

Progetto di Performance Modeling of Computer Systems and Networks

Anno accademico 2021-2022

Adrian Petru Baba
Sara Da Canal
Matteo Federico

Descrizione del sistema

Il sistema considerato è un pronto soccorso con tre diversi reparti per diversi tipi di cure: traumatologia, primo intervento e problemi di minore entità. In più, casi molto gravi vengono trattati separatamente. All'arrivo delle persone al pronto soccorso, passano l'accettazione, dove gli viene assegnato un codice in base alla gravità e vengono indirizzate verso il giusto reparto. I possibili codici sono quattro, rosso per i casi più gravi, che rischiano la vita, e poi a scendere giallo, verde e bianco. I casi in codice rosso sono quelli trattati separatamente, i casi gialli e verdi vengono divisi tra i reparti in base al problema, mentre i casi in codice bianco vengono soltanto indirizzati verso i problemi di minore entità.

Obiettivi

Il nostro obiettivo è modellare il sistema trovando la distribuzione ottima di serveri per garantire che non vengano superati i seguenti tempi di attesa:

- I codici rossi dovrebbero essere presi in carico immediatamente
- I codici gialli l'attesa dovrebbe essere di non più di 30 minuti
- I codici verdi di 120 minuti
- I codici bianchi di 240 minuti

Successivamente si cambia il modello per separare i codici gialli in due code diverse, codici arancioni e blu, e si vede se il sistema migliora e se è possibile diminuire il numero di server mantenendo gli stessi tempi. I codici arancioni dovrebbero avere attesa di 15 minuti e blu di 45 minuti.

Modello concettuale

Stato:

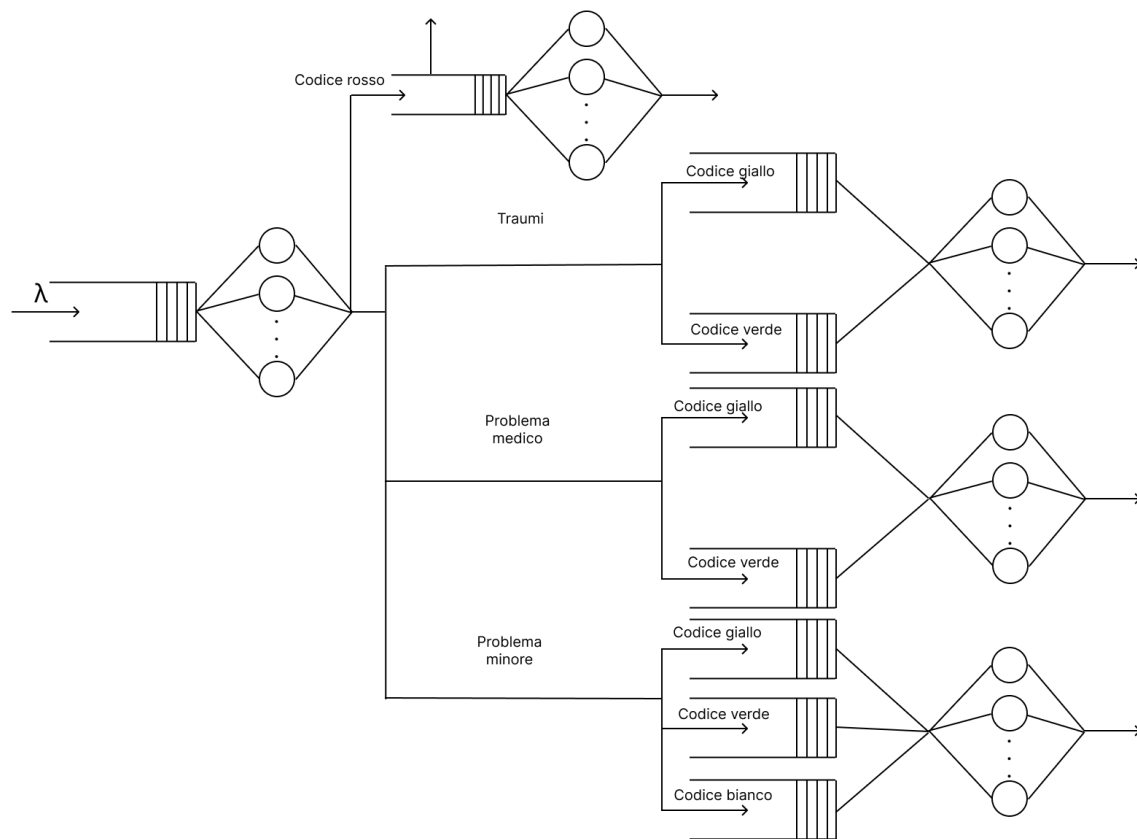
Per ogni istante di tempo t

- Numero di persone nel sistema per ogni nodo divise per coda
- Numero di persone in servizio per ogni nodo, anche queste divise per codice di provenienza
- Stato di ogni server, se occupato o meno

Assunzioni:

- Non preemptive
- Conservativo (se un job è in attesa e il server è libero, il server esegue subito il job)
- Sistema stazionario

Il sistema può essere modellato nel seguente modo:



Ogni coda è FIFO e i tempi di arrivo e servizio sono tutti esponenziali, abbiamo quindi tutti server M/M/m, alcuni a coda singola altri con una multi-coda a priorità astratta. Il primo server dove passa ogni job è il triage, e poi i job vengono divisi. Dalla coda del codice rosso ci potrebbero essere abbandoni che non entrano in servizio, a causa della probabilità di morte.

TRIAGE

Le variabili di stato sono l'occupazione dei server e il numero di job nel sistema, `triageNumber`. Il numero di job in servizio, avendo un solo tipo di job, si può trovare come il numero di server del sistema se `triageNumber` è maggiore dei server totali e `triageNumber` se invece è minore.

CODICI ROSSI

Il funzionamento per i codici rossi è uguale a quello del triage, l'unica variabile di stato è `redNumber`, e i job in servizio possono essere calcolati usando il numero totale di server per questo nodo analogamente a quanto detto prima.

TRAUMI

In questo caso le variabili di stato sono quattro, due, `traumaYellowNumber` e `traumaGreenNumber`, rappresentano i job nel sistema con codice giallo o verde, le altre due, `traumaInServiceYellow` e `traumaInServiceGreen` rappresentano invece i job in servizio per ogni codice.

PROBLEMI MEDICI

Anche in questa situazione abbiamo quattro variabili di stato analoghe a quelle di traumatologia, `medicalYellowNumber` e `medicalGreenNumber` per i job nel sistema; `medicalInServiceYellow` e `medicalInServiceGreen` per i job in servizio.

PROBLEMI MINORI

Per questo nodo abbiamo sei variabili di stato, che rappresentano i job nel sistema e in servizio per ognuna delle tre code. Le variabili del sistema sono `minorYellowNumber`, `minorGreenNumber` e `minorWhiteNumber`, le variabili del servizio `minorInServiceYellow`, `minorInServiceGreen` e `minorInServiceWhite`.

Modello delle specifiche

I parametri di input necessari al nostro simulatore sono gli arrivi medi, le probabilità di finire in ogni coda, il tempo di servizio medio per ogni nodo e la probabilità che ci siano decessi nella coda dei codici rossi. Abbiamo trovato dei dati molto puntuali per quanto riguarda gli accessi e le prestazioni effettuate per tutti i pronti soccorsi della regione Veneto relativi all'anno 2013, e abbiamo deciso di selezionare un pronto soccorso tra quelli presenti e basarci sui dati relativi ad esso per quanto possibile. Il pronto soccorso selezionato è stato l'ospedale Borgo Roma di Verona, con 49.600 accessi annuali. La scelta è ricaduta su questo ospedale poiché il numero di accessi è molto vicino alla media tra tutti gli ospedali, ed è quindi sembrata una buona scelta per il nostro sistema che simula un pronto soccorso di medie dimensioni.

Dagli accessi abbiamo ottenuto il primo parametro di input, il tasso di arrivo medio λ , pari a 0,09 job/min.

Tra i dati trovati erano presenti le probabilità di assegnazione per ogni codice. Nei dati reali un 3,8% dei casi non ha avuto un codice assegnato oppure l'informazione non è disponibile. Abbiamo deciso di ridistribuire questo 3,8% tra gli altri codici in modo proporzionale, calcolando ogni percentuale con la formula $3,8 * \text{percentuale originaria} / (100 - 3,8)$. Le probabilità ottenute sono:

- Codice rosso: 1,04%
- Codice giallo: 18,40%
- Codice verde: 60,71%
- Codice bianco: 19,85%

Per quanto riguarda le probabilità dei codici rossi e bianchi non sono necessarie altre suddivisioni, mentre i codici gialli e verdi hanno bisogno di un'ulteriore suddivisione per essere divisi nei tre reparti dei traumi, problemi medici e problemi di entità minore. I dati trovati contenevano le probabilità divise in cinque reparti, traumi, problemi medici, intossicazioni, assistenza medico legale e problemi minori, le probabilità di problemi medici, intossicazioni e assistenza medico legale sono state aggregate per ottenere solo tre reparti, dato che le probabilità per quanto riguarda le intossicazioni e l'assistenza medico legale sono abbastanza basse e dedicargli un nodo apposito avrebbe prodotto dei nodi con utilizzazione molto bassa e privi di coda, oltretutto non sono presenti informazioni riguardo ai tempi di servizio per questi reparti, al contrario degli altri. I valori ottenuti sono i seguenti: il 26,7% dei codici gialli e verdi finiscono in traumatologia, il 24,7% hanno dei problemi medici e il 48,6% hanno problemi minori. Usando queste probabilità abbiamo ottenuto le probabilità per ogni coda:

- Coda dei codici rossi: 1,04%
- Coda dei codici gialli in traumatologia: 4,98%
- Coda dei codici verdi in traumatologia: 16,03%
- Coda dei codici gialli con problemi medici: 4,53%

- Coda dei codici verdi con problemi medici: 14,95%
- Coda dei codici gialli con problemi minori: 8,93%
- Coda dei codici verdi con problemi minori: 29,46%
- Coda dei codici bianchi: 19,85%

L'unica probabilità mancante a questo punto è quella di avere decessi tra i codici rossi, che è del 5,2%.

Per quanto riguarda i tempi di servizio, abbiamo i tempi di servizio per i singoli serventi e non per nodo. L'unico tempo di servizio mancante è quello del triage, che abbiamo supposto di dieci minuti. Per quanto riguarda gli altri valori, che sono stati ricavati dai dati presenti, abbiamo un tempo di 105,6 minuti per i problemi minori, 93,4 minuti per traumatologia, 165,9 minuti per i problemi medici e 225,5 minuti per i codici rossi.

Modello computazionale

//TODO

Verifica

La verifica implica andare a controllare che il simulatore produca i risultati corretti per il modello considerato. Per fare questo bisogna andare a produrre dei risultati teorici e controllare che il simulatore produca risultati abbastanza simili, ovviamente con un margine di errore. I parametri teorici considerati sono stati l'utilizzazione, il tempo di attesa in coda, per singola coda e medio nel caso del multi-coda, il tempo totale nel nodo e il tempo di servizio, che non è necessario calcolare a livello teorico essendo tra i valori di input, ma è comunque sensato controllare che il valore empirico sia vicino al valore teorico medio. Per effettuare la verifica, sono stati scelti dei valori fissi per il numero di serventi, che non è detto sia il valore ottimale, è stato semplicemente scelto un valore abbastanza grande da ottenere un sistema stazionario. I calcoli teorici sono stati effettuati per nodo:

Triage

$$\lambda = 0.09 \text{ job/min}$$

$$E(S_i) = 10 \text{ min}$$

$$N = 2$$

$$E(S) = \frac{E(S_i)}{N} = \frac{10}{2} = 5 \text{ min} \quad \mu = \frac{1}{E(S)} = \frac{1}{5} = 0.2 \text{ job/min}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0.09}{0.2} = 0.45 \quad \text{Il valore ottenuto dal simulatore è esattamente 0.45}$$

Essendo un sistema M/M/m a coda singola, il tempo di attesa in coda va calcolato come

$$E(T_q) = \frac{P_q E(S)}{1 - \rho}$$

$$P_q = \frac{(N\rho)^N}{N!(1-\rho)} * \left(\sum_{i=0}^{N-1} \frac{(N\rho)^i}{i!} + \frac{(N\rho)^N}{N!(1-\rho)} \right)^{-1} = \frac{(2 * 0.45)^2}{2 * (1 - 0.45)} * \left(\sum_{i=0}^3 \frac{(2 * 0.45)^i}{i!} + \frac{(2 * 0.45)^0.45}{2 * (1 - 0.45)} \right)^{-1} = 0.27931$$

$$E(T_q) = \frac{0.27931 * 5}{1 - 0.45} = 2.5392 \text{ min} \quad \text{Il risultato del simulatore è 2.72 minuti}$$

$$E(T_s) = E(T_q) + E(S_i) = 2.5392 + 10 = 12.5392 \text{ min}$$

I risultati del simulatore sono 10.04 minuti per il tempo di servizio e 12.76 minuti per il tempo del sistema.

Codici rossi

Dato che il triage è stazionario ed ha throughput λ ,

$$\lambda = \lambda_{\text{trriage}} * p = 0.09 * 0.0104 = 9.36 * 10^{-4} \text{ job/min}$$