETTO A CIRCUITO VIRTUALE



NON RISERVA
RISORSE

INFORMA LA RETE
CHE C'È UNA
COMUNICAZIONE

COSÌ CHE LA
RETE LA SUPPORTI =>

ACCORDO
PRELIMINARE TRA GLI UTENTI E IL
FORNITORE DEL SERVIZIO

AL MOMENTO DELL'APERTURA DELLA CONNESSIONE SI STABILISCE UN **INSTRADAMENTO**
E TUTTI I PACCHETTI CON UNA DATA SORGENTE E DESTINAZIONE SEGUIRANNO LO
STESSO PERCORSO

≠ **COMU. PACCHETTO**

SI MEMORIZZA
IN OGNI NODO COME
TRASMETTERE I PACCH.
DI UNA CERTA COMUNICAZ.

I PACCHETTI SONO CONSEGNATI IN ORDINE ☺

PERÒ IL SISTEMA È PIÙ COMPLESSO ☹

I RITARDI SONO MENO VARIABILI → OK X TRASMISSIONI IN TEMPO REALE ☺

PERÒ (X INSTRADAMENTO FISSO) SI ESCLUDE L'ADATTAMENTO DELLA
RETE AL TRAFFICO ☹

CONGESTIONI ☹

SEGNALAZIONE ASSOCIATA AL CANALE

Scambio di informazioni su: $\left. \begin{array}{l} \text{apertura} \\ \text{controllo committenzi} \\ \text{gestione} \end{array} \right\} \text{di una rete TLC}$

- S. D'UTENTE (info utente ↔ nodo)
- S. DI RETE (info nodo ↔ nodo)

→ S. A CANALE COMUNE

→ S. ASSOCIATA AL CANALE

IN BANDA → canale S e canale C coincidono
 FUORI BANDA → canale S e C sono distinti

↳ CORRESPONDENZA BIUNIVOCA TRA canale di SEGNALE e canale di COMUNICAZIONE

↳ K canali x tempo → analoghi
 K canali x regolazione → digitali

↓
 CANALI LOGICI

S. A CANALE COMUNE → ① SOLO CANALE DI SEGNALE ASSOCIATO
 A PIÙ CANALI DI COMUNICAZIONE

Canale S = molteplicità di PACCHETTO.

TRASMISSIONE NELLE RETI TELEFONICHE

CODIFICA VOCE PCM → FLUSSO A 64 kbit/s ~ 1 Byte ogni 125 μs

↳ TRASMISSIONE = CANALI SINCRONI A 64 kbit/s ORGANIZZATI IN TRAME RIPETUTE OGNI 125 μs

⊕ SISTEMI DI Moltiplicazione x TRASMISSIONE DI PIÙ CANALI INSIEME



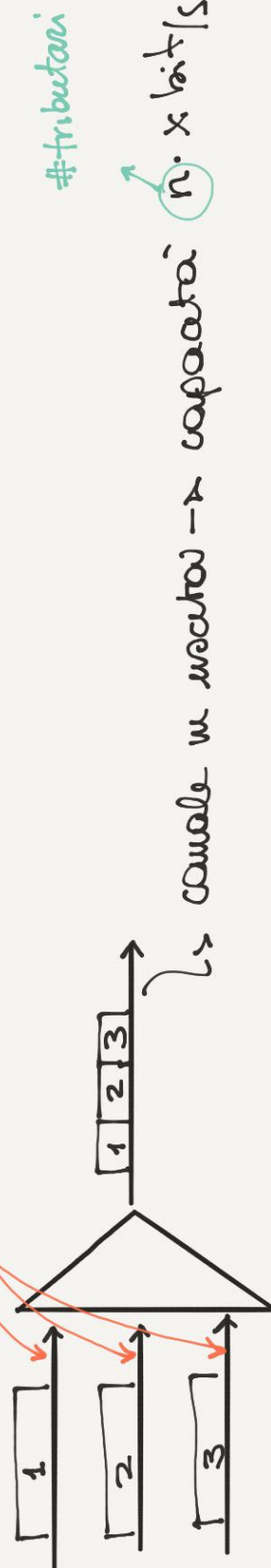
M. NUMERICA = GERARCHIA PDH =>

SISTEMA QUASI SINCRONO = NO STORE & FORWARD

CONSENTE DI MoltiplicARE FLUSSI A VELOCITÀ INFERIORE IN FLUSSI A VELOCITÀ SUPERIORE

↓
x TRASFERIMENTO CANALI LOCALI DIGITALI A 64 kbit/s

Multiplexer PDH (canali in entrata) → capacità x bit/s



⇒ OBBIETTIVO : far condividere le risorse del canale in uscita ai canali tributari

SEGNALAZIONE - SS7

SISTEMA DI SEGNALAZIONE A CANALE COMUNE FUORI BANDA PER RETI TELEFONICHE

- SSP (SIGNAL SWITCHING POINT) = COMMUTAZIONE
- STP (SIGNAL TRANSFER POINT) = TRASFERIMENTO
- SCP (SIGNAL CONTROL POINT) = GESTIONE

SSP PUNTI TERMINALI RETE SS7 ↔ centrali locali
 ↳ Generano, Terminano, Comutano le chiamate telefoniche

STP COMMUTATORI DI PACCHETTO IN SS7

↳ Introdono correttamente i pacchetti verso i destinatari

SCP

BASI DATI x GESTIONE DI SERVIZI AVANZATI, cooperano nelle Tariffazione dei servizi...

RETE DI SEGNALAZIONE = FONDAMENTALE PER LA SOPRAVVIVENZA DI UNA RETE TELEFONICA

ROBUSTA AI GUASTI e RIDONDANTE.

CANALI RADIO → ACCESSO MULTIPLO (alle risorse)



SI DEFINISCE UNA LARGHEZZA DI BANDA PER UN CANALE

STESSE FREQUENZE IN DIVERSI PUNTI GEOGRAFICI DIVERSI (RISORSA FREQUENZA)

SI DIVIDE LO SPETTRO S IN N CANALI CON LARGHEZZA DI BANDA S/N E SI DEFINISCONO LE FREQUENZE ASSOCIATE (PORTANTI) E CANALE

DIVISIONE IN G gruppi degli N canali

⇒ V GRUPPO → $k = \frac{N}{G}$ CANALI

CLUSTER

INSIEME G DI CELLE ADIACENTI CHE USANO TUTTI GLI N CANALI A

i = distanza dalle celle di co-canale (in celle)
j = 60° rasoio antiorario distanza in celle rispetto a i

$G = i^2 + j^2 + ij$

DISPOSIZIONE UNA SOLA VOLTA ⇒ V CELLA CI SONO K CANALI

IL TERRITORIO VA SUDDIVISO IN CLUSTER DI CELLE

CELLE CON STESSO GRUPPO = CELLE DI CO-CANALE

INTERFERENZA

DIMENSIONE CELLA

$\downarrow R$, $\uparrow M$, \uparrow CAPACITÀ

$\downarrow R$, \uparrow # ANTENNE X STESSA COPERTURA

Le celle piccole = maggiore la copertura e il # di antenne

DIMENSIONE CLUSTER

A PARI R $\downarrow G$, \uparrow # CANALI X CELLA (K), $\uparrow M \rightarrow$ maggiore capacità

$\uparrow G$, $\uparrow D$ (distanza-celle-co canale), \downarrow INTERFERENZA \rightarrow migliore qualità

QUALITÀ $\rightarrow Q = \frac{D}{R} = \frac{\sqrt{3G}}{\text{distanza trasmettitori}}$
 raggio cella

MOBILITÀ NUOVE RETI CELLULARI

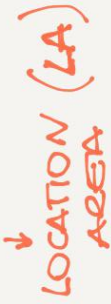
→ SUPPORTO MOBILITÀ

- ROAMING
- LOCATION UPDATING
- PAGING
- HANDOVER

ROAMING

→ RINTRACCIABILITÀ UTENTE CHE SI MUOVE ALL'INTERNO DELLA RETE

• MAPPOLIZZAZIONE POSIZIONE UTENTE DIVIDENDO IL TERRITORIO IN **AREE**



IMEI = IDENTIFICATIVO TERMINALE UTENTE

← IDENTIFICATIVO LOCATION AREA

LAI = LA = INSIEMI DI CELLE



→ ID UNIVOCO DATO DALLA CONCAFFENAZIONE DEL NUMERO TELEFONICO E ALTRE INFO SULL'UTENTE (USATO REALMENTE)

⇒ SI CERCA L'UTENTE NELLE CELLE DELL'AREA IN CUI È NOTO CHE EGÙ SI TROVA

LOCATION UPDATING

→ AGGIORNAMENTO POSIZIONE UTENTE: IN OGNI CELLA DI UNA LA SI TRASMETTE IL LAI SU UN CANALE DI CONTROLLO; IL TERMINALE UTENTE RINTRACCIA IL LAI RICEVUTO ED INVIA L'INFO ALLA RETE → AGGIORNAMENTO.

PAGING

→ AVVISO TERMINALE MOBILE DI UNA CHIAMATA IN ARRIVO: MESSAGGIO DI PAGING NELLA LA DELL'UTENTE.

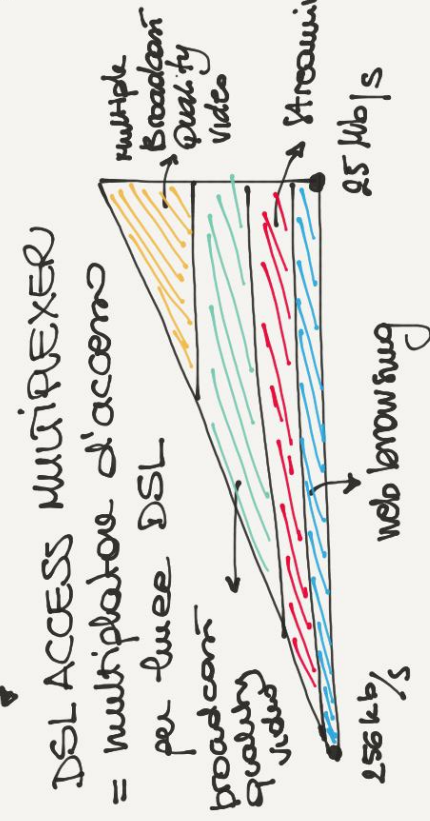
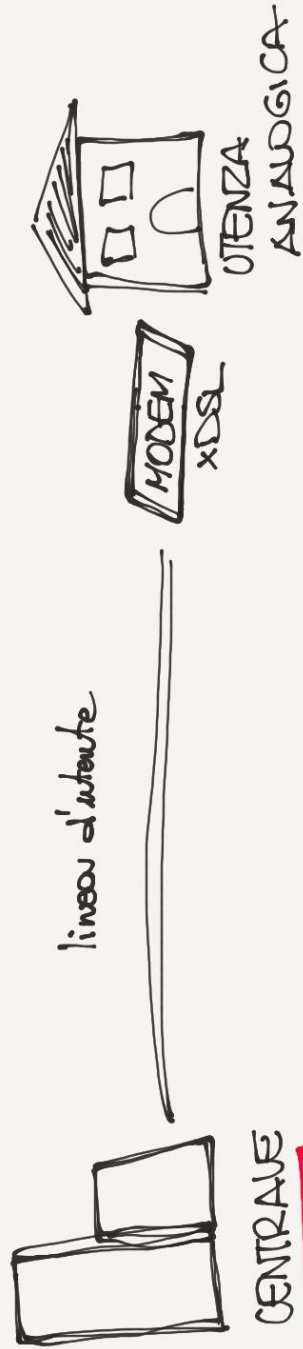
ACCESSO A LARGA BANDA

xDSL

* DIGITAL SUBSCRIBER LINE = DIVERSE TECNICHE DI TRASMISSIONE NUMERICA SUL DOPPIO TELEFONICO

↳ COPPIA DI **MODEM** APPLICATI ALLA LINEA

↳ **MODEM** = MODULATORE E DEMODULATORE.
usato per trasmissioni digitali sui cavi delle reti telefonica pubblica
segnale analogico \leftrightarrow segnale digitale



⇒ LE TECNICHE xDSL CONSENTONO DI RITRIUZARE LE LINEE D'UTENTE GIÀ PRESENTI E FORNISCONO IL SERVIZIO SOLO AGLI UTENTI CHE LO RICHIEDONO, LIMITANDO L'INVESTIMENTO INIZIALE

VDSL / VDSL2

- PIÙ BANDA RISPETTO AD ADSL, MA LINEE PIÙ CORTE (300 MT O MENO) x max velocità
- VDSL = 52 MB/S
 - VDSL2 ≥ 100 MB/S
- BISOGNA PASSARE DA RAME A FIBRA → RICABLAGGIO (DSLAM - CABINET)
 - MAX FIBRA 1.5 km
 - centroline vicine utente
- POSSIBILE SOLO NEGLI AGGLOMERATI URBANI
- la banda decresce all'aumentare della distanza percorsa su rame (più variabile di ADSL)

VDSL / FTTH

- la FIBRA GIUNGE FINO AVE VICINANZE DELL'UTENTE (Fiber To The Neighborhood)
- PER RIDURRE I COSTI → LA RETE D'ACCESSO PRIMARIA È PASSIVA (rete componenti elettronici)



IDEALE

REALE

- FTTH = Fiber To The Home
- FTTB = Fiber To The Building
- ⊕ ETHERNET fino all'utente singolo

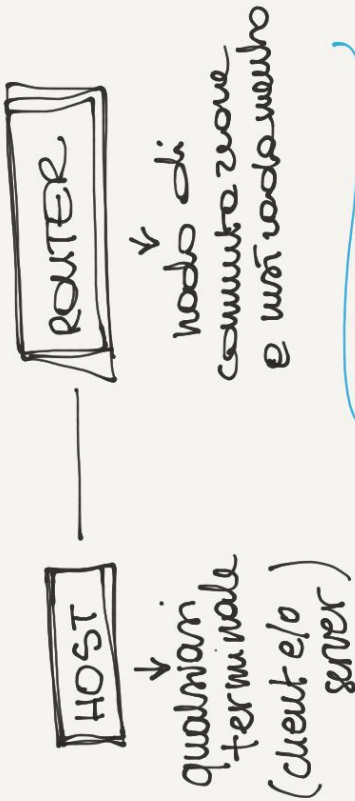
Poi ADSL = HIGH-BIT-RATE DSL ⇒ SIMMETRICA (uso commerciale)

- fino a 2 Mb/s UP/DOWN
- minimo distanza ≈ 4 km, collegamento fino, dipende dalla distanza
- 2 coppie in rame (2 doppini)

INTERNET



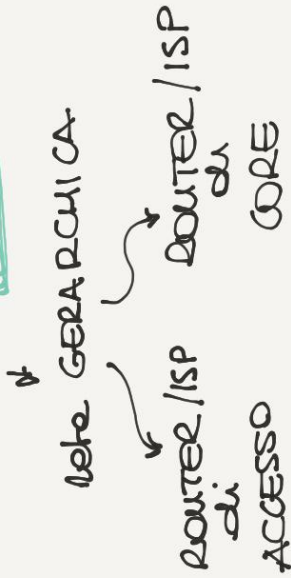
RETE DI SOTTORETI



AUTONOMOUS SYSTEM

insieme di host e router che formano una o più sottoreti, sotto lo stesso autorità amministrativa:
ISP = internet service provider

RETE A COMMUTAZIONE DI PACCHETTO CHE SEGUE IL PROTOCOLLO **TCP/IP**



Architettura di protocolli = INTERNET PROTOCOL SUITE IPS

- 3 STRATI
- Applicazione
 - Trasporto
 - rete

IP => Router / Host x INSTRADAMENTO
↓
controllo su instradamento

TRASFERIMENTO AFFIDABILE

• RIEVAZIONE ERRORE

- 1) BIT DI PARITÀ
- 2) CHECK SUM
- 3) FRAME CHECK SEQUENCES
- 4) CYCLIC REDUNDANCY CHECK (CRC)

• CORREZIONE ERRORE

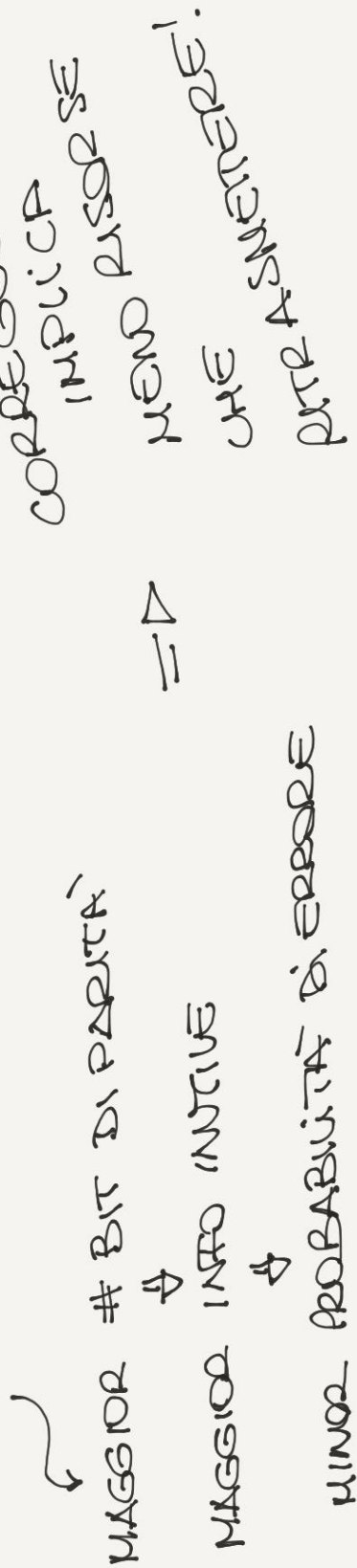
- 1) FORWARD ERROR CORRECTION (FEC)
- 2) AUTOMATIC RETRANSMISSION REQUEST (ARQ)

1) [bit parità] CODIFICA A BLOCCO

SU n bit si HANNO k bit di INFORMAZIONE, $n-k =$ bit di parità
 CHE DIPENDONO DAL VALORE DELLE INFO $\Rightarrow 2^k$ COMBINAZIONI
 DEI BIT DI INFO.

[NB] NON C'È LA CERTEZZA DI UNA TRASMISSIONE CORRETTA

$L >$ \equiv ERRORE SISTEMATICO NON QUENABILE.



1) FEC -> Elevata ridondanza ->

USATI SU CANALI RADIO molto disturbati -> USO BIT PARITÀ per correggere l'errore

ovvero conviene avere + ridondanza che dover ritrasmettere

2) ARQ -> rileva errore -> ritrasmette i dati

↳ ha bisogno ricostruire la giusta sequenza e flusso dei dati oltre a controllare la correttezza dei dati ->

SI PUÒ IDENTIFICARE A
LE PDU E SI PUÒ
SAPERE SE NE MANCA
QUALCUNA E COM'È L'ORDINE

NELL'INTEGRAZIONE, oltre ai bit di parità, sono inseriti dei BIT di SEQUENZA (di numerazione)

-> la numerazione per il controllo di sequenza è importante se il ricevitore è più LENTO del trasmettitore (si ferma il TX o si bloccano i pacchetti)

=> TECNICHE ARQ =

- STOP & WAIT
- GO BACK N
- SELECTIVE REPEAT

LE PDU contengono i bit di parità per controllo errori su dati e header, un numero N(T) di ordine e gli indirizzi.

⊕ ACK => contiene bit parità solo su header e un numero d'ordine atteso N(R) e gli indirizzi

PROBLEMA CANALI NON SEQUENZIALI

- USO ALTERNATING BIT PROTOCOL
- ACK NON GIUNGE  POICHÈ RESTA FUORI SEQUENZA

LA SCADA TIME OUT \rightarrow Tx RITRASMETTE PDU \rightarrow

Rx L'HA GIÀ RICEVUTA E
MANDA ACK COL N° DI PACCHETTO
ATTESO.

LA SE PIÙ AVANTI SI PERDESSE
UN PACCHETTO E GIUNGESSE L'ACK FUORI SEQUENZA RIFERITO
AD UN ALTRO PACCHETTO, MA IL N° DI SEQUENZA È QUELLO
ATTESO DAL Tx, EGLI INVIA IL PACCHETTO SUCCESSIVO, MA IL
Rx ASPETTA IL PRECEDENTE (PERSO), MANDA L'ACK.
TAVE ACK È PERÒ ATTESO DAL Tx \rightarrow

PERDO DUE PACCHETTI
SENZA ACCORGERMENE



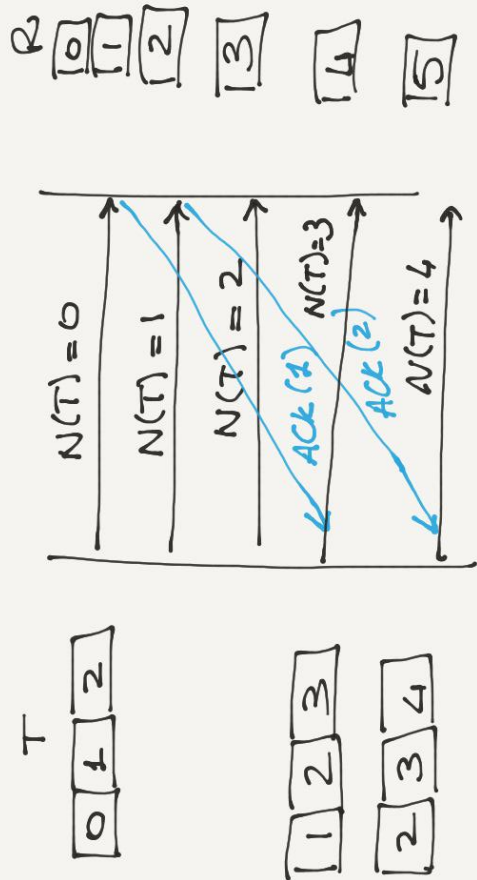
GO BACK N (sliding window)

-> TRASMETTERE DATI MENTRE SI ATTENDONO GLI ACK
 N° MAX DI PDU TRASMISSIBILI PRIMA DI RICEVERE ACK È DATO DALLA
 FINESTRA DI TRASMISSIONE Wt
 -> PDU MEMORIZZATE NEL BUFFER DI TRASMISSIONE = LIMITATO

ERRORI => **RITRASMISSIONE INTERA FINESTRA**

Wt = indice anche il # PDU presenti sul canale ovvero da confermare
 FINESTRA DI RICEZIONE Wr => SEQUENZA DI PDU ACCETTABILI DAL RX

GO BACK N = FINESTRE (Wt e Wr) UNITARIE
 LA FINESTRA AVANZA QUANDO RICEVE CONFERMA DI UNA PDU (0+)
 CONFERMA PDU CUMULATIVA: ACK cumulativo



GO BACK N - PERDITA PDU


→ RITRASMISSIONE TUTTI I PACCHETTI IN FINESTRA = quello perso e i successivi non confermati, ma inviati.

- PERDITA ACK

ACK cumulativo → conferma anche il pacchetto ricevuto ma non confermato

LA RITRASMISSIONE NON AVVIENE A PARTIRE CHE ENTRO IL TIMEOUT SI RICEVA L'ACK SUCCESSIVO AI PACK. NON CONFERMATI

NUMERAZIONE PDU LIMITATA

k bit di numerazione → numerazione = 2^k 

NB Tx più completo del Rx rispetto a stop & wait

Tx deve gestire più pacchetti alla volta (Wt)

C'è bisogno di un timer anche sul Rx perché facendo piggi back. Pono mandare gli ACK insieme alle PDU, però dopo un certo tempo, se non ho più PDU da inviare, devo comunque inviare l'ACK.

Tempo di Trasmissione finestra = RTT, $Wt < 2^k$

SELECTIVE REPEAT - PERDITA UN SOLO PACCHETTO.

Si comporta come Go Back N

VANTAGGIO

SE $RIT < \text{Tempo Trasmisione}$ funziona perché il nuovo ACK permette lo spostamento in avanti della finestra prima della trasmissione

ACK SELETTIVI NON CONSENTONO DI FARE PIGGYBACKING, PERO' DANNO PRESTAZIONI MIGLIORI

-> PERDITA PDU, TX SCARICA TUTTI GLI ACK NECESSARI A QUELLO RELATIVO ALLA PDU PERSA

L > SCADÈ IL TIMEOUT -> TX RITRASMETTE TUTTA LA FINESTRA -> RX RICEVE LA PDU MANCANTE -> MANDA ACK CUMULATIVO

• SE QUESTO ACK GIUNGE AL TX PRIMA CHE ABBLA FINITO DI RITRASMETTERE LA FINESTRA, INTERRUPE LA TRASMISSIONE, AGGIORNA LA FINESTRA E TRASMETTE LE NUOVE PDU

$$\text{DIMENSIONE FINESTRA} \quad W_t + W_r \leq 2^k$$

$$\text{THROUGHPUT} = \min \left\{ \frac{\text{finestre Trasm.}}{RIT}, \text{velocità linea} \right\}$$

ALOHA

TRASMISSIONE → collisione → RETRASMISIONE DOPO UN TEMPO CASUALE.

PREGIO = SEMPLICITÀ

DIFFETTO = NON C'È SINCRONIZZAZIONE ⇒ PIÙ PROBABILITÀ DI COLLISIONI

BACKOFF = ESPONENZIALE → SE COLLISIONE PIÙ VOLTE LE TRAMMÈ SONO TRASMESSE DOPO UN TEMPO SEMPRE CRESCENTE (DOPIO)

SLOTTED ALOHA

TEMPO DIVISO IN [SLOT], LA TRASMISSIONE È EFFETTUABILE SOLO ALL'INIZIO DI UNO SLOT
↳ durata ≈ T. Transm. messaggio

[COLLISIONE] → IL MODO RITRASMETTE NELLO SLOT SUCCESSIVO CON PROBABILITÀ P , FINCHÈ LA TRASM. NON RIESCE.

↳ DIMINUISCE LA PROB. DI COLLISIONE RISPETTO AD ALOHA

→ PROBLEMA (A. S.A) = TRAFFICO SIAUANTO MOLTO BASSO × UE collisioni

↳ EFFICIENZA MASSIMA: ALOHA ≈ 0.18
SLOTTED ALOHA ≈ 0.37

PROTOCOLLI INSTABILI se si supera il livello di traffico ottimale, il traffico smalto a crescere

CSMA - CD (Collision Detection)

→ RIBUVA LE COLLISIONI E LIBERA IL CANALE QUANDO AVVERTE UNA COLLISIONE

↳ INTERROMPE LA TRASMISSIONE, RIDUCENDO LO SPRECO DI RISORSE



TUTTE LE STAZIONI DEVONO RIVEDERE LA COLLISIONE, PERCHÉ SI FA DURARE LA COLLISIONE IL TEMPO NECESSARIO

⇒ BUONE PRESTAZIONI SE LA RETE È PICCOLA → dmu. pacchetto
dmu. rete

PER RETI WIFI CSMA/CA (Collision Avoidance)

↳ NON SI RIVEDA LA COLLISIONE, MA CHIEDO CONFERMA DELLA RICEZIONE CON UN ACK

TRASMETTITORE:

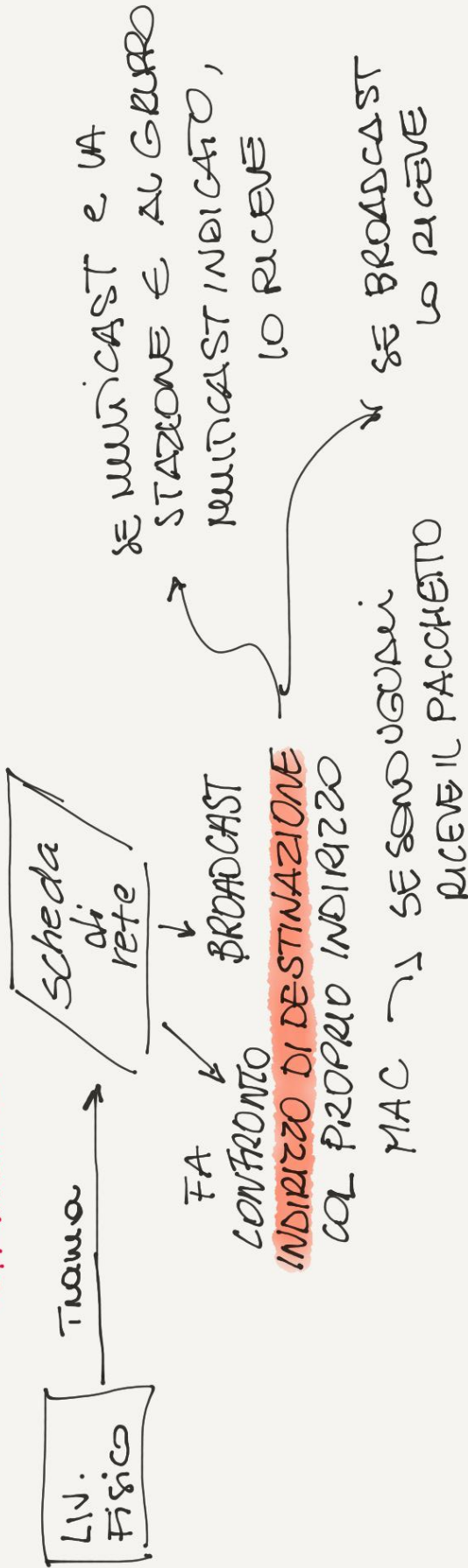
• ASCOLTO CANALE X UN TEMPO [DIFS]: SE IN TALE PERIODO IL CANALE RESTA LIBERO → TRASMETTE. ALTRIMENTI, SOSPENDE TRASMISSIONE X TEMPO CASUALE DI BACKOFF

• DECREMENTO BACKOFF SOLO QUANDO IL CANALE È LIBERO

BACKOFF = 0 → riprendo trasmissione

RICEVITORE: SE TRAMA CORRETTA, RISPONDE CON ACK DOPO UN TEMPO [SIFS] (SIFS < DIFS), L'ACK HA PRIORITÀ SU TUTTE LE ALTRE TRAME SE TX NON RICEVE L'ACK DERO UN TIMEOUT → DECREMENTA UN BACKOFF, QUANDO È A ZERO RIPROVA LA TRASMISSIONE

STANDARD RETI LOCALI



INTERCONNESSIONE RETI LOCALI

- Interconnessione a livello fisico \leftarrow RIPETITORI \times superare le limitazioni di alcuni mezzi trasmissivi HUB
- Interconnessione a livello collegamento \leftarrow BRIDGE \times instradamento e SWITCH inoltra.
- Interconnessione a livello rete - ROUTER
- Interconnessione a livello applicazione - GATEWAY \times connettere architetture diverse

RIPETITORE → estende lunghezza canale trasmissivo su LAN omogenee

↓
EVOLUZIONE → **HUB** → più ingressi e più uscite del ripetitore, funziona da centro stella passivo che riceve il segnale e lo riproduce

SI È PASSATI A UNA RETE A STELLA PASSIVA E DIFFUSIVA, BROADCAST ⇒ CABLAGGIO E MANUTENZIONE PIÙ AFFIDABILI

↓
PROBLEMA ⇒ aumento del dominio di collisione perché non c'è indirizzamento.

HUB ⇒ introduce RITARDO (mai + di due in un sistema)

FLOODING = invio PDU su tutte le porte attive, tranne quella da cui lo PDU arriva (bridge riceve MAC multicast o broadcast)

↓

eseguito dal bridge solo se non ha info sulla destinazione.

FILTERING = operazione che consente al bridge di localizzare il traffico e le trame da inviare su una stessa LAN non sono inviate su altre LAN

SWITCH → consente di collegare i terminali o degli switch, invece che agli hub, evitando di condividere le broadcast

↓

creazioni LAN VIRTUALI (VLAN) = costituite da host collegati allo stesso segmento di rete, ma logicamente partizionati in LAN separate. ↳ separazione domini broadcast

↳ trame broadcast non vengono trasmesse su tutte le porte, ma solo su quella e alla stessa VLAN.

LO SWITCH INSERISCE L'HEADER NECESSARIO (che sono per numero)

NON OTTIMIZZA LA TRASMISSIONE

↳ BISOGNA USARE I **ROUTER** → **INSTRADAMENTO** ideale

GATEWAY = collegamento ritenuti e architetture diverse

↳ **PROXY** = Traduccono la comunicazione per rendere possibile il collegamento tra due reti diverse.

PROTOCOLLO IP

→ su cui si BASA IL NUOVO RETE
=> IP deve essere presente in ogni apparato della rete

- definisce:
- FORMATO PACCHETTI
 - FORMATO INDIRIZZI
 - PROCEDURE DI FORWARDING DEI PACCHETTI

INTERNET → servizio BEST-EFFORT = servizio migliore, servizi garantiti

≡ SERVIZIO CONNECTIONLESS → non si garantisce la ricezione del pacchetto →

INAFFIDABILE

IP → INDIRIZZAMENTO E INDIRIZZAMENTO DATAGRAM, servizi connessione,

servizi protocolli a finestra => NO GESTIONE RITRASMISSIONI

→ dati possono essere persi

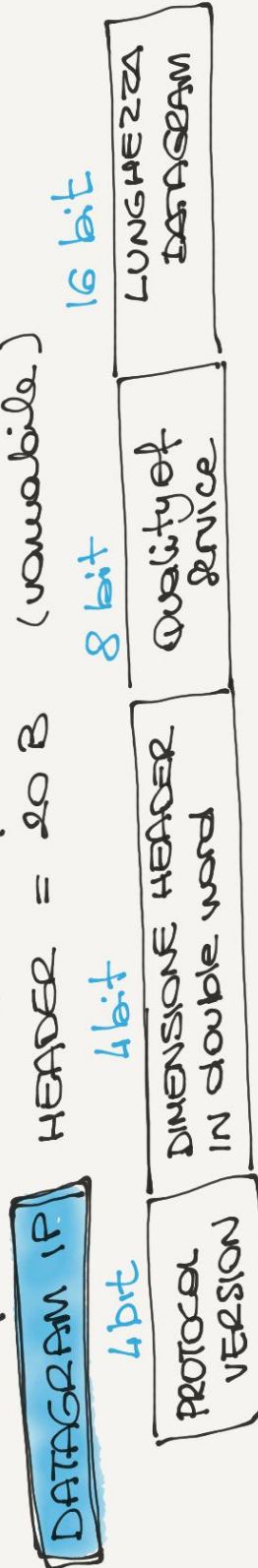
→ non c'è priorità nel traffico

→ NO qualità del servizio → errore/perdita => di errore alla consegna

→ ogni datagramma è trattato come un'unità a sé (non c'è ordine ed è instradato in modo indipendente)

↳ possono seguire percorsi diversi => non c'è ordine

HEADER = 20 B (variabile)



ICMP

INTERNET CONTROL MESSAGE PROTOCOL = parte di IP

↳ i messaggi ICMP sono trasmessi con IP

ICMP

= protocollo x invio messaggi di segnalazione (errore o controllo); Trasporta sia le richieste, sia le risposte alle richieste → messaggi scambiati automaticamente tra HOST e ROUTER



LA SORGENTE, RICEVUTO IL MESSAGGIO ICMP, PUÒ SEGNALARE L'ERRORE ALL'UTENTE O IGNORARLO

PING

x DIAGNOSTICA = Test raggiungibilità dell'interfaccia di rete di host remoto

↳ Ping si interfacca con IP, generando messaggi ICMP e interpretandoli

↓
x RILEVARE GUASTI O PERDITE SUL CANALE

(echo request - echo reply)

TRACE ROUTE

Segmenti vuoti con TTL sempre crescente fino alla destinazione

METODO CIDR

(Classless Inter Domain Routing)

→ non c'è più netto dominante tra hostid e netid
↳ **NET MASK** = numero quanti bit (dei 32) sostituiscono il netid (bit pari a 1, altri a 0)

OGNI HOST CONOSCE LA PROPRIA, CURE ALL'INDIRIZZO IP.

SI DEVE FARE L'OPERAZIONE DI **AND** TRA TUTTI I BIT DELLA MASCHERA E QUELLO DELL'INDIRIZZO IP ↓

SE TANTE OPERAZIONE DA LO STESSO RISULTATO X HOST DIVERSI VUOL DIRE CHE TANTI HOST E ALLA STESSA SOTTORETE

⊕ VALORE X INSTRADAMENTO (router)

↳ ANCHE I ROUTER DEVONO CONOSCERE LE NET MASK

INDIRIZZI SPECIALI

HOSTID = Tutti i bit a 0 ⇒ indirizzo sottorete stessa

HOSTID = Tutti i bit a 1 ⇒ indirizzo di BROADCAST della sottorete

NET ID = Tutti i bit a 0 } MOLTO RARI

NET ID = Tutti i bit a 1 }
IP = 255.255.255.255/32 = BROADCAST, ma i pacchetti broadcast non sono trasferiti dai router

INSTRADAMENTO NELLE RETI IP

→ INDIRIZZI e NETMASK sono fondamentali NEGLI INOLTRO

- 2 HOST E STESSA SOTTORETE → CONSEGNA DIRETTA
- AUTRIMENTI si USANO ROUTER PER UNA CONSEGNA INDIRETTA

CONSEGNA DIRETTA

- HOST MIENTE CONTROLLA IL NETID DEL DESTINATARIO
→ NETID UGUALI → STESSA SOTTORETE → CONSEGNA DIRETTA
- HOST MIENTE DEVE CONOSCERE L'INDIRIZZO MAC DI DESTINAZIONE PER MANDARE LA TRAMA (si mappa l'IP nel MAC corrispondente)

CONSEGNA INDIRETTA

→ CONSEGNE DIRETTE TRA SOGGETTE E ROUTER, TRA ROUTER e ROUTER, TRA ROUTER e DESTINATARIO.

⇒ ASSOCIAZIONE INDIRIZZO IP A INDIRIZZO MAC

1) DIRECT MAPPING (STATICA) = TUTTI GLI INDIRIZZI SONO INSERITI IN UNA TABELLA

2) DYNAMIC BINDING = APPRENDIMENTO MAC IN MODO DINAMICO

↳ PROTOCOLLO ARP = Address Resolution Protocol

Ind-IP	Ind-MAC	life-time
--------	---------	-----------

- Indirizzi MAC conservati in ARP Table :
→ le entry scadono per consentire l'aggiornamento dinamico della Tabella
- L'> si ricavano MAC dato IP

ARP funziona su reti BROADCAST

PROTOCOLLO DI ROUTING

→ DEFINIZIONE DELLE MODALITÀ CON CUI I NODI DELLA RETE SI SCAMBIANO INFORMAZIONI SULLO STATO DELLA RETE

ALGORITMO DI ROUTING

→ OPERAZIONI NECESSARIE ALLA SCELTA DEL PERCORSO VERSO LA DESTINAZIONE, COME UNO MONDARE DAL PROTOCOLLO DI ROUTING

ROUTING TABLE

→ INFO IN QUALE INTERFACCIA USARE PER COMUNICARE CON UNA CERTA DESTINAZIONE.

→ R.T. DI UN HOST = ROUTER CONTATTABILI PER COMUNICARE CON ALTRI HOST, IN MODO DIRETTO

R.T. DI UN ROUTER = ELENCO SOTTORETI CUI ESSO È COLLEGATO DIRETTAMENTE E INSIEME DI ROUTER FUNZIONANTI A RAGGIUNGERE ALTRE SOTTORETI ↴

PROCEDURA DI FORWARDING ← SI SA SEMPRE QUALE ALTRO NODO CONNUNGERE

= ogni nodo conosce

solo il successivo → quale router contattare per consegnare diretta

INSTRADAMENTO

→ MECCANISMO NEXT-HOP = ad ogni passo sceglie il successivo

COME OTTENERE UN INDIRIZZO IP

ICANN (= Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)

L-> GESTISCE L'ALLOCAZIONE DEGLI INDIRIZZI IP, IL DNS E ASSEGNA I NOMI DI DOMINIO

LE ORGANIZZAZIONI DEVONO ACQUISTARE GLI INDIRIZZI DA ISP

ASSEGNAZIONE STATICA O DINAMICA
↳ PIÙ USATA DAI CLIENT

↳ USATA DAI SERVER

DHCP
(Dynamic Host Configuration Protocol)

ALG. CENTRALIZZATI

- > le info si raccolgono tutte allo stesso nodo, generando percorsi ottimi e coerenti per tutti i nodi 😊
- > elevata centralità di quanti del nodo centrale e conseguente aumento dell'elevato flusso verso/dal il nodo centralizzato 😊

ALG. DISTRIBUITI

- > robusti ai guasti e consentono uno scambio di info uniforme su tutta la rete 😊
- > richiede nodi complicità che svolgono il calcolo del percorso e si possono creare incongruenze tra percorsi scelti dai vari nodi 😊
- BASATI SU INFO GLOBALI O PARZIALI
 - conoscenza intera rete -> percorsi globali -> info scambiata su tutti i nodi = LINK STATE
 - ogni nodo conosce solo i propri vicini -> scambio info solo tra nodi adiacenti = DISTANCE VECTOR

- > info informazioni su canali broadcast di ogni nodo a tutti gli altri (in realtà = Flooding controllato)
- Ogni nodo calcola i percorsi a costo minimo verso tutti gli altri nodi

GRAFO COMPLETO

Dijkstra

DISTANCE VECTOR -> COUNT TO INFINITY

UN NODO NON PUO' SAPERE SE E' STATO INCLUSO DAI SUOI VICINI NEL CALCOLO DEL PERCORSO OTTIMO

POSSONO FORMARSI CICLI -> AUMENTO DEL COSTO DEI COLLEGAMENTI

SPLIT HORIZON SEMPLICE

Non è utile inviare info riguardo ad un nodo da cui è giunto il messaggio che lo generato l'aggiornamento

Ogni router conosce ogni vicino e li specifica percorsi appresi da quello stesso vicino

CONTAGGIO ALL'INFINITO

Le iterazioni proseguono finché uno dei due nodi, che stanno scambiando con l'altro, non cambia percorso

SPLIT HORIZON CON POISONED REVERSE

Il nodo invia ai vicini i vettori delle distanze falsati o meno a seconda che i costi siano stati o meno ottenuti tramite quel vicino - se il percorso scelto è ottenuto grazie al vicino, si invia al quanto infinito invece che derivazione del percorso, invece del costo reale

ESERCIZIO 1

Topologia lineare

$$V = 1 \text{ Mb/s}$$

$$File = 9500 \text{ B}$$

- no errori

- $T_{propag} = 5 \text{ ms}$

- $d_{max} = 1500 \text{ B}$

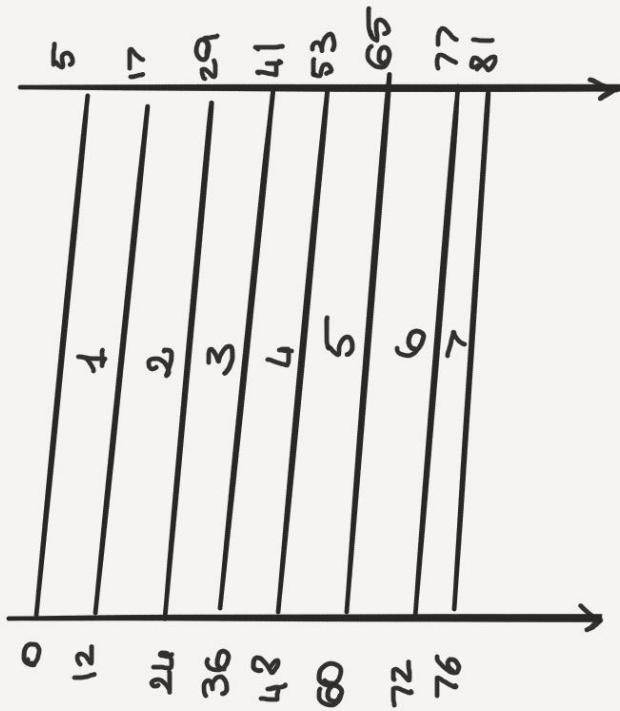
6 p da 1500 B
+ 1 p da 500 B

$$T_t = \frac{1500 \cdot 8}{10^6} = 12 \text{ ms}$$

$$T_t' = \frac{500 \cdot 8}{10^6} = 4 \text{ ms}$$

5

5

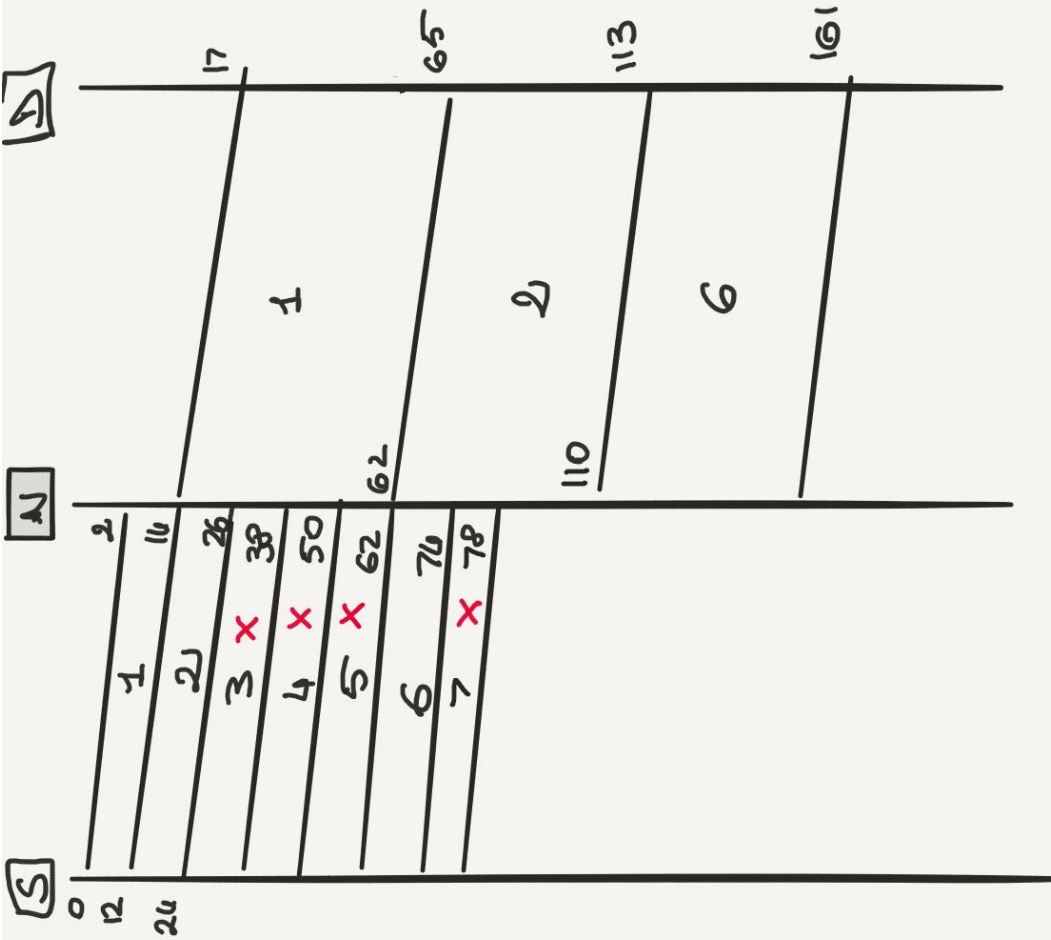


D RICEVE
TUTTO IL FILE
DOPO 81 MS

ESERCIZIO 3

- $V_1 = 1 \text{ Mb/s}$
- $V_2 = 250 \text{ kb/s}$
- $Q = 500 \text{ B}$
- $N = 8 \text{ QF}$
- Te trascurabili
- no errori trasg.
- N pro' mino max 2 pacch.
- ↳ oltre p. persi
- $T_{P1} = 2 \text{ ms}$
- $T_{P2} = 3 \text{ ms}$
- 6 p 1500 B
- 1 p 500 B
- $T_{t1} = 12 \text{ ms}$
- $T_{t1} = 4 \text{ ms}$
- $T_{t2} = 48 \text{ ms}$
- $T_{t2} = 16 \text{ ms}$

∴ persa



Perdo pacchetti: $314,517$ per memoria \curvearrowright

∴ successo = $\frac{3 \cdot 1500}{9500} \approx 47\%$

∴ perso = $1 - 47\% = 52\%$

ESERCIZIO 5

2 file da 6000 B

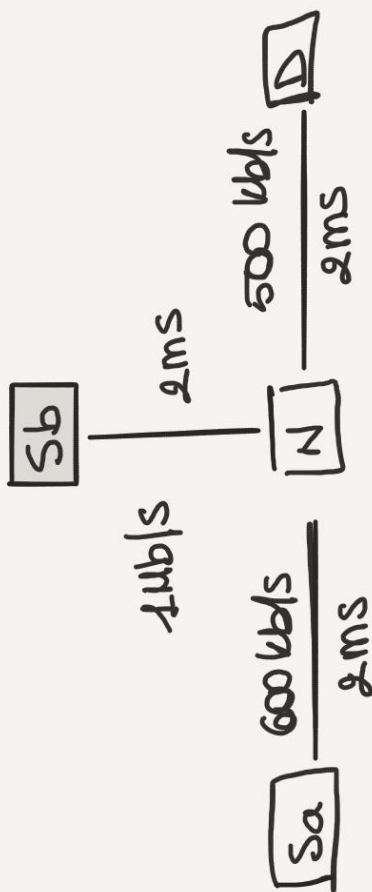
N = FIFO

4 blocchi da 1500 B
(x2)

$$T_{t1} = \frac{1500 \cdot 8}{10^6} = 12 \text{ ms}$$

$$T_{t2} = \frac{1500 \cdot 8}{600 \cdot 10^3} = 20 \text{ ms}$$

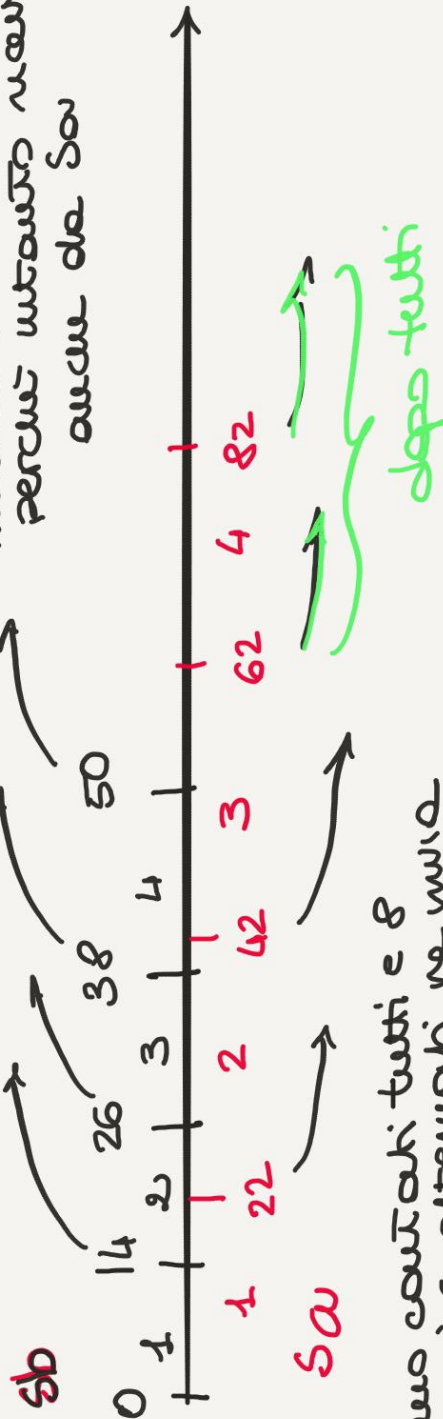
$$T_{t3} = \frac{1500 \cdot 8}{500 \cdot 10^3} = 24 \text{ ms}$$



$$14 + 6 \cdot 24 + 2 = 160 \text{ ms}$$

$$14 + 8 \cdot 24 + 2 = 208 \text{ ms}$$

inizio su tre emetteur da N a D
dopo 14 ms, i succ. 6 pacchetti sono
alternati quindi c'è che viene
mandato da Sb si "rotonda"
perché intanto viene
ancora da Sa



Per Sa vanno conitati tutti e 8
perché dopo i 6 alternati ne vanno
ancora 2.

PROTOCOLLO AD ACCESSO CASUALE

ESERCIZIO 1

$V = 10 \text{ Mb/s}$

mezzo broadcast

CSMA 1-persistente

$\overline{AB} = 600 \text{ m}$

$\overline{AC} = 300 \text{ m}$

A → 64 B in t_0

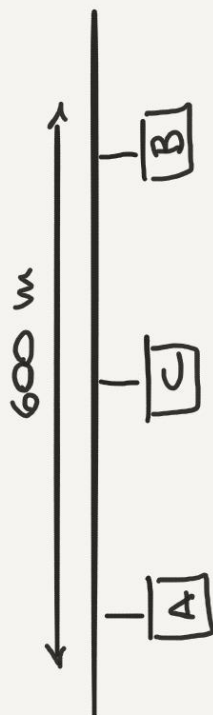
B → 400 B pronto a trasmettere
in $t_1 = t_0 + 2 \mu\text{s}$

DOMANDE:

B inizia a trasmettere?

collisione?

per quanto C vede il canale occupato o con pacchetti?

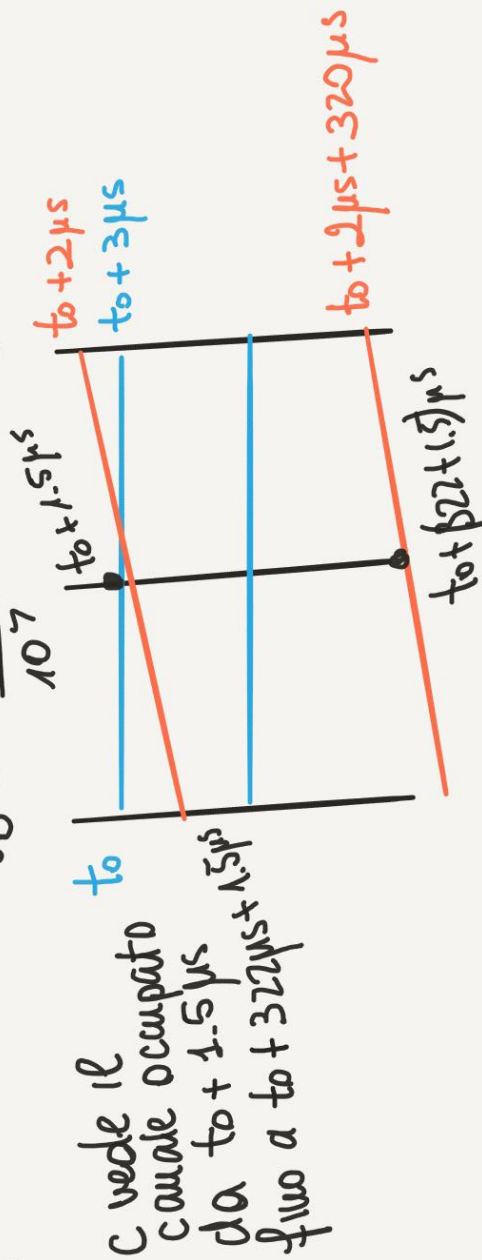


$t_{AB} = \frac{600}{2 \cdot 10^8} = 3 \mu\text{s} > 2 \mu\text{s}$

però B inizia a trasmettere perché non ancora il canale libero. → collisione

$t_A = \frac{64 \cdot 8}{10 \cdot 10^6} = 51.2 \mu\text{s}$

$t_B = \frac{400 \cdot 8}{10^7} = 320 \mu\text{s}$



C vede il canale occupato da $t_0 + 1.5 \mu\text{s}$ fino a $t_0 + 322 \mu\text{s} + 1.5 \mu\text{s}$