**Domanda R1** – In una rete Ethernet 100 Mbps a stella avente un Hub al centro, quale è la lunghezza massima dei collegamenti nel caso in cui l’Hub introduce un ritardo di ritrasmissione pari a 1,5 us?

**Domanda R2** – Tra i seguenti meccanismi di backoff che prevedono la ritrasmissione di una trama in una data finestra misurata in slot quali (o quale) possono essere considerati di tipo esponenziale

* la finestra di ritrasmissione è costante nel tempo
* La finestra di trasmissione è la somma delle due precedenti
* la finestra di ritrasmissione raddoppia ad ogni successiva ritrasmissione
* la finestra di ritrasmissione triplica ad ogni successiva ritrasmissione
* la finestra di ritrasmissione aumenta di due slot ad ogni successiva ritrasmissione

**Domanda R3** – In un bridge, il processo di learning si basa sulle seguenti informazioni:

* Indirizzo origine della trama in ingresso
* Indirizzo destinazione della trama in ingresso
* Sia indirizzo origine che destinazione della trama in ingresso
* Tipo della trama
* “Time to Live” della trama
* Altro

**30-06-09Domanda R1** – Tra le differenze (vantaggi o svantaggi) della commutazione a circuito rispetto alla commutazione di pacchetto possiamo citare:

* Maggiore overhead nel trasporto dell’informazione SI NO UGUALE
* Necessità di una procedura preliminare di segnalazione SI NO UGUALE
* Maggiore robustezza a rottura dei commutatori SI NO UGUALE
* Maggiore efficienza nel trasporto di traffico VBR SI NO UGUALE
* Garanzie di trasparenza temporale SI NO UGUALE

1. NO
2. SI
3. NO (al limite, UGUALE = ½ risposta)
4. NO
5. SI

**30-06-09Domanda R2** – Un collegamento che usa un protocollo a finestra scorrevole con W=7 è caratterizzato da un ritardo di andata/ritorno RTT=50ms e da messaggi di dimensione M=1000 bytes.

1. Fino a quale capacità C (kbps) del collegamento si riesce a rimanere in condizione di trasmissione continua?
2. Cosa cambia se W=1?

Trasmissione continua se W\*M/(RTT + M/C) >= C 🡪 (ponendo uguaglianza) 🡪 C = M(W-1)/RTT = 960 kbps

Nel caso W=1 il protocollo diventa stop&wait e quindi non si ha MAI trasmissione continua

**30-06-09Domanda R3** – In OSI che differenza c’e tra una MSDU ed una MPDU?

**30-06-09Domanda R4** – i) Cosa si intende per “piggybacking”? ii) ed in quale campo di quale tipo di trama HDLC l’informazione di piggyback è trasportata?

**30-06-09Domanda R5** – Si circolino i bit di stuffing per la seguente parte di sequenza ricevuta:

…01000011111**0**111100101011111**0**011111**0**01010…

**30-06-09Domanda R6** – Un operatore cellulare copre un’area dove l’attenuazione scende con la distanza secondo un esponente η=3,4.

1. Calcolare la dimensione di cluster, usando antenne omnidirezionali, al fine di garantire un rapporto segnale/interferente a bordo cella non inferiore a 15 dB.
2. Come cambia il risultato usando celle trisettorizzate?

Caso omni: 10^(s/10) = (3K)^(h/2)/6 🡪 imponendo h=3.4 e s=15, si ottiene k=7.3 🡪 pertanto K=9 (K=8 NON e’ cluster accettabile)

Caso tri: 10^(s/10) = (3K)^(h/2)/2 🡪 k=3.8 🡪 pertanto K=4

**30-06-09Esercizio 1** – Un sistema di trasmissione è composto da due posti in coda piu’ una linea di trasmissione primaria di

capacità C1 bps, ed una linea secondaria di capacità C2 bps (differente da C1). Al sistema è offerto traffico a pacchetto. I pacchetti, la cui lunghezza e’ distribuita esponenzialmente con valor medio L, arrivano secondo un processo di poisson con tasso λ. Il sistema opera come segue:

* Inizialmente è attiva la SOLA linea primaria.
* Quando i due posti in coda sono pieni, ED arriva un nuovo pacchetto, si attiva ANCHE la linea secondaria per trasmettere il nuovo pacchetto che, altrimenti, sarebbe perduto.
* Una volta attivata la linea secondaria, i pacchetti rimanenti in coda vengono smaltiti da entrambe le linee
* La linea secondaria si disabilita quando non ci sono piu’ pacchetti che essa puo’ servire.
* E cosi’ via.

Si chiede di:

1. Modellare questo sistema come una catena di markov, facendo attenzione a minimizzare il numero di stati necessari
2. Scrivere le equazioni che permettono di risolvere la distribuzione stazionaria della catena.
3. Calcolare la probabilita’ di perdita dei pacchetti.
4. Calcolare il ritardo MEDIO dei pacchetti per attraversare l’intero sistema (coda + servizio)
5. Calcolare la percentuale di tempo in cui la linea secondaria e’ attiva.

Perdita = prob stazionaria stato C1C2Q2

Ritardo: da Little E[T] = E[N] / lambda, dove

E[N] = 1 \* [P(C1Q0)+P(C2Q0)] +

+ 2\* [P(C1Q1)+P(C1C2Q0)] +

+ 3 \* [P(C1Q2) + P(C1C2Q1)] +

+ 4 \* [P(C1C2Q2)]

E lambda = traffico accettato = lambda (1-perdita)

Utilizzo C2: somma prob stazionaria stati dove C2 e’ presente (ovvero tutta la seconda riga della catena)…

**30-06-09Esercizio 2** – Un operatore copre il centro di un paese con una cella in cui sono disponibili 16 canali. In condizioni normali il grado di servizio è una probabilità di blocco delle chiamate non superiore a 1%. Durante una festa di paese, l’operatore prevede un incremento del traffico offerto pari a +35%.

1. Quale sarebbe il traffico smaltito risultante ove l’operatore non facesse nulla?
2. Quanti canali supplementari, per l’occasione, l’operatore deve installare al fine di continuare a garantire una probabilità di blocco non superiore all’1%?

16 canali, GoS 0.01 🡪 A0 = 8.8750

35% in piu’ 🡪 A0 = 8.8750\*1.35 = 11.98 approx 12

Traffico smaltito: As = A0 \* (1-Pbl) = 12 \* (1-0.06) = 11.28

Dimensionamento: C=20 canali 🡪 4 canali in piu’

**15-06-09Domanda R1** – Si illustrino le differenze principali tra commutazione a circuito virtuale e commutazione a circuito tradizionale. *NB: solo le differenze.*

**15-06-09Domanda R2** – Da tabella apposita, si rileva che, per 400 circuiti, una probabilità di blocco di 0.01 può essere garantita offrendo un traffico non superiore a circa 375 Erlang. Avendo a disposizione 500 circuiti, quale tra queste tre alternative (sapendo a priori che uno dei tre valori forniti è quello corretto) è il traffico massimo offribile nella medesima assunzione di probabilità di blocco di 0.01? E, soprattutto, PERCHE’? (una risposta esatta SENZA motivazione sarà considerata solo come risposta parziale).

* Circa 450 Erlang
* Circa 469 Erlang
* Circa 474 Erlang

Per rispondere alla domanda bisogna ragionare. Si comincia col notare che una estrapolazione lineare avrebbe portato alla seconda risposta:

375:400 = x : 500 🡪 x approx 469 (oppure, piu’ direttamente, siccome 500 circuiti è un incremento del 25% delle risorse, un corrispondente incremento del 25% del traffico darebbe 375\* 1.25 = 469)

D’altro canto, a lezione abbiamo insistito sul concetto di Trunking gain (guadagno di multiplazione), sottolineando che a parità di GoS, un aumento del numero di circuiti di un dato fattore K porta ad un aumento MAGGIORE di K per il traffico offerto. O, in altre parole, che la formula B di erlang non è lineare.

Ora, poiche’ 450 erlang rappresenterebbe un incremento del traffico meno che lineare, 469 rappresenterebbe un incremento lineare, e l’unica soluzione che porta ad un incremento più che lineare è 474, ne consegue che quest’ultima è la soluzione corretta (nell’assunzione, ovviamente, che una delle tre soluzioni sia corretta).

**15-06-09Domanda R3** – Si trasmetta la sequenza 000111111111110001111100 su un collegamento HDLC, applicando la relativa procedura di bit stuffing.

00011111**0**11111**0**100011111**0**00

**15-06-09Domanda R4** Si vuole trasferire un file di 5.000 bytes attraverso un collegamento punto-punto. Il trasferimento del file è gestito da un protocollo a finestra scorrevole che adotta le seguenti assunzioni:

* Dimensione della PDU = 1000 bytes
* Finestra = 3 trame
* Dimensione degli ACK = trascurabili
* Capacità del collegamento = 1.6 Mbps (per direzione)
* Ritardo di propagazione 12 ms (quindi RTT=24 ms).
* Nessun errore in trasmissione.

1. Si calcoli il tempo che intercorre dall’inizio della trasmissione della prima PDU alla ricezione dell’ACK per l’ultima PDU.
2. Si ripeta il cacolo assumendo che il tempo di trasmissione dell’ACK NON sia trascurabile, ma la dimensione dell’ACK sia di 200 bytes.

(tempi in ms; tempo TX = 8000/1600000 = 5 ms):

5 (trasm prima PDU) + 24 (ricezione ACK per PDU1, in parallelo trasm PDU 2 e 3) + 10 (tx quarta e quinta PDU) + 24 (ricezione ultimo ACK) = 63 ms

Nel caso di ACK non trascurabile (200 bytes 🡪 1600 bit 🡪 1 ms tempo di TX)

5 (trasm prima PDU) + 24 + 1 (ricezione ACK per PDU1, in parallelo trasm PDU 2 e 3) + 10 (tx quarta e quinta PDU) + 24 +1 (ricezione ultimo ACK) = 65 ms

**15-06-09Domanda R5** Un operatore radiomobile copre un’area territoriale con celle esagonali tri-settorizzate di raggio 0.5 Km. Al fine di fornire una qualità di chiamata soddisfacente, è necessario garantire una interferenza cocanale non inferiore a 11 dB. Assumendo che l’attenuazione del segnale segue una legge d-η, con η=4, assumendo che l’operatore disponga di 36 frequenze, assumendo che su ogni frequenza l’operatore può trasmettere 8 conversazioni vocali, ed assumendo che ogni utente genera 15 mErl di traffico, si calcoli la densità massima di utenti per Km quadrato che l’operatore è in grado di gestire con una probabilità di blocco non superiore al 5%.

Il testo riportava per errore 11 dB invece di 17 dB. Con 17 dB:

10^(1.7) = (3k)^2 / 2 🡪 k=3.39 🡪 k=4

36 freq / 4 / 3 = 3 freq/settore = 24 canali/settore

Dalla tabella erlang B per 24 canali e 0.05 blocco, A0 = 19 erl/settore

Area settore = sqrt(3)/8 km2 🡪 erl/km2 = 19/area = 87.75 🡪 densità utenti = 5850 utenti/km2

Con 11 dB:

10^(1.1) = (3k)^2 / 2 🡪 k=1.67 🡪 k=3

36 freq / 3 / 3 = 4 freq/settore = 32 canali/settore

Dalla tabella erlang B per 32 canali e 0.05 blocco, A0 = 26.75 erl/settore

Area settore = sqrt(3)/8=0.2165 km2 🡪 erl/km2 = 26.75/area = 123.55 🡪 densità utenti = 8234 utenti/km2

**15-06-09Domanda R6** – Si illustri (aiutandosi con un esempio contenente numeri di telefono fittizi) l’instradamento di una chiamata verso un cellulare GSM nell’ipotesi che a) la chiamata sia generata da un utente su rete fissa in Italia, e b) sia destinata ad un utente TIM attualmente in germania, in Roaming sulla rete T-Mobile tedesca.

**15-06-09Domanda R9** – Un internet service provider dispone di 40 modem a cui si connettono utenti per una sessione di durata media di un ora. Durante ogni sessione, un utente genera traffico a pacchetto ad un rate medio di 26950 bps, con pacchetti di lunghezza esponenziale con valor medio 1000 bytes. Il traffico ricevuto dai modem viene instradato verso un multiplatore assunto a coda infinita (coda M/M/1), e collegato ad una linea di capacità 1 Mbps. Da misure effettuate, si rileva che i pacchetti sono soggetti ad un ritardo medio di 100 ms.

1. Quale è l’attuale frequenza di arrivo (arrivi/minuto) delle richieste di connessione ai modem da parte degli utenti?
2. Quanti modem supplementari l’ISP deve installare per ottenere una probabilità di blocco minore o uguale ad 1%?

[VALORI ERLANG B]

Ao=30.50 B=0.017062

Ao=31.00 B=0.020017

Ao=31.50 B=0.023275

Ao=32.00 B=0.026838

Ao=32.50 B=0.030703

Ao=33.00 B=0.034864

Ao=33.50 B=0.039311

Ao=34.00 B=0.044032

Ao=34.50 B=0.049015

Ao=35.00 B=0.054244

Ao=35.50 B=0.059701

Ao=36.00 B=0.065370

Ao=36.50 B=0.071231

Ao=37.00 B=0.077268

Ao=37.50 B=0.083460

Ao=38.00 B=0.089791

Ao=38.50 B=0.096243

Ao=39.00 B=0.102798

Ao=39.50 B=0.109441

Ao=40.00 B=0.116156

Mu = C/L = 1000000/8000 = 125 p/s

1/(mu-lambda) = 0.1 🡪 lambda = 115 p/s

Traffico attualmente smaltito in erlang dai modem: 26950/8000 \* As = 115 🡪 As = 34.13 erlang

Da tabella, risolvendo l’equazione As = Ao (1-B(Ao)) nell’incognita Ao per tentativi, Ao=37 erl 🡪 freq 0.61 richieste/minuto

Modem necessari = 49

**15-06-09Domanda R10** – Un sistema a coda è composto da un servente e da due posti in coda. Al sistema arrivando due tipologie di utenti, utenti A ed utenti B. Gli utenti A sono serviti ad un tasso Amentre gli utenti B sono serviti ad un tasso B. Gli utenti A e B sono equiprobabili, e sono complessivamente offerti al sistema con tasso Tuttavia gli utenti B hanno una importante differenza rispetto agli utenti A: si scoraggiano se vedono la coda non vuota. In particolare, un utente B che trova il servente occupato NON entra nel sistema con probabilità 25%, e tale probabilità aumenta al 50% se l’utente trova in coda un ulteriore utente (a prescindere dal tipo). Si chiede di:

1. Modellare il sistema come una catena di markov
2. Scrivere (senza risolvere) le equazioni che permettono di determinare la distribuzione stazionaria del sistema
3. Calcolare la probabilità di perdita di un utente di tipo A
4. Calcolare la probabilità di perdita (che include la probabilità che un utente se ne vada perche’ scoraggiato)di un utente di tipo B

**22-06-09Domanda R1** – Si dimostri che, detto = < 1 il fattore di utilizzo di una coda M/M/1 con infiniti posti in coda, il numero medio di clienti nella SOLA fila di attesa è dato da2/(1-). Ove servisse, si ricorda che, per a<1,



Numero posti nella sola coda = numero posti nel sistema – numero posti nel servente.

Il numero posti nell’intero sistema e’ dato dalla teora (v. dispense): rho/(1-rho)

Il numero posti nel servente ‘ 1- pi\_0 = rho

Da qui il risultato.

**22-06-09Domanda R2** – Un server si trova su una rete locale Ethernet connessa ad internet attraverso un gateway (router). Allo stesso server sono connessi due utenti remoti su Internet. Un utente A sta accedendo al server tramite una applicazione web (protocollo HTTP, su trasporto TCP). L’altro utente B sta accedendo tramite una applicazione di video streaming in tempo reale (protocollo RTP, su trasporto UDP). Se ci limitiamo a guardare l’header delle trame Ethernet (formato Ethernet II, ovvero indirizzo destinazione, indirizzo origine, tipo) che viaggiano sul collegamento tra il router ed il server, e confrontiamo gli header delle trame che contengono informazione generata dall’utente A con quelli delle trame che contengono le informazioni generate dall’utente B, possiamo dire:

1. Gli header Ethernet sono identici (stesso indirizzo origine, destinazione e tipo)
2. Gli header Ethernet hanno lo stesso indirizzo destinazione e stesso tipo, ma differiscono nell’indirizzo origine.
3. Gli header Ethernet hanno lo stesso indirizzo origine e destinazione, ma differiscono nel tipo in quanto questo campo contiene un diverso valore di porta (80 per il servizio web, altro valore per il servizio video)
4. Gli header Ethernet hanno lo stesso indirizzo origine e destinazione, ma differiscono nel tipo in quanto questo campo contiene un diverso valore a causa del differente protocollo di trasporto (TCP vs UDP)
5. Come la (3), ma con diverso indirizzo origine
6. Come la (4), ma con diverso indirizzo origine
7. TUTTI i 3 campi indirizzo origine, destinazione e tipo,. sono differenti .

(Spazio per eventuali commenti – *suggerimento: per rispondere correttamente alla domanda basta ricordare i concetti di base dell’OSI*)

Risposta 1.

* Stessa destinazione è ovvio;
* Stessa origine perche’ il MAC di origine e’ l’interfaccia di rete del router, NON il terminale remoto!
* Stesso tipo perche’ il tipo contiene il protocollo di strato superiore (ovvero strato 3, ovvero IP). TCP/UDP sono protocolli di strato 4, le porte sono indirizzi di strato 4.

**22-06-09Domanda R3** – Quali tra i seguenti valori di cluster sono valori validi?

* K=16
* K=17
* K=18
* K=19
* K=20

Basta ricordare che un cluster è dato da k = i^2 + i j + j^2 per i, j interi. Pertanto K=16 (i=2,j=0 o viceversa) e K=19 (i=3, j=2 o viceversa) sono le uniche due combinazioni possibili.

**22-06-09Domanda R4** – Confrontando la commutazione a circuito virtuale (CCV) e la commutazione a pacchetto (CP), si scriva quale tra del due tipologie di commutazione è preferibile in relazione alle metriche seguenti (si risponda dicendo CCV o CP se questa tipologia di commutazione è superiore; UGUALE se le due tipologie sono analoghe in relazione ad una data metrica).

* Basso overhead in termini di trasporto dell’informazione
* Ritardo nullo o minimo nell’instaurazione del collegamento
* Supporto per multiplazione statistica
* Minima variazione nel ritardo di trasferimento (trasparenza temporale)
* Robustezza a rotture dei nodi di commutazione
* Tempo di elaborazione al nodo (NB: metrica = tempo di “lookup” tabella instradamento)

1. CCV (header CCV più piccolo di header CP)
2. CP (CCV prevede setup via segnalazione)
3. UGUALE (entrambe la supportano),
4. UGUALE (nessuna delle due garantisce bassa variazione del ritardo, proprio a causa dei possibili fenomeni di incodamento causati da multiplazione statistica),
5. CP (Internet era stato pensato per questo! Nel caso CCV la rottura del nodo prevede l’apbbattimento del percorso in rete)
6. CCV (le tabelle di instradamento hanno dimensione necessariamente minore, dovendo elencare solo i mappaggi tra label in ingresso e label in uscita; nel CP e’ necessario mantenere informazioni per instradare tutte le possibili destinazioni finali!)

**22-06-09Domanda R5** – Un collegamento ha capacità 480 kbps e ritardo di propagazione 40 ms per tratta. Su tale link vengono trasmesse trame di dimensione 1200 bytes, usando un protocollo a finestra scorrevole. Si calcoli il throughput risultante nell’ipotesi che la dimensione della finestra sia:

1. W=4
2. W=8

Infine,

1. Ai fini del throughput, e’ conveniente, nel caso (a) raddoppiare la dimensione del messaggio, contestualmente riducendo la finestra di un fattore 2?
2. E nel caso (b)?
3. **4 \* 1200 \* 8 / (0.080 + 9600/480000) = 384000 bps**
4. **480000 bps (siamo in condizione di tx continua)**
5. **Cambia: il thr risulta minore. Oppure basta notare che**

**w/2 \* 2m / (rtt + 2m/c) = w m / (rtt + 2m/c) < w m / (rtt + m/c)**

1. **Non cambia: rimaniamo in condizione di tx continua**

**22-06-09Domanda R6** – Un operatore radiomobile deve coprire un percorso autostradale con stazioni radiobase distanti tra loro 500 metri. Il segnale si attenua secondo una legge d-η, con η=3. Al fine di garantire la comunicazione, è necessario imporre un rapporto segnale/interferenza maggiore o uguale a 19 dB. Nell’ipotesi di celle settoriali (ogni stazione radiobase emette il segnale in una sola direzione), si calcolino quante frequenze occorrono per coprire il tratto autostradale.

**Siano n le stazioni radiobase che usano frequenze distinte. Si ha caso peggiore di interferenza cocanale per una stazione mobile che si trova all’estremità della “cella”, ovvero in prossimità della stazione successiva. Per tale stazione la distanza dalla BS interferente è d=(n+1) \* r [Si faccia un disegno se non fosse immediato].**

**Per garantire la comunicazione basta scegliere il minimo n intero che soddisfa alla disequazione:**



**22-06-09Domanda R9** – Una centrale telefonica dispone di 20 circuiti. Per far fronte a sovraccarichi, l’operatore mette a disposizione 12 circuiti supplementari di “trabocco”, atti ad accomodare le chiamate che trovano tutti i circuiti della centrale occupati. Alla centrale sono attestati 640 utenti. Il 75% di questi utenti genera 1/30 di erlang ciascuno. I rimanenti utenti generano chiamate di durata media 7’30’’ ad un tasso di una chiamata ogni due ore.

1. Assumendo che il traffico di trabocco sia ancora di Poisson (cosa assolutamente non vera in realtà, NB), quale è il traffico smaltito dai SOLI 12 circuiti di trabocco?
2. Quale e’ la probabilità che una chiamata sia bloccata (ovvero che trovi occupati sia tutti i circuiti della centrale sia tutte le linee di trabocco)?

*[Ove servisse, si approssimi il traffico di trabocco all’intero più vicino]*

Ao = ¾ \* 640 \* 1/30 + ¼ \* 640 \* 1/8 \* ½ = 26 erl (NB: 7’30’’ = 1/8 di ora)

Detta B(C,A) la formula di Erlang B [non uso approssimazioni in quanto sto calcolando la B con il sw; all’esame avreste approssimato),

1. Traffico di trabocco At = Ao \* B(20, 26) = 26 \* 0.3018 = 7.84; assumendo poisson (!!!), il traffico smaltito da linee di trabocco sarebbe At \* (1-B(12,At)) = 7.84 \* (1-0.0471) = 7.476
2. Per perdita complessiva continuando ad usare l’approssimazione (malsana!) risulterebbe blocco = (prob chiamata bloccata sulle linee primarie) \* (prob chamata bloccata anche sulle linee di trabocco) = 0.3018\*0.0471 = 0.01423

E’ interessante notare come questo risultato sia significativamente diverso da quello ottenuto senza approssimazioni. In questo caso si puo’ ragionare cosi’ (meno immediato, ma decisamente piu’ elegante e soprattutto senza alcuna approssimazione – non richiesto comunque).

PRIMA calcoliamo la perdita complessiva, notando che in ultima analisi tale perdita e’ quella di un sistema equivalente che ha 20+12 linee ed a cui e’ offerto il traffico Ao, ovvero: B(37,26) = 0.04121 (NB la significativa differenza!!)

POI calcoliamo il traffico smaltito dalle linee di trabocco come segue: il traffico offerto Ao=26 erl si suddivide in tre rivoli:

* Traffico smaltito dalle 20 linee primarie Ap
* Traffico smaltito dalle 12 linee di backup Ab
* Traffico perduto Ax

Poiche’ la somma deve fare Ao, otteniamo Ao = Ap + Ab + Ax ovvero 26 = (1-3018) \* 26+ Ab + 0.04121 \* 26 da cui Ab = 6.7748 (notate ancora la significativa differenza!!)

**22-06-09Domanda R10** – Un sistema a coda A è composto da un servente che opera con tasso di servizio  e da un posto in coda. In parallelo, opera un sistema B esattamente analogo. Al sistema arrivano pacchetti in uscita da un bilanciatore di traffico che opera come segue: riceve in ingresso un flusso poissoniano di pacchetti a tasso , ma smista(in un tempo nullo, ovvero senza perdita) tali pacchetti alternativamente verso il sistema A e B. Per “alternativamente” si intende quanto segue: se un pacchetto viene inoltrato verso A, il pacchetto successivo viene inoltrato verso B, e cosi’ via. Si chiede di:

1. Modellare il sistema A (o equivalentemente B) come una catena di markov, identificando gli stati necessari e le relative transizioni di stato;
2. Scrivere le equazioni che permettono di determinare la distribuzione stazionaria della catena di markov determinata;
3. Determinare la probabilita’ di perdita
4. Determinare il tempo medio di attraversamento del sistema da parte di un pacchetto.

*SUGGERIMENTO – Anche se il tempo di interarrivo tra due pacchetti al bilanciatore di traffico è esponenziale negativo, il tempo di interarrivo tra due pacchetti allo specifico sistema A NON è più esponenziale, in quanto il bilanciatore di traffico opera in modo deterministico, inoltrando al sistema considerato un pacchetto si ed uno no. Ma se, complicando la descrizione dello stato del sistema, riuscissimo a tenere in debito conto questa alternanza, potremmo ricondurci ad un sistema markoviano…*

Questo esercizio è un caso importante studiato nella teoria delle code. Infatti la coda che chiedevo di modellare è una coda in il processo di arrivo segue una distribuzione chiamata Erlang2.

Lo si affrontava cosi’.

Il problema che impedisce un modello markoviano è che il tempo tra due arrivi consecutivi NON è esponenziale negativo, ma è la SOMMA di due variabili casuali esponenziali. Ma il processo puo’ essere reso markoviano nel momento in cui introduciamo un flag che ci dice “a che punto è” il tempo di interarrivo, ovvero se sono nella PRIMA variabile casuale esponenziale o nella SECONDA, ovvero in quale “stage” mi trovo. Per convenienza chiamiamo gli stage A e B sottintendendo che nello stage A il prossimo pacchetto arriva nella coda A (ovvero siamo nel secondo stage), mentre nello stage B non ci sara’ arrivo di pacchetto nella coda A, perche’ il pacchetto che arriva sara’ smistato verso la coda B (ovvero siamo nel primo stadio, ovvero nella prima delle die v.c. esponenziali che dobbiamo attendere prima che il pacchetto arrivi).

Con questa idea, lo stato è descritto dalla coppia: (stage, numero clienti nel sistema) Per un totale di 6 stati. La catena è illustrata in figura.

Il resto è ordinaria amministrazione:

Prob. Perdita = Pi\_A,2

Ritardo = E[N]/lambda\_accettato = [(Pi\_A,1+P\_B,1)\*1 + (Pi\_A,2+P\_B,2)\*2]/ [lambda (1-Prob\_Perdita)]

**08-09-09Domanda R1** – Assumendo che il processo di arrivo di chiamate ad una centralina sia dato da un processo di Poisson con tasso 12 chiamate/minuto,

* Quale è il tempo medio di interarrivo, in secondi, tra due chiamate?
* Quale è la probabilità che il tempo di interarrivo tra due chiamate consecutive sia maggiore di 15 secondi?
* Quale è la probabilità che in un intervallo di 10 secondi arrivino esattamente 2 chiamate?

Lambda = 12/60

Tempo interarrivo medio = 1/lambda = 60/12 = 5 s

P(interarrivo maggiore di 15 s) = exp(-lambda 15) = exp(-3) = 4.97%

P(2 chiamate in 10 secondi) = (lambda t)^2 exp(-lambda t) / 2! = 27.07%

**08-09-09Domanda R2** – Un operatore radiomobile deve coprire un’area con stazioni radiobase omnidirezionali, collocate regolarmente sul territorio e formanti una griglia esagonale. Il segnale si attenua secondo una legge d-η, con η=3.6. L’operatore ha a disposizione 32 canali di trasmissione (frequenze), e decide di utilizzare un cluster pari a 4. Si calcoli:

* Il rapporto segnale/rumore, in dB, garantito ad un utente a bordo cella;
* Il numero di utenti per cella che l’operatore è in grado di servire, nell’ipotesi che
  + Ogni utente genera traffico pari a 12 millierl
  + L’operatore vuole garantire una probabilità di blocco di chiamata non superiore al 3%
* La densità di utenti per km^2 che l’operatore è in grado di servire, nell’ipotesi che
  + La distanza tra due stazioni basi adiacenti sia di 500 mt

S/I = 1/6 \* (3k)^h/2 = 14.6 🡪 in dB, 11.64

Utenti/cella: dalla Erlang B inversa, E(Ao,32/4) = 0.03 🡪 Ao = 3.98 🡪 utenti = 3.98/0.012 = 331

Area cella: h \* 2/sqrt(3) h / 2 \* 6, con h=0.25 🡪 area = 0.216 km^2 🡪 densità utenti = 331/area = 1529 utenti/km^2

**08-09-09Domanda R3** –Nella commutazione a circuito virtuale è necessaria una fase di segnalazione? Se si, quale informazione viene memorizzata nei commutatori, e come, specificatamente, viene usata tale informazione? Se no, perche’ questa fase non è necessaria, contrariamente alla commutazione a circuito?

**08-09-09Domanda R4** – Si descriva la procedura di byte-stuffing (NB: non bit-stuffing!), mettendo in evidenza i) quale è il suo compito, e ii) come opera (eventualmente aiutandosi con un esempio)

**08-09-09Domanda R5** – Un protocollo a finestra scorrevole opera su un link avente capacità 128 Kbps e ritardo di propagazione 30 ms (per tratta). Quale è il massimo throughput conseguibile nelle ipotesi di voler trasmettere pacchetti di dimensione 1024 bit, usando come dimensione della finestra

* W=1
* W=5
* W=20

Thr = minimo tra capacità della linea e rapporto W\*MSG/(RTT + MSG/C)

Per W=1 (Stop&Wait), thr = 1024/(0.060+1024/128000)= 15058.8 bps

Per W=5, thr = 5\*1024/(0.060+1024/128000)= 75294.1 bps

Per W=20 thr = 128000 (non puo’ superare la capacita’ della linea)

**08-09-09Domanda R6** – Nel sistema GSM, il Mobile Station Roaming Number è:

* L’identificativo della SIM dell’utente
* L’identificativo del dispositivo terminale dell’utente
* Il numero di telefono dell’utente
* Nessuna delle risposte precedenti è corretta

**Nessuna delle risposte precedenti è corretta:**

* **numero SIM = IMSI**
* **numero dispositivo = IMEI**
* **numero telefono = MSISDN**

**08-09-09Domanda R9** – Un Internet Service Provider locale ha a disposizione una batteria di 25 modem tramite i quali gestisce 336 abbonati. Il traffico raccolto dai modem viene convogliato ad un multiplatore statistico avente in pratica infiniti posti in coda, servito da una linea di capacità C kbps. Ogni abbonato genera connessioni di durata media 40 minuti, ad una frequenza di 3 connessioni al giorno. Una volta connesso, ogni abbonato genera un traffico medio di 36 kbps, composto da pacchetti di dimensione 1500 bytes.

1. Si calcoli la capacità C che l’operatore deve mettere a disposizione in modo da garantire un ritardo medio non superiore a 100 ms.
2. Assumendo che, a fronte delle lamentele degli abbonati, l’operatore incrementi il numero di modem in modo da garantire una probabilità di blocco di chiamata non superiore all’1%, ma mantenga la capacità C identica a quanto sopra calcolato, quale è il problema che l’operatore si trova ad avere?
3. Ove la capacità C fosse a questo punto incrementata ad 1.2 Mbps, quale sarebbe il ritardo sul multiplatore?

PARTE A:

Traffico offerto dagli utenti, in erlang, = 336 \* 3 /(24\*60) \* 40 = 28

Traffico smaltito = 28 \* (1-0.2057) = 22.24 erl (0.2057 deriva dalla erlB(25,28))

traffico offerto da ogni utente al multiplatore: lambda\_i = 36000/(1500\*8)=3 p/s

Traffico complessivo offerto al multiplatore: lambda = 22.24 \* 3 = 66.72 p/s

Imponendo vincolo su ritardo: 0.1 = 1/(mu – lambda) = 1/(C/12000 – 66.72) 🡪 C=920640 bps

PARTE B:

dalla formula B di erlang, B(Ao,s)<=0.01, con Ao=28 🡪 s>=39

Traffico offerto al mux circa uguale a 28\*(1-0.01)\*3 = 83.16

Il problema e’ che mu = C/12000 = 76.72, che e’ MINORE del traffico lambda e quindi il multiplatore e’ diventato instabile!!

PARTE C:

il ritardo sul mux diventa 1/(1200000/12000 – 83.16) = 0.0593 s

**08-09-09Domanda R10** – Tre utenti in un ufficio hanno a disposizione un centralino connesso con il resto del mondo tramite due sole linee telefoniche. Ogni linea telefonica può essere occupata sia da chiamate uscenti, generate dagli utenti dell’ufficio, sia da chiamate entranti, destinate agli utenti. Ogni chiamata entrante occupa una linea e riduce il numero di linee disponibili per effettuare chiamate. All’ufficio arriva in media una chiamata di 3 minuti ogni ora. Le chiamate entranti vengono indirizzate ad un utente in quel momento non impegnato in altre conversazioni. Ogni utente inoltre effettua chiamate di durata media 5 minuti, ed il tempo che intercorre tra la fine di una chiamata e l’inizio della successiva è distribuito esponenzialmente con durata media 30 minuti. Ovviamente, un utente che sta ricevendo una chiamata non potra’ generare a sua volta chiamate. Si chiede di:

1. Modellare il sistema descritto con una catena di markov, calcolando numericamente le frequenze di transizione di stato.
2. Scrivere, senza risolvere, l’espressione della probabilità di blocco da parte di una chiamata generata da un utente interno all’ufficio.
3. Scrivere, senza risolvere, l’espressione della probabilità di blocco da parte di una chiamata destinata ad un utente interno all’ufficio.

Stati: conviene distinguere le chiamate entranti da quelle uscenti. Risultano 6 possibili stati:

(O)

(E) = 1 chiamata esterna in atto

(I) = una chiamata interna in atto

(EE) = due chiamate esterne in atto

(EI) = una chiamata esterna ed una interna

(II) = due chiamate interne

Detto

Lambda\_E = 1 chiamata/ora = tasso arrivo chiamate esterne

Mu\_E = 1/(3/60) = 20 chiamate/ora = tasso servizio chiamate esterne

Lambda\_I = 2 chiamate/ora = tasso generazione chiamate interne

Mu\_I = 1/(5/60) = 12 chiamate/ora = tasso servizio chiamate interne

Le transizioni di stato sono:

[Includere diagramma]

La prob. Blocco chiamate interne e’ data dal rapporto[NB: le chiamate interne sono generate da un numero finito di utenti e quindi la prob. Blocco e’ DIVERSA dalla congestione temporale]

Lambda\_I \* (Pi\_EE + Pi\_EI + Pi\_II)/[ 3Lambda\_I Pi\_0 + 2 Lambda\_I (Pi\_E+Pi\_I) + Lambda\_I \* (Pi\_EE + Pi\_EI + Pi\_II)]

La prob. Blocco chiamate esterne è invece data banalmente da Pi\_EE + Pi\_EI + Pi\_II

**25-09-09Domanda 1**. Con riferimento al funzionamento di un bridge, si sottolinei la risposta corretta ad ogni

questito che segue:

a) se una trama è destinata ad una stazione B, non presente nel forwarding database, la trama viene

i) scartata,

ii) inoltrata a tutte le porte del bridge compresa la porta da cui la trama è arrivata,

iii) inoltrata a tutte le porte del bridge esclusa la porta da cui la trama è arrivata,

iv) inoltrata alla sola porta da cui la trama è arrivata.

b) Se una trama e' originata da una stazione A e destinata ad una stazione B, e se nel forwarding

database NON sono presenti entries per nessuno dei due indirizzi A e B, nel forwarding DB viene

creata una nuova entry:

i) per l'indirizzo A,

ii) ii) perl'indirizzo B,

iii) iii) per entrambi gli indirizzi,

iv) iv) per nessun indirizzo.

c) Se una trama e' originata da una stazione A e destinata ad una stazione B, e se nel forwarding

database sono presenti entries relative sia all'indirizzo A che all'indirizzo B, viene resettato l'ageing

time:

i) per la sola entry A,

ii) per la sola entry B,

iii) per entrambe le entries,

iv) per nessuna delle entries.

**25-09-09Domanda 2**. Una rete Ethernet a stella è composta da un Hub centrale a cui sono connessi terminali

con collegamenti a 100 Mbps, di lunghezza 40 mt. Quale è il MASSIMO ritardo di elaborazione che

l'hub puo' introdurre in modo da non violare le condizioni di funzionamento corretto del MAC

Ethernet? (si ricorda che la velocità di propagazione del segnale nei collegamenti in rame è di circa

200 m/us)

**25-09-09Domanda R1** – In un protocollo Go Back N, per quale motivo, detto N il numero di possibili numeri di sequenza, è necessario usare una finestra di trasmissione non superiore a N-1?

**25-09-09Domanda R2** –Partendo dalla conoscenza della sola distribuzione stazionaria, si derivi l’espressione del numero medio di clienti in una coda M/M/1

**25-09-09Domanda R3** – Quale è il ruolo del G-MSC nel sistema GSM?

**25-09-09Domanda R4** –Un protocollo a finestra scorrevole è caratterizzato dai seguenti parametri:

* Dimensione delle trame = 1200 bytes
* Capacità di trasmissione = 2.4 Mbps
* Ritardo di propagazione (andata + ritorno) = 20 ms
* Dimensione finestra = 3

Assumendo di voler trasmettere 7 trame, e trascurando la dimensione degli acknowledgement ed il tempo di elaborazione nei nodi, si calcoli (eventualmente aiutandosi con un disegno) il tempo che intercorre tra l’inizio della trasmissione della prima trama e la ricezione dell’ack per l’ultima trama.

**25-09-09Domanda R5** – Con riferimento alla commutazione a circuito, si dica quali tra le seguenti affermazioni sono vere e quali false:

* Il tempo di attraversamento in un nodo di commutazione dipende dal traffico offerto allo stesso
* La commutazione a circuito richiede necessariamente una fase preliminare di segnalazione
* Nella commutazione a circuito, ad ogni unita’ dati è associato un header “piccolo” (relativamente alla commutazione a pacchetto)
* La commutazione a circuito non è appropriata per traffico di tipo bursty

**25-09-09Domanda R6** –Un operatore di telefonia mobile dispone di 675 canali per coprire, con celle trisettorializzate, un’area dalle seguenti caratteristiche:

- 1500 utenti/Km2

- 12 milliErlang/utente

- probabilità di blocco massima pari a Pblock = 0.5%

- Attenuazione con ** = 3.8

- CCI = 262.157

a) si mostri che il cluster da utilizzare è K=9;

b) si determini il traffico smaltibile, in erlang, per ogni settore di cella

c) si determini la dimensione delle celle (celle esagonali)

**25-09-09Domanda SR7** –Un canale di trasmissione ha un Eb/n0 (energia per bit in ricezione su densità spettrale del disturbo) di 13 dB; la probabilità di errore di bit (4PSK) è ≅ ½ exp(-Eb/n0); trasmettendo trame di 1500 byte, quale è la probabilità che la trama contenga errori? Se si usa un CRC (codice a rivelazione di errore) che rivela solo un errore per trama (semplice bit di parità), qual’è la probabilità che non sia rivelata una trama errata?

**25-09-09Domanda SR8** – un sistema di trasmissione in banda traslata usa un canale a 40 MHZ, con un rapporto S/N di 14 dB; quale è il massimo throughput pratico se

• Di fatto i sistemi applicativi sono 9 dB peggiori del limite di Shannon

• Si possono usare modulazioni 2/4PSK e 16/64QAM

• Si deve rispettare il limite di Nyquist per la banda

**25-09-09Domanda R9** – Un centralino telefonico dispone di 28 modem. Nel primo periodo di operatività del centralino, misure effettuate rilevano un traffico smaltito pari a 20,42 Erlang, traffico che risulta in perfetto accordo con le specifiche di progetto del centralino (in particolare di poco inferiore rispetto alla probabilità di perdita target dei progettisti, un valore percentuale intero – i.e., senza decimali). In un secondo periodo, le misure mostrano che il traffico smaltito è cresciuto fino a 24,17 erlang.

Quanti modem supplementari deve installare l’operatore per ripristinare le condizioni di probabilità di perdita di progetto?

Tabella Erlang-B per 28 modem:

Ao=20.50 B=0.022995

Ao=21.00 B=0.027734

Ao=21.50 B=0.033006

Ao=22.00 B=0.038796

Ao=22.50 B=0.045083

Ao=23.00 B=0.051838

Ao=23.50 B=0.059027

Ao=24.00 B=0.066612

Ao=24.50 B=0.074553

Ao=25.00 B=0.082807

Ao=25.50 B=0.091332

Ao=26.00 B=0.100089

Ao=26.50 B=0.109036

Ao=27.00 B=0.118138

Ao=27.50 B=0.127357

Ao=28.00 B=0.136663

Ao=28.50 B=0.146024

Ao=29.00 B=0.155415

Ao=29.50 B=0.164811

Ao=30.00 B=0.174191

**25-09-09Domanda R10** – Una linea di trasmissione (primaria) ha capacità 500 kbps. A tale linea è associato un collegamento di backup di capacità 200 kbps. Il collegamento di backup è attivato solo ed esclusivamente quando la linea primaria si guasta, ed è disattivato quando la linea primaria viene ripristinata. Anche la linea di backup può guastarsi, quando attivata. Assumendo che (tutte le durate seguenti sono esponenziali negative):

* La linea primaria si guasta mediamente dopo 10 ore di utilizzo consecutivo;
* Il tempo di ripristino della linea primaria è mediamente di 2 ore;
* La linea secondaria si guasta mediamente dopo 5 ore di utilizzo consecutivo
* Il tempo di ripristino della linea secondaria è mediamente di 1 ora;

Si chiede di modellare il sistema come una catena di Markov, e di calcolare [in forma simbolica, ove non risultasse semplice risolvere numericamente il modello risultante]:

1. La percentuale di tempo in cui il sistema non ha connettività (entrambe le linee sono guaste)
2. La capacità media fornita dal sistema

**25-09-09Domanda R1** – Con riferimento al protocollo di accesso al mezzo (MAC) usato dalla tecnologia Ethernet, si dica quali tra le seguenti affermazioni sono vere e quali sono false.

* Ethernet usa un protocollo MAC ad accesso casuale
* Ethernet usa una modalità detta Collision Avoidance
* La dimensione di uno slot usato nel backoff dipende dalla dimensione standardizzata per la trama minima.
* Se due trame collidono, una sola può essere ricevuta correttamente
* Il funzionamento corretto di Ethernet impone un vincolo sulla dimensione minima della trama.
* Il tempo medio con cui una ritrasmissione è “schedulata” dopo 5 collisioni è circa tre volte il tempo medio nel caso in cui la ritrasmissione avviene dopo 2 collisioni.

**25-09-09Domanda R2 -** Si descriva cosa fa un bridge quando riceve una trama avente indirizzo origine A ed indirizzo destinazione B da una porta P1, distinguendo i seguenti tre casi:

1. Nel forwarding database del bridge non è presente alcuna informazione
2. Nel forwarding database del bridge è presente informazione relativa al solo indirizzo A
3. Nel forwarding database del bridge è presente informazione relativa al solo indirizzo B

**17-02-10Domande R1** – Ad una centralina telefonica avente due soli circuiti a disposizione arrivano chiamate con frequenza 6 chiamate/minuto. Ogni chiamata dura in media 20 secondi.

1. Quale è la probabilità che, in 30 secondi, arrivino esattamente 4 chiamate?

Dalla distr. Di Poisson, (6\*1/2)^4/4! \* E^(-6\*1/2) = 16,8%

1. Quale è la probabilità che il tempo di interarrivo tra due chiamate consecutive sia maggiore di 15 secondi?

Dalla distr. Esponenziale negativa, E^(-6\*1/4) = 22,3%

1. Quale è la probabilità che, in un istante di tempo casuale, un solo circuito dei due a disposizione sia occupato?

Dalla distr. di erlang, (A=6/3=2), A/(1+A+A^2/2) = 40%

**17-02-10Domanda R2** – Cosa significa “multiplazione statistica”, e quali vantaggi/svantaggi essa comporta?

**17-02-10Domanda R3** – Un link satellitare è caratterizzato da un RTT di 480 ms e da una capacità di 1 mbps. Si vogliono trasmettere pacchetti di dimensione 1500 bytes con un protocollo a finestra scorrevole. Al fine di sfruttare tutta la capacità trasmissiva, quale è la dimensione minima (in numero di pacchetti) della finestra da adottare?

W\*msg/c > rtt + msg/c 🡪 w > 1+rtt\*c/msg = 1+ 0.480\*1000000/12000=41

**17-02-10Domanda R4** – Un Internet Service Provider locale è connesso alla rete Internet tramite un multiplatore servito da un collegamento di backbone a 1 mbps. L’ISP offre servizio a 312 utenti così caratterizzati:

* Durata media di una connessione: 1 ora (distribuzione esponenziale negativa)
* Ogni utente genera in media 2 connessioni/giorno (Poisson)
* Quando è connesso, ogni utente genera in media 38 kbps di traffico, composto da pacchetti di dimensione 1000 bytes

Da misure effettuate sul collegamento di backbone, si rileva che il fattore di utilizzo di tale collegamento ammonta all’88.91%.

1. Quanti modem ha installato l’ISP?
2. Quale probabilità di blocco l’ISP sta fornendo ai clienti?
3. Quale è il ritardo medio sul collegamento nell’assunzione di coda infinita e traffico di Poisson?

* **Il traffico offerto da ogni utente è di Ai=2/24=1/12 erlang**
* **Il traffico offerto complessivamente dai 312 utenti è pertanto a0= 312/12=26erl**
* **Dall’utilizzazione del collegamento di backbone, si ricava che l’attuale traffico smaltito è di 889.1, che espresso in erlang (essendo noto il carico generato da ogni utente) è di As=889.1/38=23.397**
* **Risposta #2: essendo As=a0(1-B), e ricordando che a0=26erl, ricaviamo che B=1-as/a0=0.1001**
* **Risposta #1: dalla tabella erlang B, troviamo che questa probabilità di blocco corrisponde al caso di 28 circuiti (modem) installati)**
* **Risposta #3: dalle formule M/M/1, ritardo = 1/(mu-lambda), dove mu=1000000/8000=125 e lambda=889100/8000=111.138, ovvero ritardo = 72ms.**

**17-02-10Domanda R5** – Un operatore radiomobile deve coprire un’area con stazioni radiobase trisettorizzate, collocate regolarmente sul territorio e formanti una griglia esagonale. La densità di utenti servita è di 414/cella, ed ogni utente genera 30 milliErl di traffico. Il segnale si attenua secondo una legge d-η, con η=3.8, e l’operatore deve garantire una interferenza co-canale di 16 dB. Assumendo che ogni frequenza corrisponda ad un circuito, di quante frequenze l’operatore deve complessivamente disporre al fine di garantire agli utenti una probabilità di blocco non superiore all’1%?

* **Traffico offerto ad ogni settore: 414/3\*0.03 = 4.14 erlang**
* **N. frequenze per settore: da inversione erlang B, B(N, 4.14)<=0.01 🡪 N>=10 🡪 N=10**
* **Fattore di riuso K: si ottiene dall’equazione 10^(16/10) = (3k)^(3.8/2)/2 🡪 k=3.34 🡪 K=4**
* **Numero frequenze complessive: 10\*3\*4 = 120**

**17-02-10Domanda R6** – Si consideri una rete così fatta:

computer A ---------------------------- router R ---------------------x------ computer B

dove i collegamenti di rete sono basati su Ethernet. Si mandi un pacchetto IP da A a B. Rilevando con uno sniffer piazzato nella posizione x un pacchetto originato da A e destinato a B, si dica tra le seguenti affermazioni quali sono vere, quali sono false, e quali non hanno senso in quanto si riferiscono ad un qualcosa che non esiste. [si ricorda che IP è un protocollo di strato OSI 3, mentre Ethernet è un protocollo di strato OSI 1+2]

* L’indirizzo IP origine del pacchetto e’ l’IP di A V F NS
* L’indirizzo IP origine del pacchetto e’ l’IP del router V F NS
* L’indirizzo IP origine del pacchetto e’ l’IP dell’interfaccia a destra del router V F NS
* L’indirizzo IP origine del pacchetto e’ l’IP dell’interfaccia a sinistra del router V F NS
* L’indirizzo MAC origine del pacchetto e’ il MAC di A V F NS
* L’indirizzo MAC origine del pacchetto e’ il MAC del router V F NS
* L’indirizzo MAC origine del pacchetto e’ il MAC dell’interfaccia a destra del router V F NS
* L’indirizzo MAC origine del pacchetto e’ il MAC dell’interfaccia a sinistra del router V F NS

V-NS-F-F-F-NS-V-F