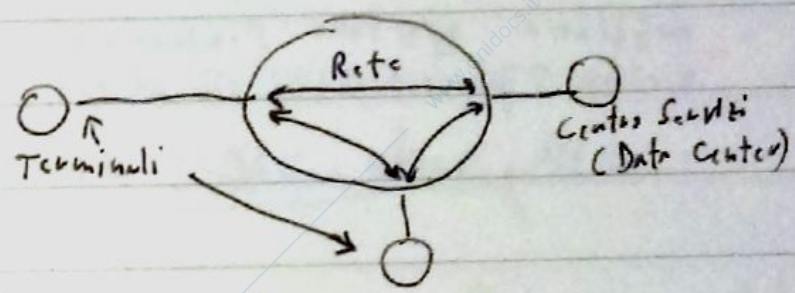


Mo	X	We	Th	Fr	Sa	Su
----	---	----	----	----	----	----

Presentazione corso

Cos'è una RETE?

La RETE è un insieme di APPARATI, SISTEMI DI REGOLE E COMUNICAZIONE che consentono di trasferire dati tra macchine.



Con la rete la comunicazione non è più solo tra terminali ma questi sono collegati al Data center

Cloud Computing

La memorizzazione non sta più nel terminale, ma nel data center.

5G mobile communication

NUOVI SERVIZI

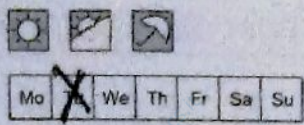
- Servizi video ad alta qualità
- aumento densità di comunicazione (per gestire meglio le macchine)
- Comunicazioni ad altissima affidabilità e bassa latenza
 - tempo di risposta bassissimo

servizi nuovi tecnologie

Caso per cui potrebbe essere

Self-driving car

collegati al cloud, quindi massima velocità di risposta



→ per aver basse latenze
serve l'EDGE COMPUTING

↓
non possiamo avere dai DATA CENTER
le informazioni

↓
per avere una risposta più veloce
dobbiamo spostare l'informazione più
vicino possibile all'utente
grazie a dei EDGE SERVERS

- Argomenti del corso:
- Principi fondamentali
 - Tecnologie
 - Protocolli

Cenni Storici

→ Trasmissione delle informazioni:

- nell'1800 → Telegrafo
 - ↳ nel 1866 primo cavo telegrafico oceanico
 - ↳ fine 800 → Morze e Bell: telegrafia
 - ↳ fine 900 → Hertz-Marconi: radio
- nel 900 → televisione e evoluzioni radio
 - ↳ nel 1966 invenzione laser
 - ↳ nel 1980 trasmissione ottica



Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
	X					

Libri consigliati: A Achille Pattavina, Reti di Telecomunicazione
 B Achille Pattavina, Internet e Reti: Fondamenti:

Materiale: Beep

Esami: no prova in itinere

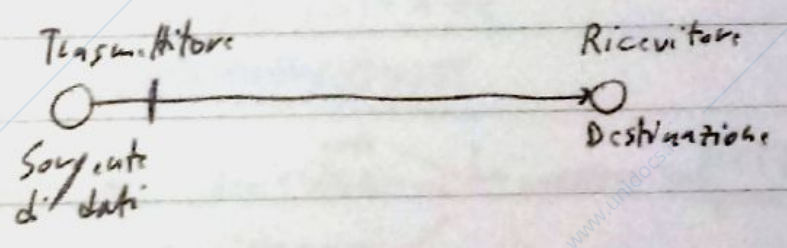
↳ si può non registrare subito il voto

↳ si può portare la calcolatrice

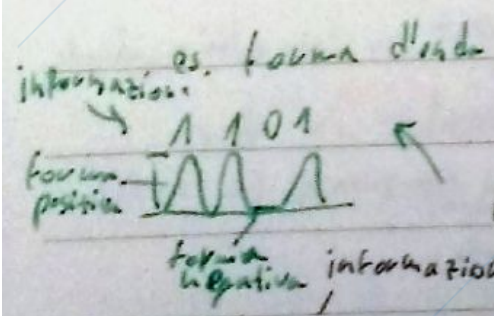
INIZIO LEZIONI

L'ABC DELLE RETI

• modello semplice: punto-punto



Tempo di trasmissione: quanto impiega a pervenire il segnale fisico-elettronico che mi trasmette l'informazione.

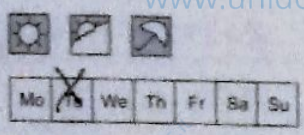


per es. onda 54 MHz trasmissivo (canale)
 rapp. l'informazione

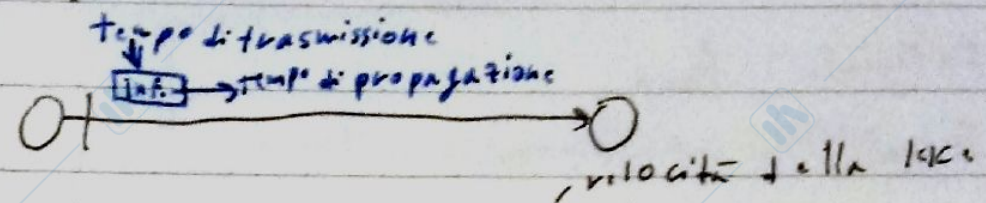
(es.) $L = 1000 \text{ bit}$
 $C = 1 \text{ Mbit/s}$
 Canale

$$\rightarrow T_b = \frac{1}{C} = 1 \mu\text{s} \rightarrow T_U = L \times T_b = 1 \text{ ms}$$

\downarrow Tempo di trasmissione di un bit
 \downarrow Tempo dell'unità informativa



Dunque ho una specie di primi ritardo per mettere l'informazione sul canale



Tempo di propagazione: $c = 3 \times 10^8$ m/s (wireless) → cella

$c_f = \frac{c}{n}$ (wired)

$T = \frac{d}{c}$
T: tempo prop. / d: distanza
indice di rifrazione del mezzo → es. fibra e doppio $n = 1,5$
 $c_f = 2 \cdot 10^8$ m/s

SERVIZI DI TELECOMUNICAZIONE

Un servizio può essere voce, dati, immagini

↳ Se trasmette solo un tipo di informazione: monomediale
" " più tipi di " : multimediale

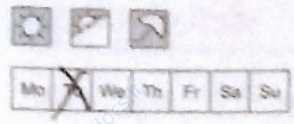
oppure un servizio si può classificare in base alle modalità operative (come funziona la rete)

- ↳ Configurazione:
• punto-punto
• multipunto
• diffuso (broadcast)

- Direzioni:
• unidirezionale
• bidirezionale:
 • simmetrica: 2 flussi con gli stessi parametri
 • asimmetrica

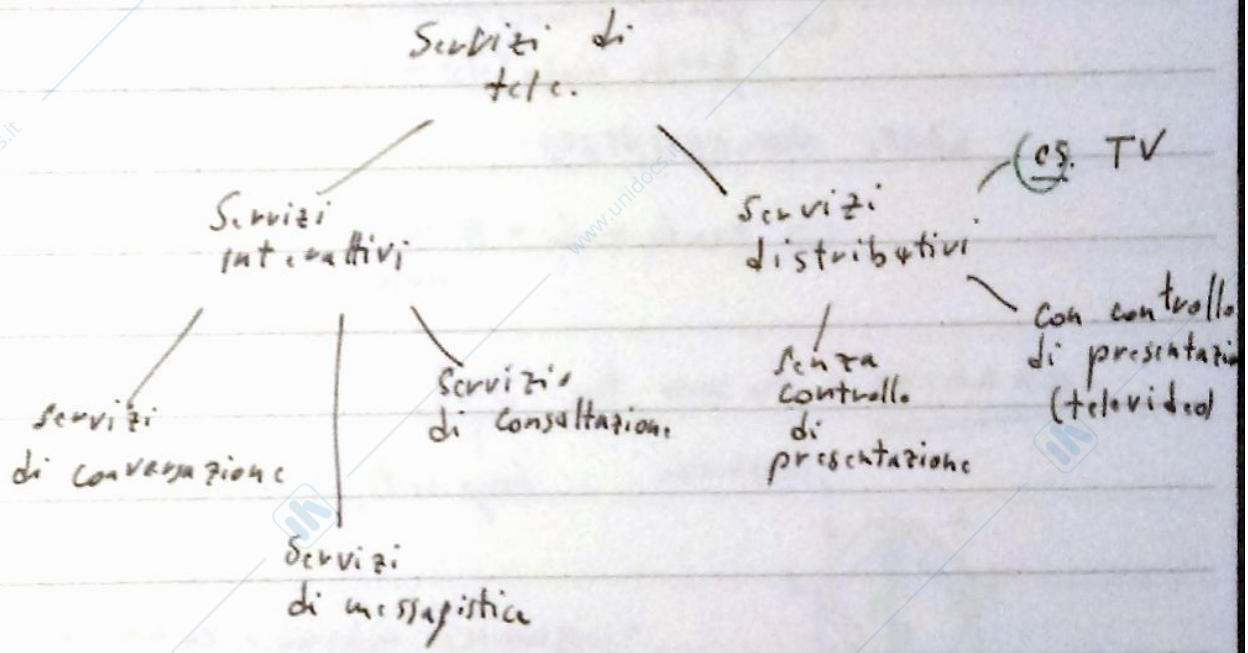
www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari



Inizializzazione: • 54 base chiamata
• 54 base contrattuale

oppure c'è la classificazione ITU-T
International Telecommunications Unit



Ogni tipo di servizio ha una METRICA DI PRESTAZIONE

↳ parametri PRESTAZIONE:

- probabilità di blocco
- tempo di ritardo
- traffico
- Probabilità di perdita-errore

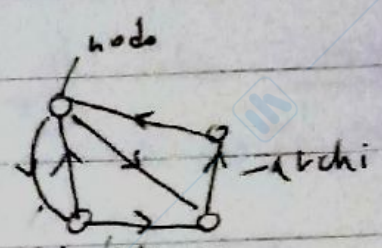
Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
X						

TOPOLOGIE DI RETE

Teoria dei grafi

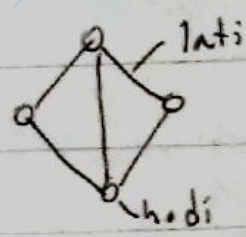
GRAFO ORIENTATO

↳ grado nodo (entranti) = # chi entranti
 ↳ grado nodo (uscanti) = # uscanti

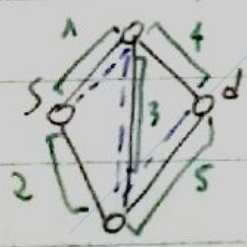


GRAFO NON-ORIENTATO

↳ grado nodo = # lati incidenti



Cammino = percorso tra S ed
 lunghezza sorgente e destinazione






• cammino minimo = cammino più breve tra S ed

• diametro = massimo di cammini minimi tra S ed

• cammino chiuso = cammino dove s=d
 (ciclo)
 parte e finisce nello stesso nodo

le reti possono appartenere a tre tipologie di grafo:

- Albero (tree)  → tutti nodi connessi, ma nessun cammino chiuso
- Anello (ring)  → solo un cammino chiuso
- Maglia (mesh)  → più di un cammino chiuso
 → la maglia che collega tutti i nodi
 si chiama maglia completa (full mesh)

$N = \text{numero nodi}$ $N \leq E \leq \frac{N(N-1)}{2}$

www.unidocs.it

www.unidocs.it

www.



Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
----	----	----	----	----	----	----

No. _____

Date _____

→ le conferme ad anello e taglio sono le più affidabili

www.unidocs.it

www.unidocs.it



www.unidocs.it


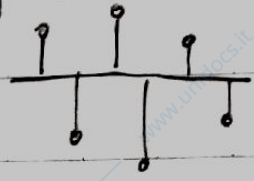
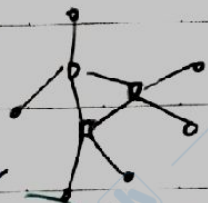
www.unidocs.it

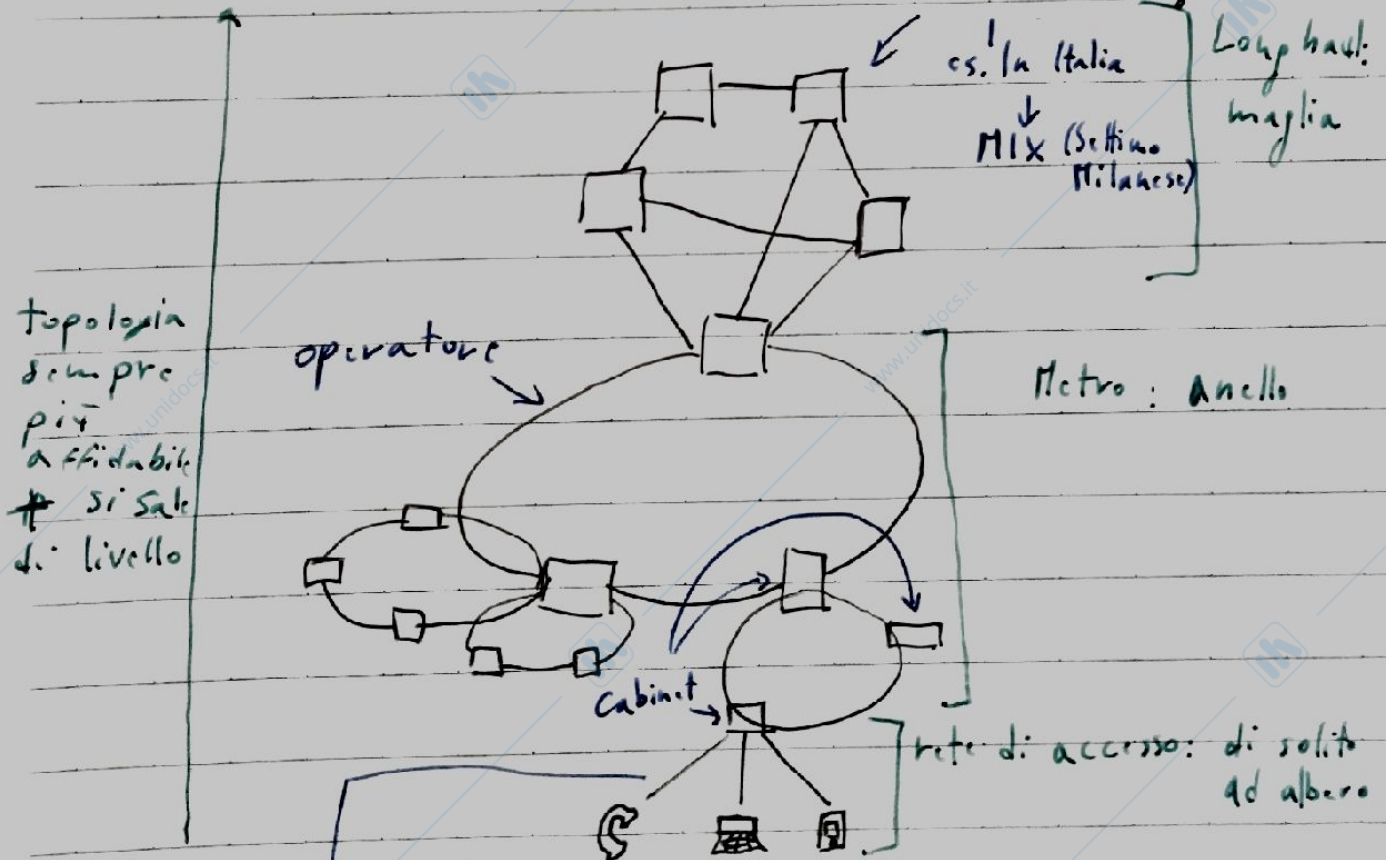
www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

→ + vani di sono + costi di sono + affidabilità c'è
resilienza ai guasti

Altre topologie possibili per una rete:

- stella 
- bus 
- reti complesse - es. maglia + stella 



topologia sempre più affidabile si sale di livello

Modali di utilizzazione vani:

- simplex: va in una sola direzione
- full-duplex: va in due direzioni
- half-duplex: senso unico alternato



Tipi di rete: WAN, LAN, MAN

SORGENTI

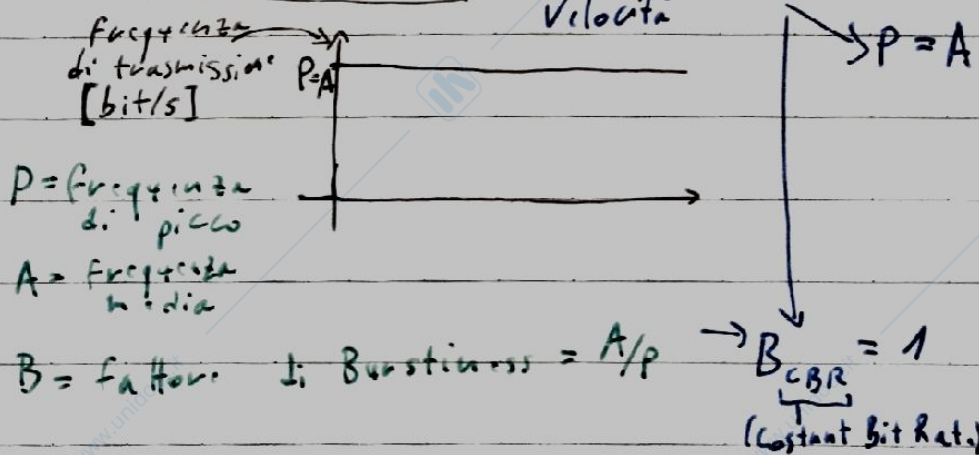
- Tipi:
- numeriche: informazione che si può trasmettere in numeri → es file
 - analogiche: informazione che non si trova in forma numerica

↓
 (es.) voce che viene poi tradotta dal microfono in informazione numerica

La traduzione dell'informazione analogica (funzione nel tempo) avviene grazie al convertitore analogico digitale

1. Modelli di sorgente

- 1.1 Constant Bit Rate: sorgente emette sempre alla stessa

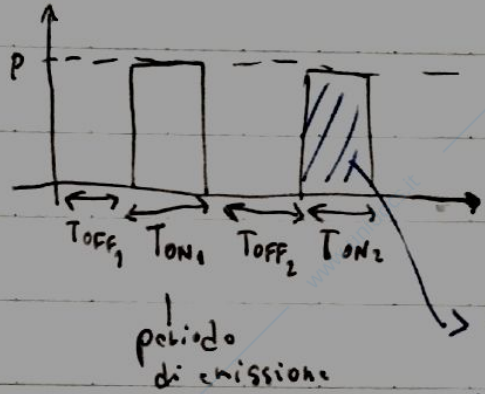




Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
----	----	---------------	----	----	----	----

-1.2 Variable Bit Rate: Alterna periodi di t_x (trasmissione) di bit a frequenza P , con periodi di silenzio
 (VBR) anche detta sorgente on/off

Profilo di emissioni:



$L_{ON} = T_{ON} \cdot P$
 ↓
 quantità di dati emessi
 es. $L_{ON} = 200 \text{ kbit/s} \times 2 \text{ s} = 400 \text{ kbit} = 50 \text{ kbyte}$

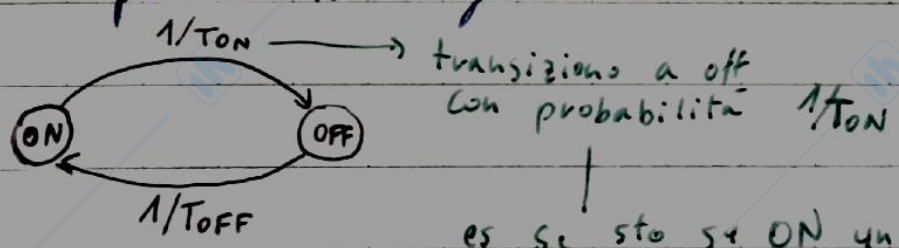
-1.2.1 Sorgente on/off deterministica:

$T_{ONi} = T_{ON} \forall i, T_{OFFi} = T_{OFF} \forall i$

-1.2.2 Sorgente on/off statistica o casuale:

$\{T_{ONi}, T_{OFFi}\}$ sono variabili casuali

→ Diagrammi a stati per modellare sorgente on/off



Probabilità
 ↓ ↓

$$\begin{cases} P_{ON} + P_{OFF} = 1 \\ P_{ON} \cdot \frac{1}{T_{ON}} = P_{OFF} \cdot \frac{1}{T_{OFF}} \end{cases}$$

es. se sto su ON un tempo T_{ON} ho la probabilità che in 1s esca $1/T_{ON}$ volte da ON e vada in OFF

Soluzioni:

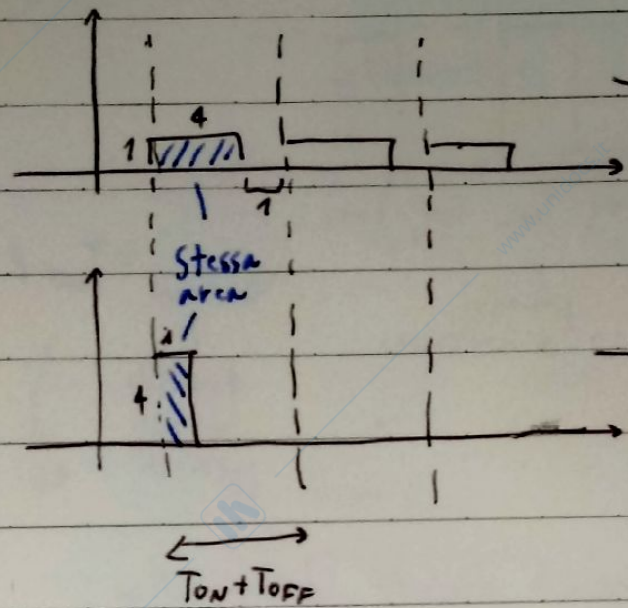
$$P_{ON} = \frac{T_{OFF}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

$$P_{OFF} = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

2 incognite
 ← può essere risolto

$$\rightarrow B = P_{ON} = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

Fattore di Burstiness



$$\rightarrow B_1 = \frac{T_{ON1}}{T_{ON1} + T_{OFF1}} = \frac{4}{4+1} = \frac{4}{5}$$

$$\rightarrow B_2 = \frac{T_{ON2}}{T_{ON2} + T_{OFF2}} = \frac{1}{5}$$

→ Quanto è più basso il fattore di Burstiness più sto in "silenzio" e quando "parlo" lo faccio ad alta velocità

in questo caso si dice **BURSTY**

es sorgente dati = sorgente BURSTY
sorgente voce = sorgente NON-BURSTY

Esercizio: Disegnare il profilo di emissione di una sorg. on/off deterministica.

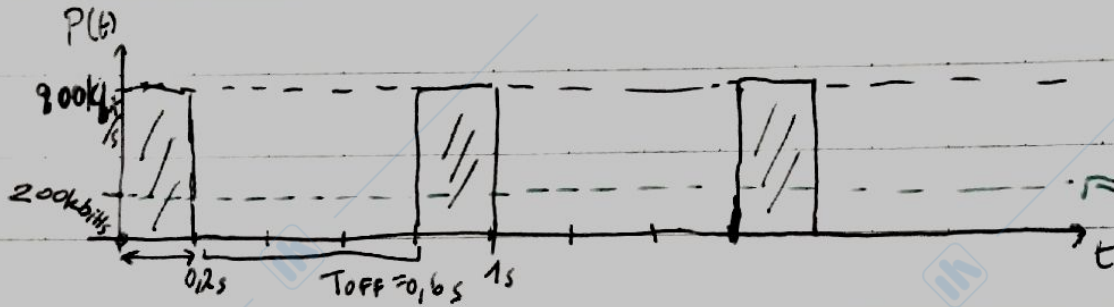
Dati: $P = 800 \text{ k bit/s}$ $T_{ON} = 0,2 \text{ s}$ $B = 0,25$

$$\rightarrow B = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} = \frac{A}{P}$$

Assumo che all'istante 0 inizia il primo periodo di ON



Mo	Tu	W	Th	Fr	Sa	Su
----	----	---	----	----	----	----



→ Trova: $L_{ON} = 800 \text{ kbit/s} \cdot 0,2 \text{ s} = 160 \text{ kbit} = 20 \text{ kbyte}$

$$T_{OFF} = \left(\frac{1-B}{B} \right) T_{ON} = 0,6 \text{ s}$$

$$A = B \cdot P = 800 \text{ kbit/s} \cdot 0,25 = 200 \text{ kbit/s}$$

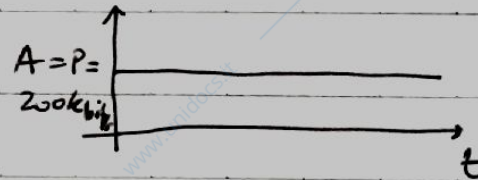
la frequenza media o la frequenza che avresti se la sorgente fosse CBR

Sorgente equivalenti

es. di prima sorgente CBR equivalente al VBR di prima

• CBR

Dati: $A = 200 \text{ kbit/s}$
 $B = 1$



$T_{ON} = ?$ $T_{OFF} = ?$

$T_{ON} = 0,8$ $T_{OFF} = 0$ (non c'è)

quanto valore prima

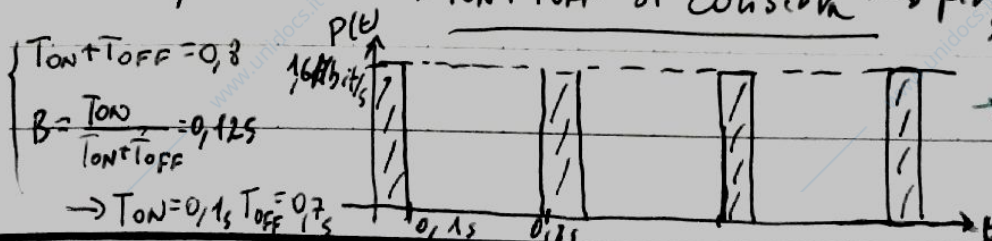
infatti $B = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} = \frac{0,8}{0,8} = 1$

• VBR

Dati: $P' = 2P = 1,6 \text{ Mbit/s}$ → $B = \frac{A'}{P'} = 0,125$
 $A' = A$

In un'altra VBR equivalente

→ $T_{ON} + T_{OFF}$ si conserva → perché è una sorgente equivalente → **SORGENTE + BURSTY**



$T_{ON} + T_{OFF} = 0,8$
 $B = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} = 0,125$
 → $T_{ON} = 0,1 \text{ s}$ $T_{OFF} = 0,7 \text{ s}$



Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
----	----	----	----	----	----	----



per supportare i diversi fattori di burstiness

sono necessarie diverse tecnologie

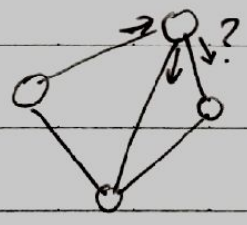
es. burstiness basso

comutazione di pacchetto

SERVIZI DI TRASFERIMENTO DELL'INFORMAZIONE

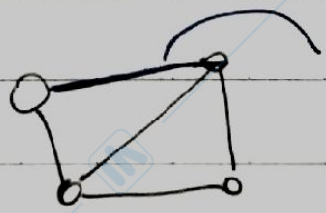
3 componenti chiave:

- Tecnica di COMMUTAZIONE



ti permette di scegliere dove instradare l'informazione

- Tecnica di MULTIPLAZIONE



capacità di dividere la capacità di link

- Architettura protocollo

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari



Commutazione

2 operazioni: - Instradamento

- Altra versamento

servizi base per il trasferimento:

✓ non tengo occupata la rete quando non la uso

✗ devo aspettare il mio turno

- commutazione di pacchetto:
molto l'informazione in un pacchetto, quando arriva al nodo si mette in coda ad altri pacchetti (Buffer) e poi si arriva sul nodo quando è il suo turno

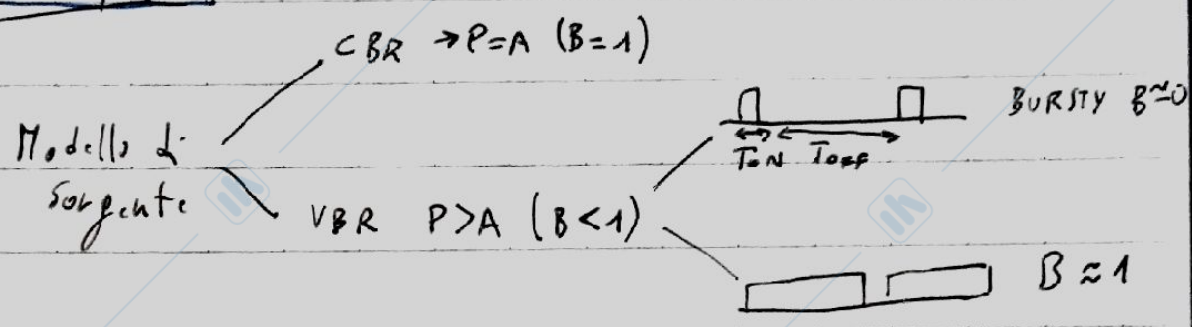
✓ non devo aspettare

✗ tengo occupata la rete anche se non mi serve

- commutazione di circuito:
"prenoto" la rete affinché il pacchetto arrivi al nodo

↳ fattore di burstiness alto

Schemi di ripasso:



Tecniche di commutazione

→ Commutazione di circuito: con dei segnali chiedo di riservarmi della rete e dopo aver finito si libera la capacità che avevo prenotato.

quando $B \approx 1$ ←

→ Commutazione di pacchetto: nei nodi di rete si mettono dei buffer (memorie) e si inviano i pacchetti nei nodi, e se già occupati il pacchetto si mette in coda.

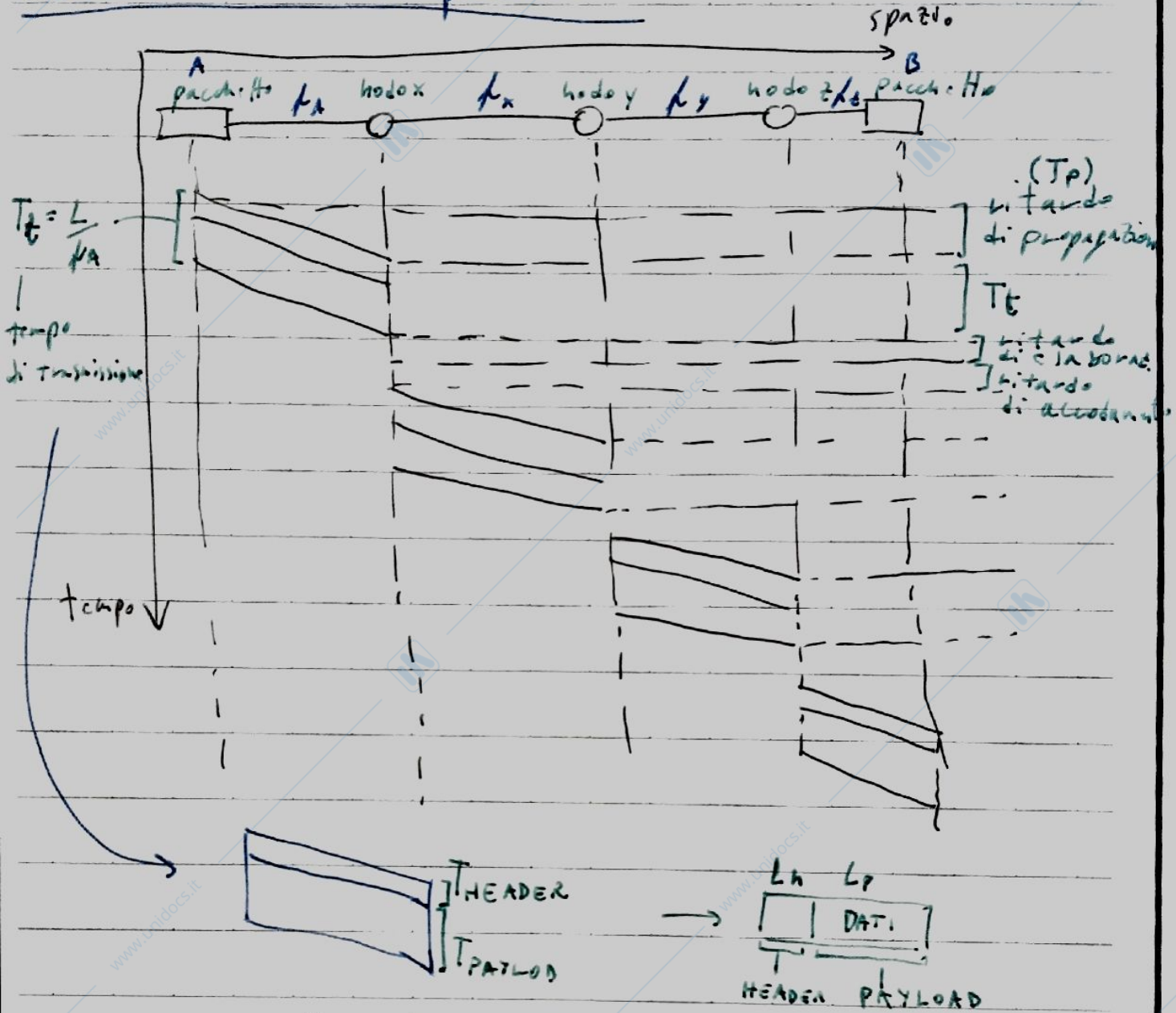
quando $B \approx 0$ ←

Si risparmia capacità

Non sappiamo quanto tempo il pacchetto impiegherà nel buffer



Commutazione di pacchetto



$$T_t = \frac{L_h}{f_o} + \frac{L_p}{f_o}$$

|
frequenza
di trasmissione

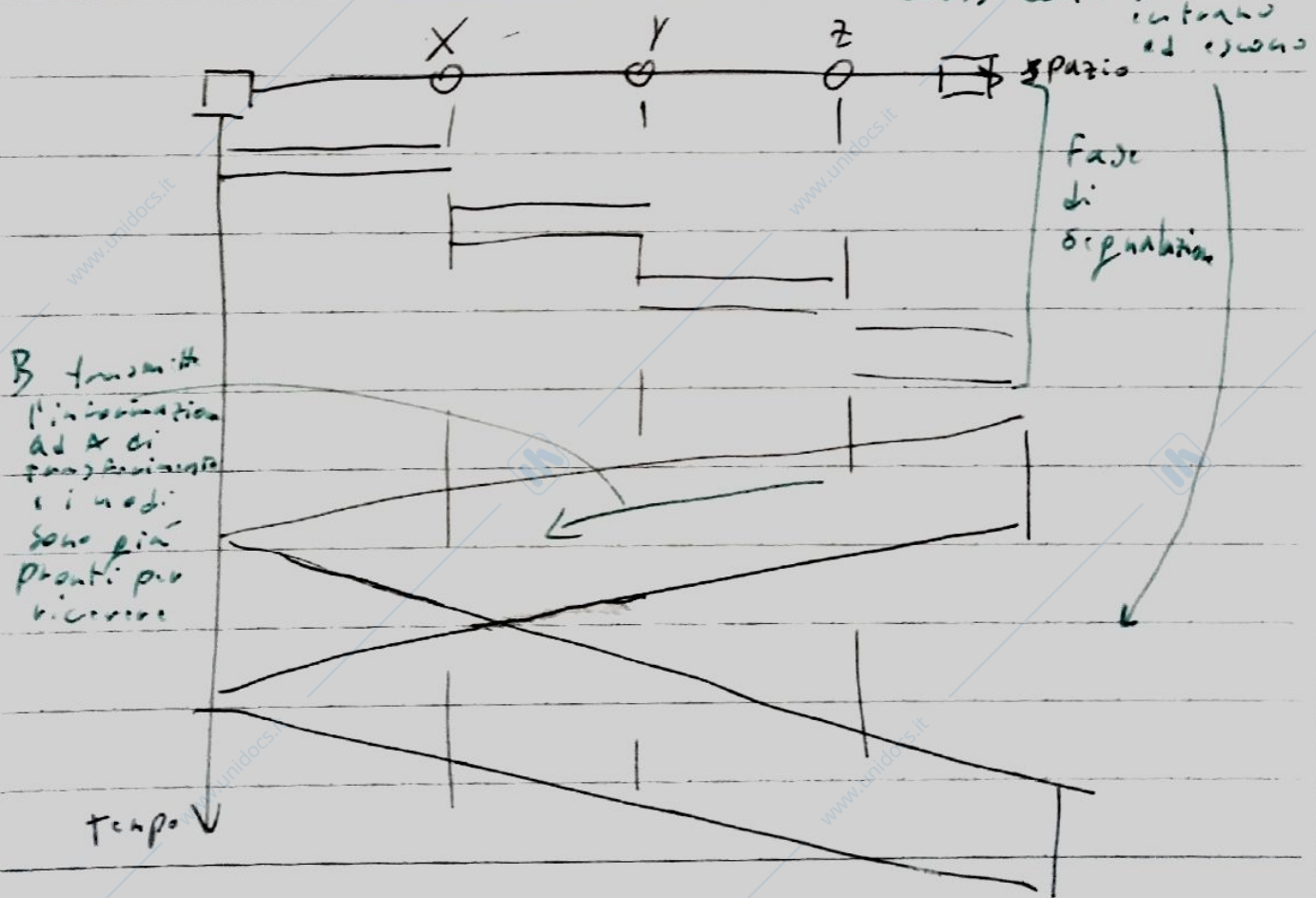
PACCHETTO → STORE & FORWARD

↓
 prima ricevo tutto il pacchetto,
 poi lo elaboro e poi riparto

↓
 Se ho 2 pacchetti, grazie allo store
 & FORWARD, posso inoltrare il
 1° pacchetto mentre il secondo finisce
 di essere ricevuto e elaborato

Commutazione di circuito

gli elementi vengono cross-connessi: entrano ed escono



B transmission
 l'informazione
 ad A di
 trasmissione
 i nodi
 sono già
 pronti per
 ricevere

tempo

servizi per commutazione a pacchetto:

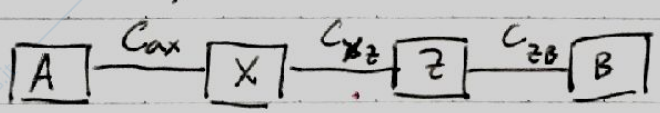
- CL
- CO

Trasparenza temporale: con la commutazione a circuito sai quanto ci metterai il bit ad essere trasferito

Trasparenza semantica: se non perde bit durante il trasferimento

Esercizio

capacità = frequenza



$C_{ax} = C_{zB} = 1 \text{ Mbit/s}$ in fibra

$C_{xz} = 2 \text{ Mbit/s}$

$d_{ax} = d_{zB} = 1 \text{ km}$

$d_{xz} = 100 \text{ km}$

$T_p = 10 \text{ ms}$

tempo di processing (elaborazione) $L_T = 10000 \text{ byte}$ } 2 pacchetti da 5000 byte
 $L_P = 5000 \text{ byte}$ } # pacchetti $N = \frac{L_{Tot}}{L_P} = 2$

pacchetto (payload) $L_H = 100 \text{ byte}$

header non compreso per adesso

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
			X			

tempo trasmissione

$$T_{tAx} = T_{tZB} = \frac{Lp + Lh}{C_{Ax}} = \frac{5100 \cdot 8}{1 \text{ Mbit/s}} = 40,8 \text{ ms}$$
← poiché c'è 5100 byte

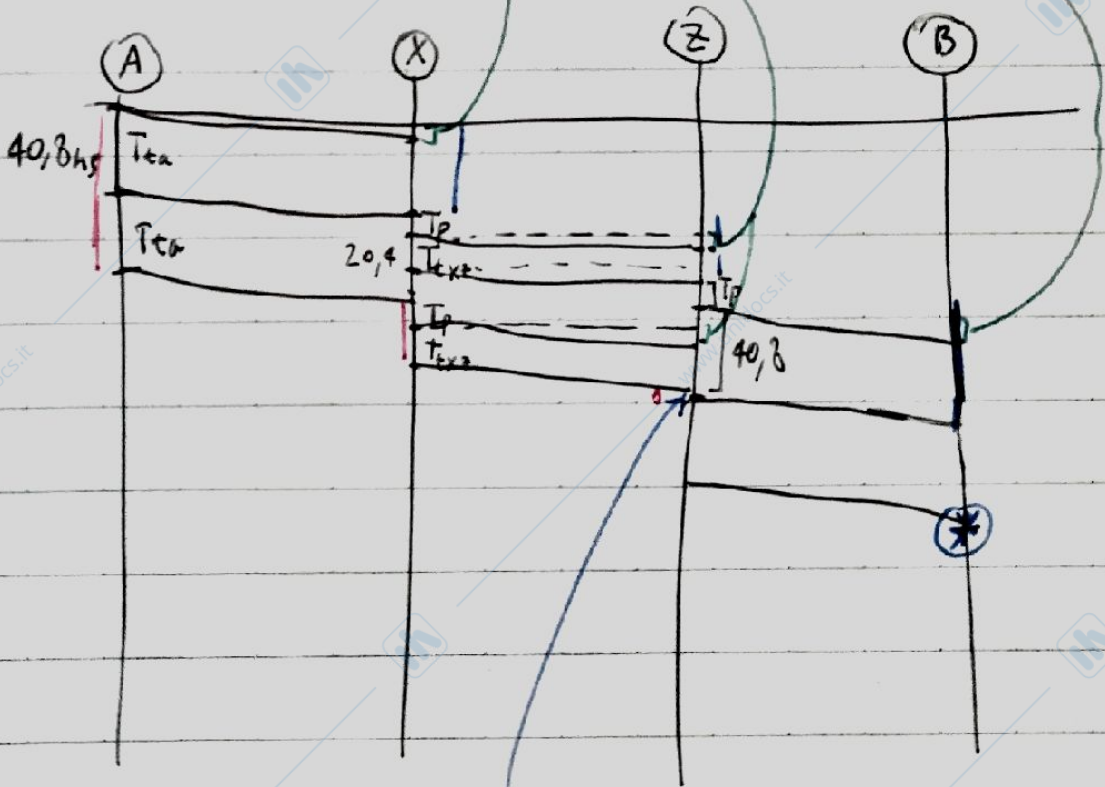
$$T_{txz} = 20,4 \text{ ms}$$

tempo propagation

$$\tau_{Ax} = \tau_{zB} = \frac{d}{c_f} = \frac{1 \text{ km}}{2 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 5 \mu\text{s}$$

velocità della luce nella fibra

$$\tau_{xz} = 500 \mu\text{s}$$



Se il tempo di processing del nodo è prima del tempo in cui si finisce di trasmettere il primo dobbiamo aspettare che il 1° abbia finito

linee in blu

linee in rosso

come si calcola? (tempo di attesa)

$$T_{tAx} + \tau_{Ax} + T_p + \tau_{xz} + T_{txz} + T_p + T_{tZB} \geq 2T_{tAx} + \tau_{Ax} + T_p + T_{txz} + \tau_{xz} + T_p$$



6

No. RETI DI TELE.

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
----	----	----	----	----	----	----

Date 19.09.19

→ in questo caso il tempo è lo stesso

e il tempo in *

$$2T_{ta} + 2\tau_u + T_p + T_{t2} + \tau_{x2} + T_p + T_{ta} + \tau_a = 163,31 \text{ ms}$$

Esercizio (1.1. libro)

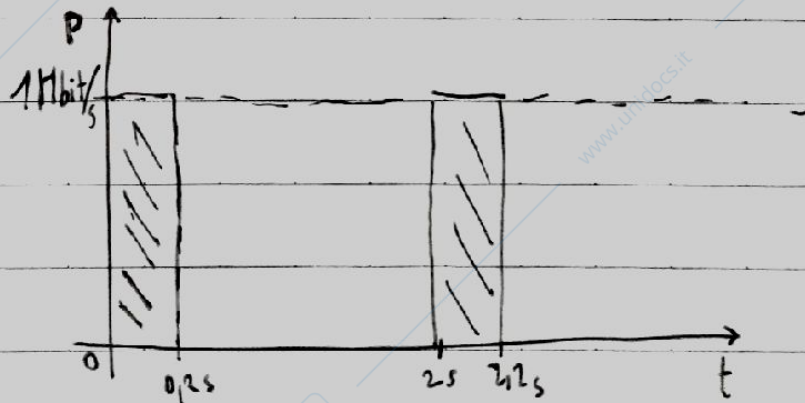
Sorgente on/off

$$P = 1 \text{ Mbit/s} \rightarrow B = 0,1$$

$$A = 100 \text{ kbit/s}$$

$$L = 200 \text{ kbit (emessi durante un tempo di ON)}$$

→ Profilo di emissione:



$$L_{ON} = P \cdot T_{ON} \rightarrow T_{ON} = \frac{L_{ON}}{P} = \frac{200 \text{ kbit}}{1 \text{ Mbit/s}} = 0,2 \text{ s}$$

$$T_{OFF} = \left(\frac{1-B}{B} \right) T_{ON} = 1,8 \text{ s}$$



Esercizio (1.2 libro)

Sorgente on/off

$$A = 10^9 \text{ bit/s} = 100 \text{ kbit/s}$$

$$L = 500 \text{ byte} = 4000 \text{ bit}$$

$$T_{\text{OFF}} = 20 \text{ ms}$$

$$B = \frac{T_{\text{ON}}}{T_{\text{ON}} + T_{\text{OFF}}}$$

$$B = \frac{A}{P}$$

$$L = P \cdot T_{\text{ON}}$$

$$\frac{A}{P} = \frac{\frac{L}{P}}{\frac{L}{P} + T_{\text{OFF}}}$$

$$A \left(\frac{L}{P} + T_{\text{OFF}} \right) = L$$

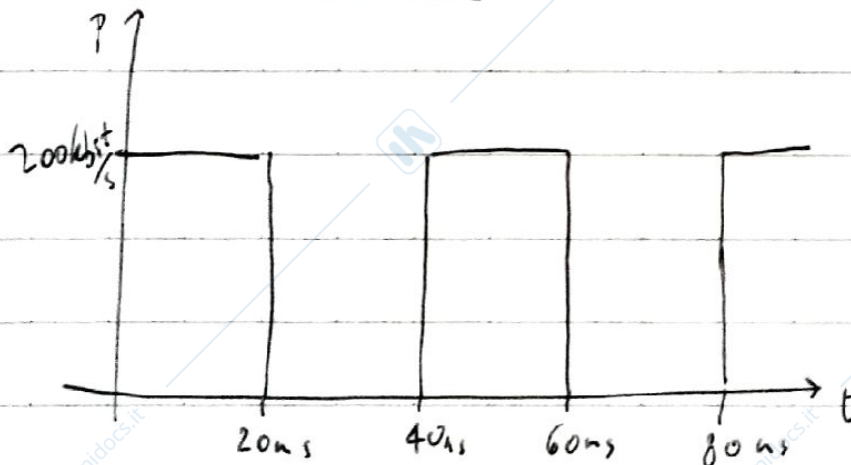
$$AL + AT_{\text{OFF}} \cdot P = L \cdot P$$

$$P = \frac{AL}{L - A \cdot T_{\text{OFF}}} = 200 \text{ kbit/s}$$

$$B = \frac{A}{P} = 0,5$$

$$T_{\text{ON}} = \frac{L_{\text{ON}}}{P} = 20 \text{ ms}$$

→ Profilo di emissione:





3

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
----	----	----	----	----	----	----

Esercizio (1.3 libro)

Sorgente on/off

$A = 150 \text{ kbit/s}$

$B = 0,25$

$L_b = 30 \text{ kbyte} = 240 \text{ kbit}$

$N_b = 4$

Numero
blocchi
di dati
messi

→ Invia solo 4 blocchi

che dobbiamo disegnare
solo 4)

istante di inizio

$t = 0,4 \text{ s}$

solo di un blocco

$L_b = 240 / 4 = 60 \text{ kbit}$

→ $P = \frac{A}{B} = 600 \text{ kbit/s}$

$T_{ON} = \frac{L_b}{P} = 0,1 \text{ s}$

$T_{OFF} = \frac{(1-B) \cdot T_{ON}}{B} = 0,3 \text{ s}$

→ Profilo di emissione:

