

QUEUEING ANALYSIS OF OPPORTUNISTIC ACCESS IN COGNITIVE RADIOS

Relazione di Simulazione di Sistemi

Massimiliano Gualtieri

Matricola: 843625

AA. 2017/18

Sommario

- Introduzione..... 3**
- Strumenti Utilizzati 3**
- Modello 4**
 - Descrizione 4
 - Parametri..... 5
- Realizzazione 6**
- Statistica..... 7**
 - Transiente iniziale..... 7
 - Analisi con R..... 8
 - Intervalli di confidenza 9
 - Grafici 11
 - Lunghezza delle code..... 11
 - Tempo medio di attesa..... 13
 - Tempo medio di permanenza nel sistema 15
- Riferimenti 18**

Introduzione

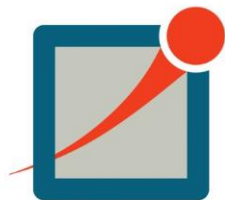
In questo lavoro viene esaminato un sistema con al suo interno due code M/D/1 inerenti all'ambito delle Cognitive Radios. Il sistema è caratterizzato come detto prima da due code, una primaria ed una secondaria. L'unico server all'interno del sistema ha il compito di servire i job presenti nelle code ma dando priorità a quella primaria, esso potrà servire i job presenti all'interno della coda secondaria solo nel momento in cui la coda primaria risulti vuota. In questo studio vengono esaminate diverse configurazioni e combinazioni per quanto riguarda i tempi di arrivo dei job nelle due code e vengono analizzati poi i dati relativi alla lunghezza media delle singole code e al tempo medio di soggiorno di un job per entrambe le code per ogni possibile configurazione.

Un sistema di questo tipo può essere applicato quasi ovunque sia richiesta una sorta di priorità rispetto agli utenti normali come ad esempio negli ospedali quando vi sono emergenze oppure per garantire migliori servizi a chi utilizza un servizio a pagamento rispetto ad un servizio free.

Strumenti Utilizzati

La piattaforma utilizzata per la simulazione è OMNeT++ versione 5.2. Per la fase di analisi dei dati non sono stati utilizzati gli strumenti forniti direttamente da OMNeT++ bensì si è deciso di utilizzare R (versione 3.4.3), software specifico per la fase statistica.

Un altro strumento utilizzato, per la creazione dei grafici, è stato Microsoft Excel.



Modello

Descrizione

Il modello è stato realizzato utilizzando due code M/D/1 definite coda primaria e coda secondaria, il modello M/D/1 prevede che:

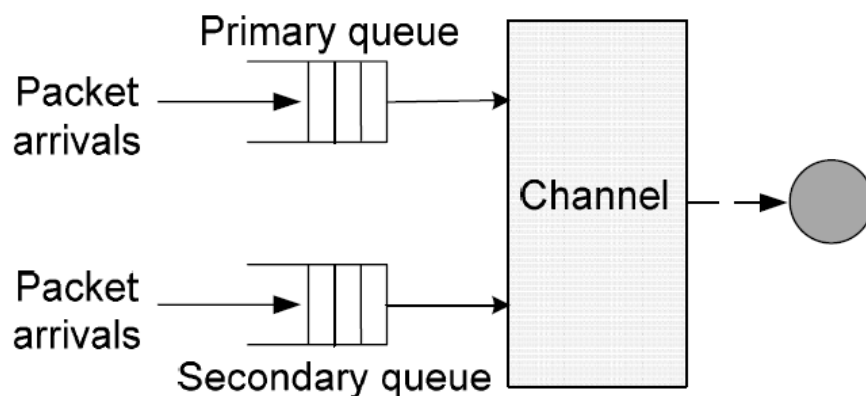
- I tempi di interarrivo sono caratterizzati da λ_p e λ_s rispettivamente per gli utenti primari e secondari.
- Il tempo di servizio D (service time) è deterministico caratterizzato dal valore $\mu = 1/D$.
- L'unico server presente nel sistema processa gli utenti nel sistema basandosi sul criterio FIFO (First In First Out).
- Inoltre le code nel sistema sono di grandezza infinita.

Il sistema quindi prevede la presenza di due sorgenti λ_p e λ_s ognuna con i propri valori di interarrivo e caratterizzate da una priorità: la sorgente primaria è caratterizzata da una priorità 1 mentre la sorgente secondaria ha priorità 2.

Ogni sorgente (primaria e secondaria) è collegata alla rispettiva coda a capacità illimitata.

L'unico server nel sistema ha il compito di servire i job presenti nella coda secondaria solo nel momento in cui non siano presenti utenti nella coda primaria; questa mansione viene svolta utilizzando l'algoritmo di fetching per priorità già presente in Omnet++.

Di seguito è illustrato il modello da realizzare:



Parametri

Il modello dispone di diversi parametri quali:

- λ_p : rate di arrivo dei job per gli utenti con priorità 1;
- λ_s : rate di arrivo dei job per gli utenti con priorità 2;
- μ : tempo di servizio deterministico secondo una distribuzione esponenziale;

$$\text{M/D/1} \longrightarrow \lambda/\mu/1$$

Intervallo di arrivo/ tempo di servizio/ numero di server

I tempi di interarrivo sono stati convertiti in secondi dove $s = \frac{1}{\lambda}$, quindi valori attribuiti a λ_p e λ_s sono rispettivamente:

	Primary Arrival Rate λ_p		Secondary Arrival Rate λ_s	
1	0.1	10s	0.4	2.5s
2	0.2	5s	0.6	1.67s
3	0.3	3.33s	0.8	1.25s
4	0.4	2.5s		
5	0.475	2.11s		

Il tempo di servizio deterministico μ è di 1s. Una volta ottenuti questi dati sono stati combinati tra loro ottenendo così 15 configurazioni differenti.

Per avere più combinazioni ed analizzare meglio l'andamento del sistema sono stati aggiunti altri valori per quanto riguarda i tempi di interarrivo secondari $\lambda_s = \{0.3, 0.45, 0.5\}$ (contraddistinti in verde) ottenendo così 30 configurazioni differenti.

	Primary Arrival Rate λ_p		Secondary Arrival Rate λ_s	
1	0.1	10s	0.3	3.33s
2	0.2	5s	0.4	2.5s
3	0.3	3.33s	0.45	2.22s
4	0.4	2.5s	0.5	2s
5	0.475	2.11s	0.6	1.67s
6			0.8	1.25s

Le configurazioni sono state inserite all'interno del file omnet.ini con la seguente convenzione:

[Config Cognitiveradios_ λ_p *_ λ_s]

Es:

[Config Cognitiveradios_1_1]: $\lambda_p = 10s$; $\lambda_s = 2.5s$

Realizzazione

Per quanto riguarda l'implementazione sono stati analizzati i principali moduli di Omnet++:

Source:



Source

Sono stati utilizzati due moduli source, uno per la generazione di job con priorità 1 dal nome "PrimarySource" ed uno per la generazione di job con priorità 2 dal nome "SecondarySource". Ad ogni source è collegata la relativa coda passiva.

PassiveQueue:



PassiveQueue

Nel sistema sono presenti due code passive a capacità illimitata utili per ottenere i dati di nostro interesse per analisi statistiche quali la lunghezza della coda e il tempo medio di permanenza del job nella coda prima di essere servito.

Server:



Server

Nel sistema è presente un unico server il quale ha il compito di servire i job nella coda primaria ed analizzare gli elementi presenti al suo interno, solo nel momento in cui la coda primaria risulti vuota esso può richiedere e servire i job presenti nella coda secondaria.

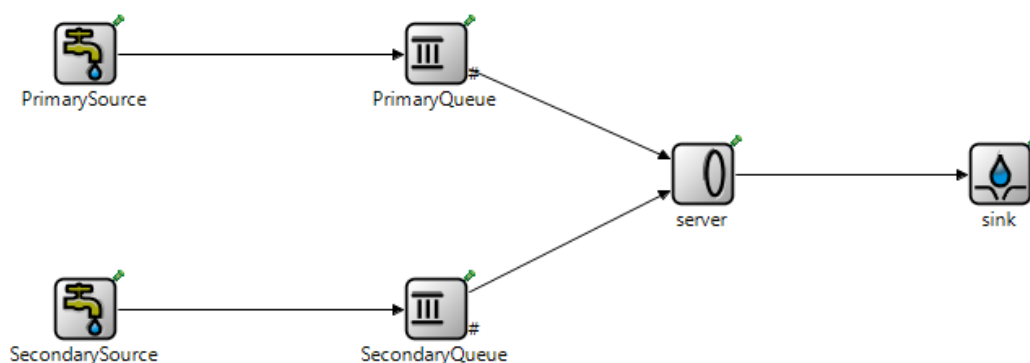
Sink:



Sink

E' stato utilizzato un sink per analizzare il tempo di permanenza di un job nel sistema ed è stato visto come un'astrazione in quanto il job, una volta servito non verrà buttato ma nel caso delle cognitive networks verrà reindirizzato verso il prossimo router/host.

Il modello finale quindi risulta il seguente:



Statistica

Obiettivo è quello di stimare le lunghezze medie delle code primarie e secondarie e il tempo di attesa medio di un job, sia nella coda primaria che nella coda secondaria. Ognuna delle 30 configurazioni del sistema è composta da 20 runs di simulazione, ognuna eseguita per 25000 unità di tempo simulato.

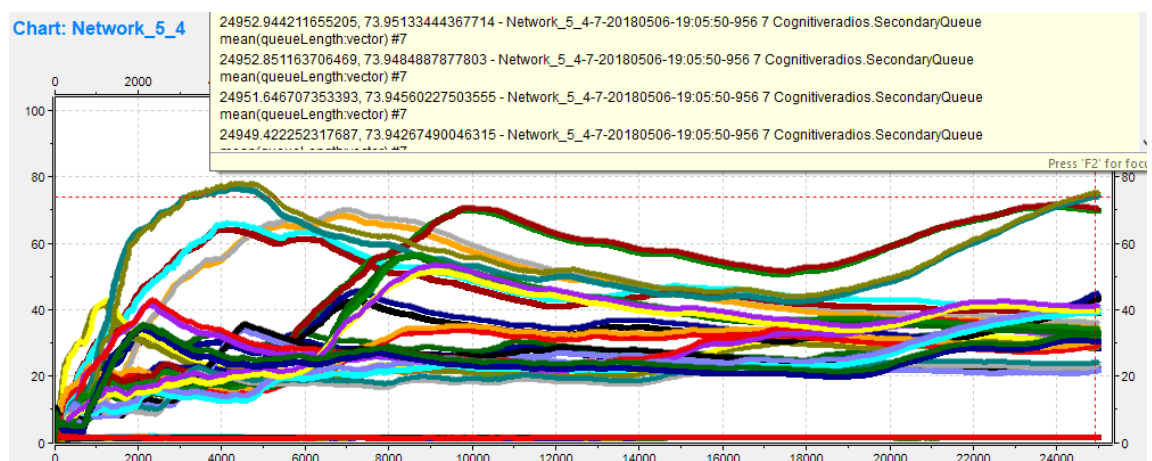
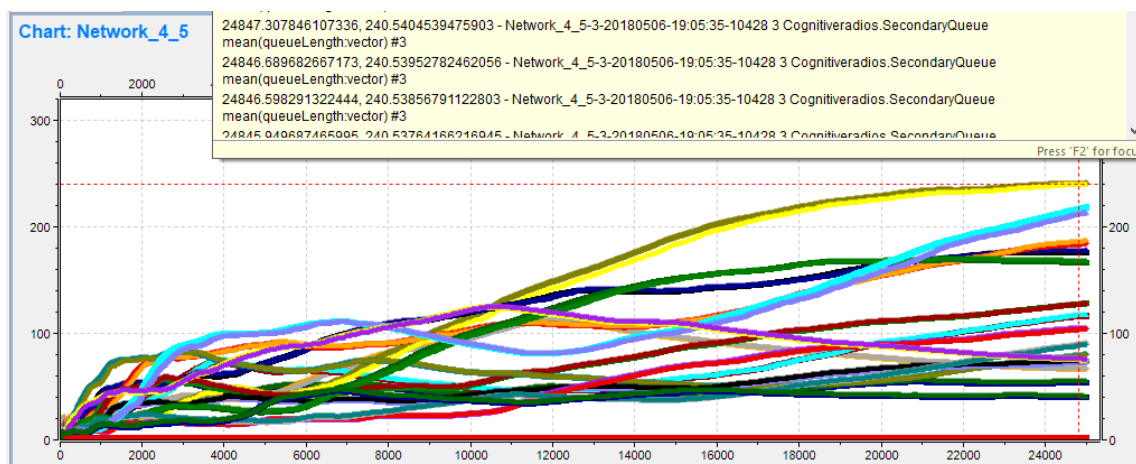
Transiente iniziale

Quando un sistema ha iniziato da poco ad essere operativo, lo stato del sistema sarà fortemente influenzato dallo stato iniziale e dal tempo che è trascorso dall'attivazione del sistema stesso. In questo caso il sistema è detto in condizioni transitorie.

Tuttavia, trascorso un tempo sufficientemente grande, il sistema diviene indipendente dallo stato iniziale e si dice che il sistema ha raggiunto condizioni stazionarie o equilibrio.

Durante i primi esperimenti è stato evidenziato un particolare comportamento relativo alla fase iniziale delle simulazioni.

Alcune combinazioni tra λ_p e λ_s però portavano il sistema ad uno stato instabile quindi è stato deciso di non considerare i valori evidenziati in rosso nella tabella seguente per quanto riguarda l'analisi del transiente.



Sono stati presi in considerazione tutti i casi per la stima del transiente, analizzati tutti i run #1 per ogni configurazione. Le configurazioni evidenziate con la “x” sono quelle che fanno diventare il sistema instabile.

1.1 = 900s	2.1 = 700s	3.1 = 2000s	4.1 = 1400s	5.1 = 2500s
1.2 = 500s	2.2 = 500s	3.2 = 1500s	4.2 = 3500s	5.2 = 1600s
1.3 = 1700s	2.3 = 1700s	3.3 = 2000s	4.3 = 3000s	5.3 = 3600s
1.4 = 2400s	2.4 = 1700s	3.4 = 1600s	4.4 = 3000s	5.4 = X
1.5 = 2500s	2.5 = 3000s	3.5 = 3500s	4.5 = X	5.5 = X
1.6 = 2500s	2.6 = X	3.6 = X	4.6 = X	5.6 = X

Le analisi portano alla stima di un transiente iniziale comune pari a **3600s** e all’eliminazione delle configurazioni **2.6, 3.6, 4.5, 4.6, 5.4, 5.5, 5.6** per rendere così il sistema stabile. Le nuove possibili configurazioni ottenute sono 23 e sono quelle che andremo ad analizzare in ambito statistico. Per quanto riguarda però il tempo di permanenza nelle code sono stati presi in considerazione anche i casi scartati precedentemente sia per analizzare le code singolarmente che nel complesso applicando una media tra le due code.

La fase transiente è dovuta al periodo necessario per mettere a regime il sistema ovvero il periodo in cui il sistema non è completamente popolato. La fase transiente individuata per il sistema preso in analisi è di 3600 unità di tempo simulato in quanto in alcuni esperimenti il sistema si stabilizzava intorno a questo valore e quindi si è scelto per aver un valore comune a tutte le configurazioni.

Analisi con R

Prima di poter estrapolare i dati da Omnet si è visto che c’era bisogno di prendere sia dati vettoriali che scalari quindi si è ritenuto opportuno creare un Dataset per ogni configurazione in modo da poter esportare tutti i dati senza problemi e perdite e successivamente esportati in file json. Per quanto riguarda i dati vettoriali in essi sono compresi la lunghezza della coda primaria, la lunghezza della coda secondaria e il tempo di soggiorno di un job nel sistema. Per quanto riguarda i dati scalari comprendono il tempo medio di attesa di un job nelle code cioè sia nella coda primaria che in quella secondaria. Sono stati prima analizzati i valori per tutti i 20 run per poi estrapolare un valore medio. Questi valori sono stati calcolati sia per le 23 configurazioni che lasciano il sistema stabile che nelle 30 configurazioni andando a considerare anche i valori che rendono tale sistema instabile.

Di seguito viene mostrata un primo studio fatto con R per quanto riguarda i tempi di attesa medi di un job, la lunghezza media in entrambe le code e il tempo di soggiorno di un job nel sistema per tutti e 20 i runs di simulazione. La tabella mostra i dati estrapolati solo per la configurazione 1.1.

	PrimaryQueue Lenght	PrimaryQueue Waiting time	SecondaryQueue Lenght	SecondaryQueue Waiting time	Time
MediaMedie	0,610024	1,109549	1,057423	1,857031	1,670154
M01	0,617241	1,159249	1,091425	2,032964	1,719363
M02	0,588517	1,053591	1,075399	1,836344	1,68698
M03	0,609635	1,054344	1,02606	1,934612	1,636276
M04	0,588942	1,08756	1,098987	1,866399	1,690968
M05	0,619221	1,122764	1,032556	1,926235	1,63436
M06	0,618866	1,103597	1,128504	1,787491	1,681932
M07	0,60694	1,094047	0,998455	2,003763	1,626778
M08	0,608475	1,17652	1,080233	1,802878	1,723293
M09	0,598301	1,077686	1,036613	1,715364	1,657885
M10	0,621729	1,109916	1,101957	1,931536	1,766404
M11	0,605753	1,104934	1,101436	2,004777	1,708275
M12	0,615385	1,156888	0,993569	1,904565	1,611102
M13	0,596927	1,085116	0,99773	1,750343	1,613913
M14	0,596737	1,140691	1,147636	1,803082	1,73871
M15	0,604607	1,035719	1,0363	1,723977	1,612565
M16	0,616571	1,222314	1,060759	1,919041	1,685357
M17	0,600719	1,123965	1,059098	1,860578	1,592957
M18	0,620783	1,098828	0,968929	1,693463	1,622573
M19	0,632304	1,108714	1,066863	1,741903	1,74502
M20	0,632832	1,074545	1,045961	1,901296	1,648369

Intervalli di confidenza

Il calcolo degli intervalli di confidenza è stato fatto mediante R. Partendo dai dati di ognuna delle 30 configurazioni si è calcolato l'intervallo di confidenza per la lunghezza delle due code, per il tempo medio di attesa di un job nelle due code e al tempo medio di permanenza nel sistema.

I calcoli effettuati sono:

1. Media delle medie dei valore dei Run (20)
2. Varianza
3. Deviazione Standard
4. Errore standard della media

Successivamente sono stati individuati i valori della t di Student, con 19 gradi di libertà (#runs – 1) e le percentuali desiderate (90% e 95%), attraverso la seguente formula:

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$\sigma = \text{deviazione standard } \sqrt{\text{var}}$
 $n = \text{numero di runs}$

Con:

$$\begin{aligned}
 a = 1 - 0.9 = 0.1 & \longrightarrow \frac{a}{2} = 0.05 & \text{Per 90\%(0.9)} \\
 a = 1 - 0.95 = 0.05 & \longrightarrow \frac{a}{2} = 0.025 & \text{Per 95\%(0.95)}
 \end{aligned}$$

Tavola della distribuzione T di Student						
Gradi di libertà	0.1	0.05	0.025	0.02	0.01	0.005
19	1.328	1.729	2.093	2.205	2.539	2.861

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = t_{90, t95}$$

Per il calcolo degli intervalli di confidenza (min e max) per t95 e t90:

$$\min_{95} = \text{media} - \left(t_{95} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

$$\min_{90} = \text{media} - \left(t_{90} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

$$\max_{95} = \text{media} + \left(t_{95} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

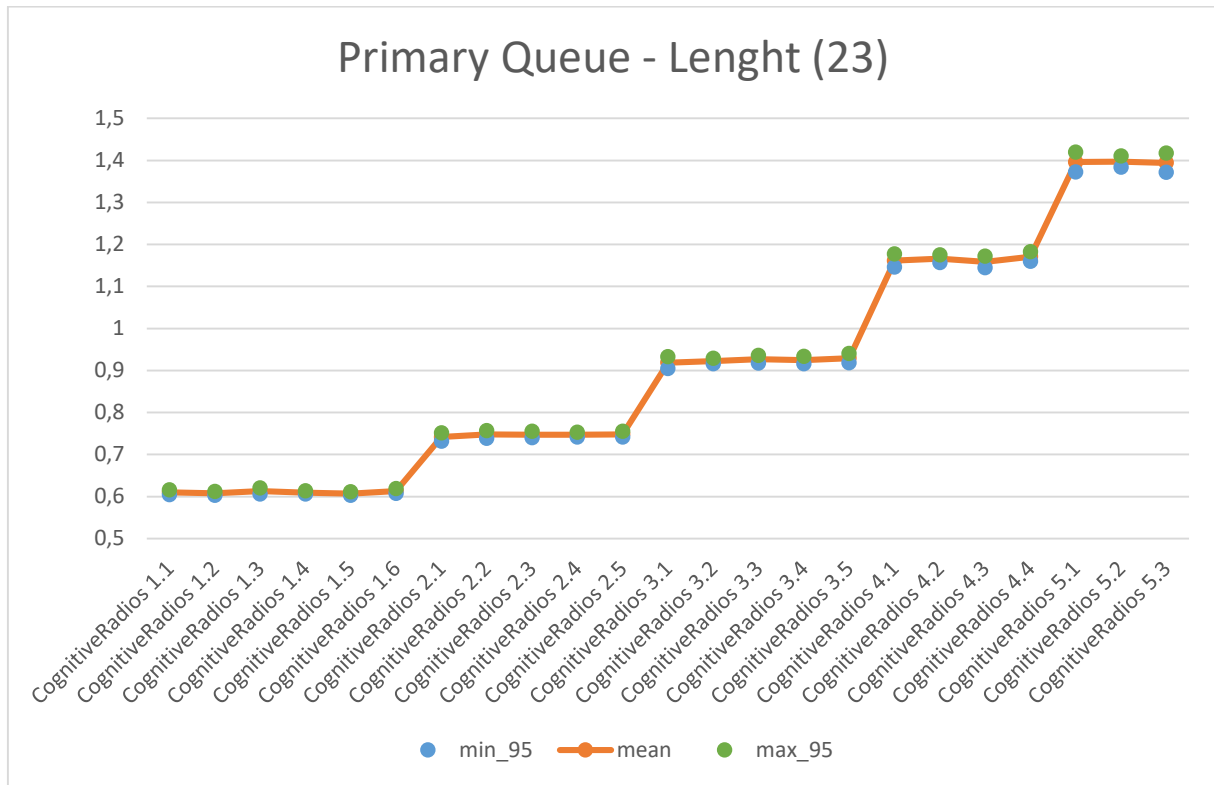
$$\max_{90} = \text{media} + \left(t_{90} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

Questi dati poi sono stati utilizzati per generare dei grafici per quanto riguarda la lunghezza media delle due code, il tempo medio di attesa dei job nelle code ed il tempo di permanenza di un job nel sistema sia considerando tutte le configurazioni (30) che considerando solo quelle che mantenessero il sistema stabile (23).

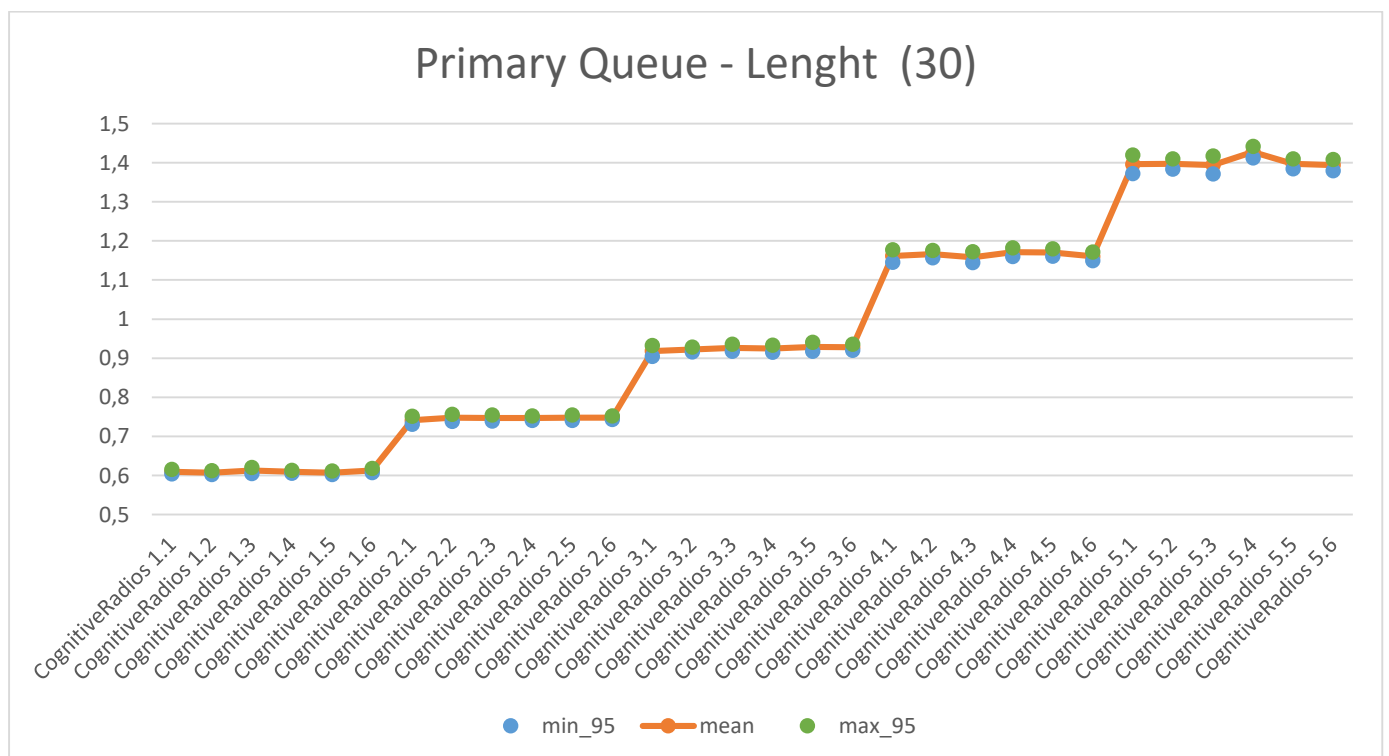
Grafici

Lunghezza delle code

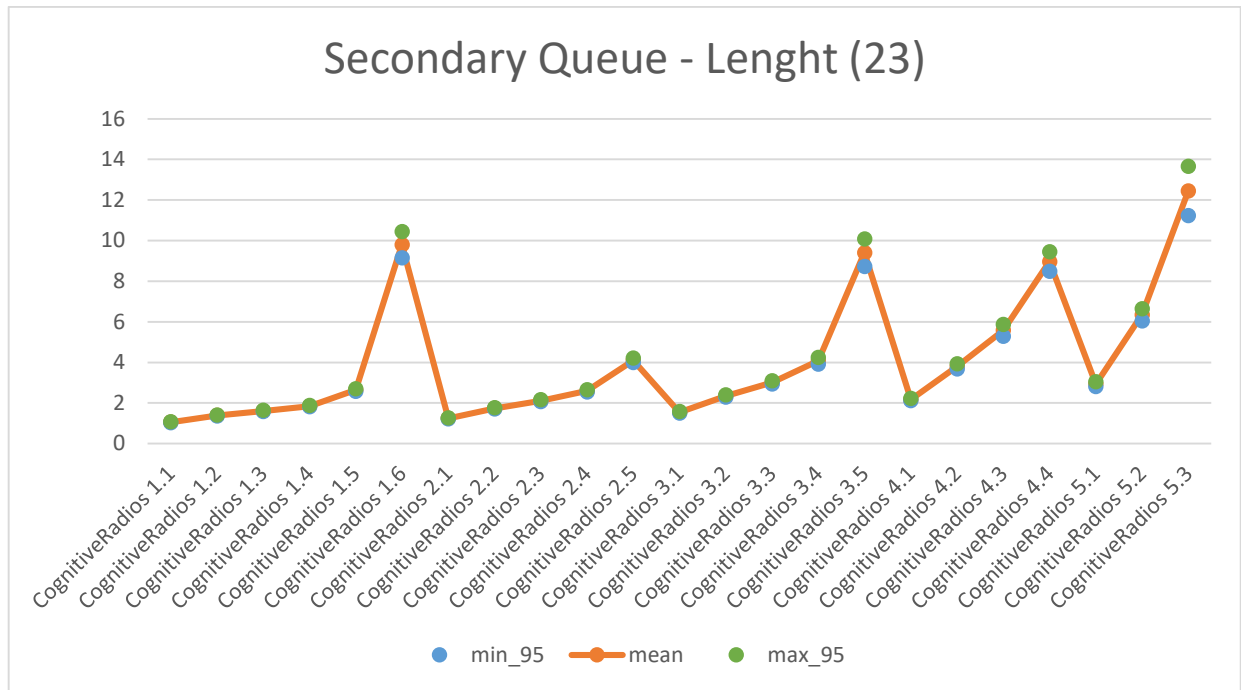
- Coda primaria – 23 configurazioni



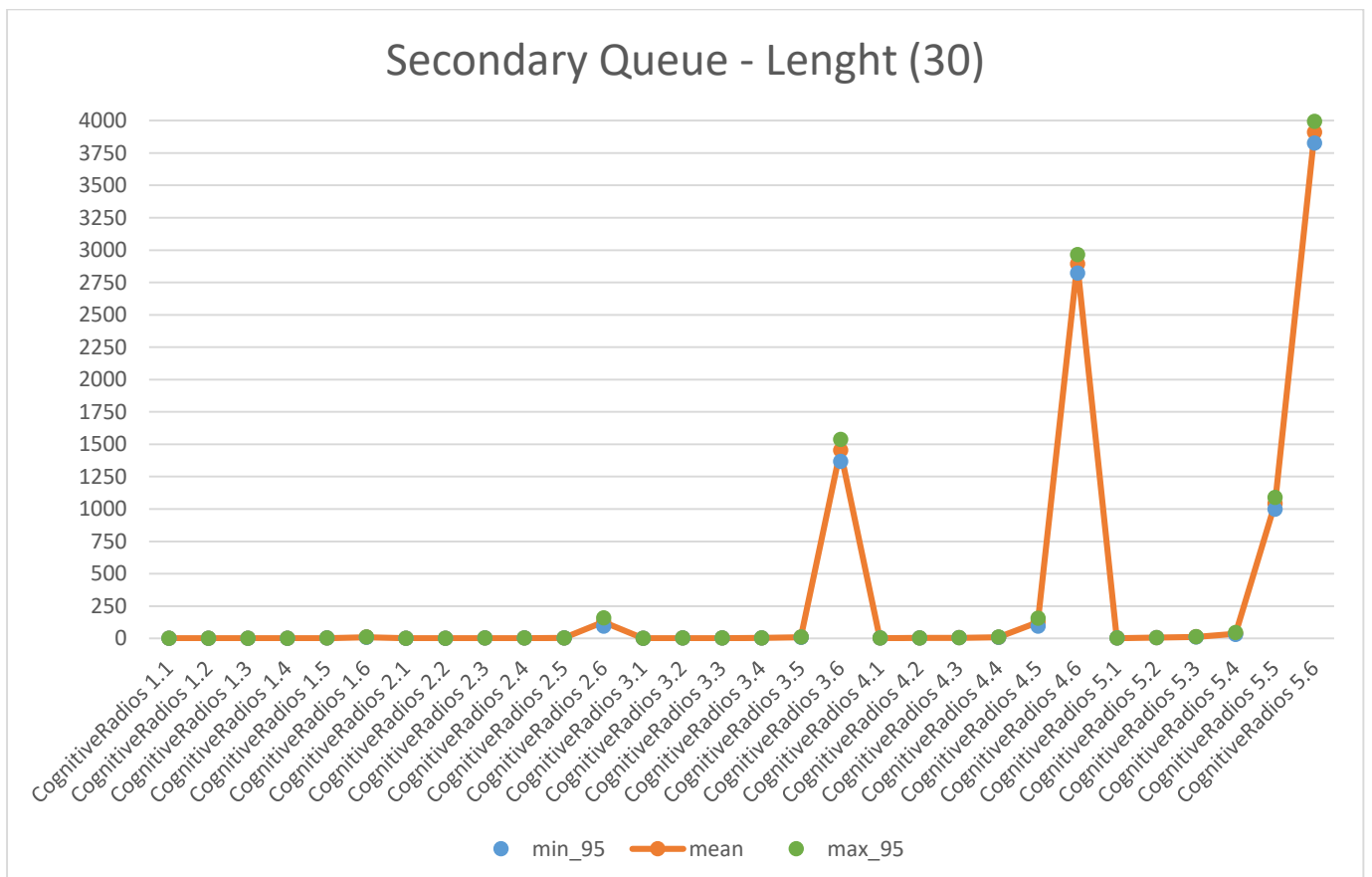
- Coda primaria – 30 configurazioni



- Coda secondaria – 23 configurazioni

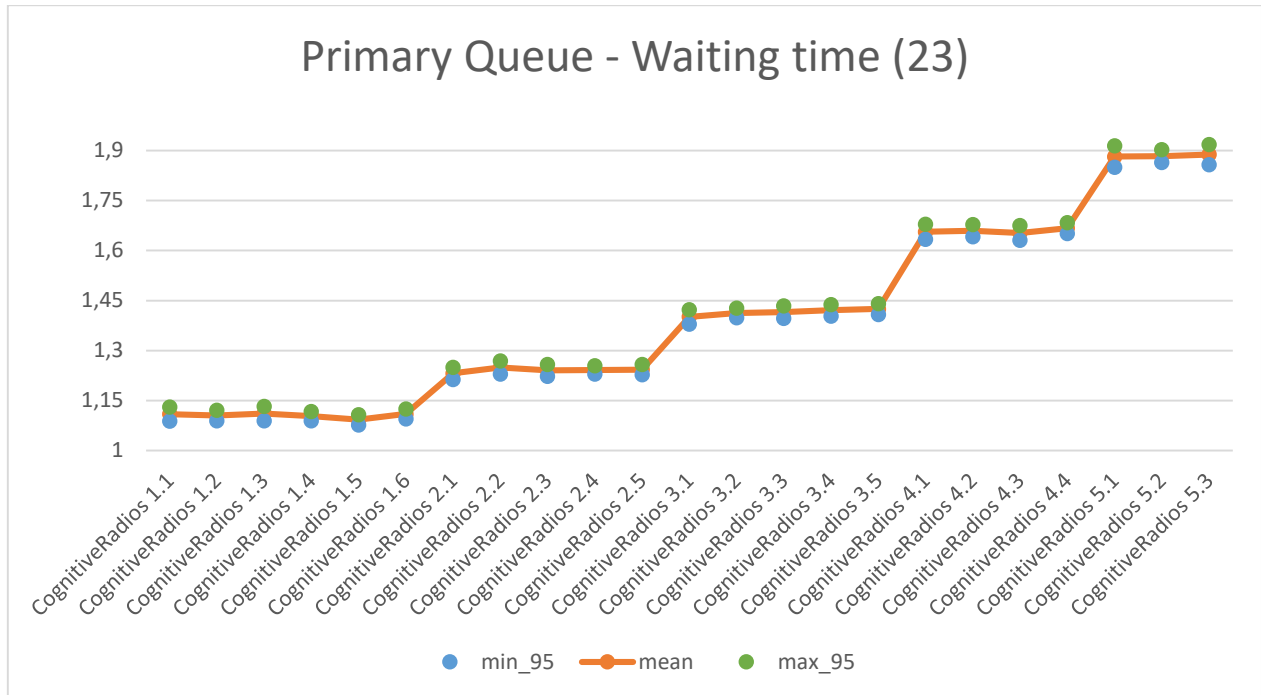


- Coda secondaria – 30 configurazioni

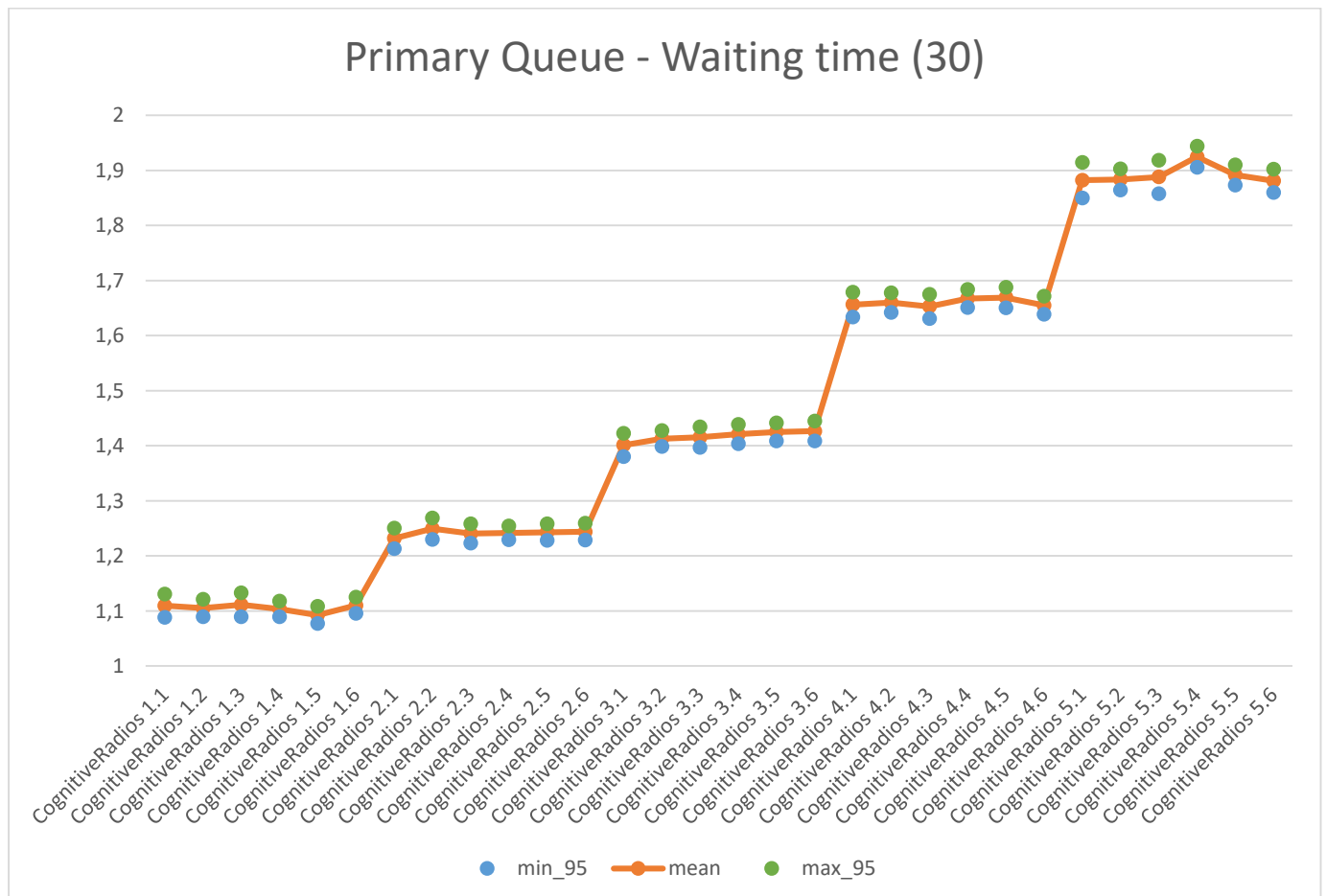


Tempo medio di attesa

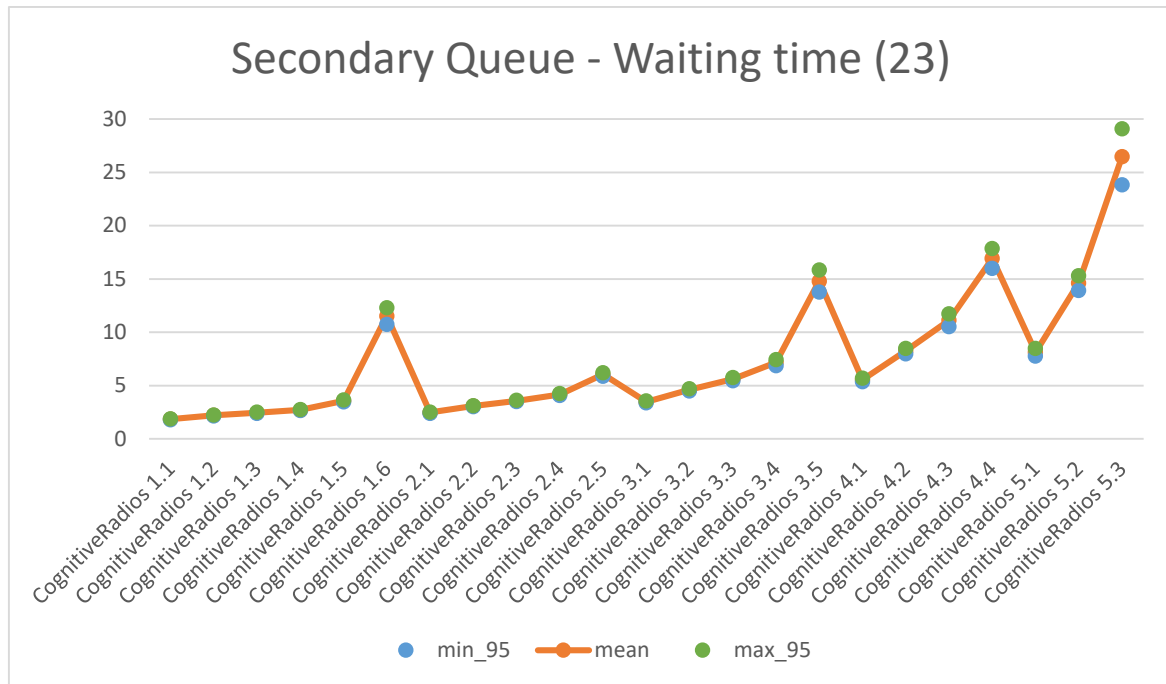
- Coda primaria – 23 configurazioni



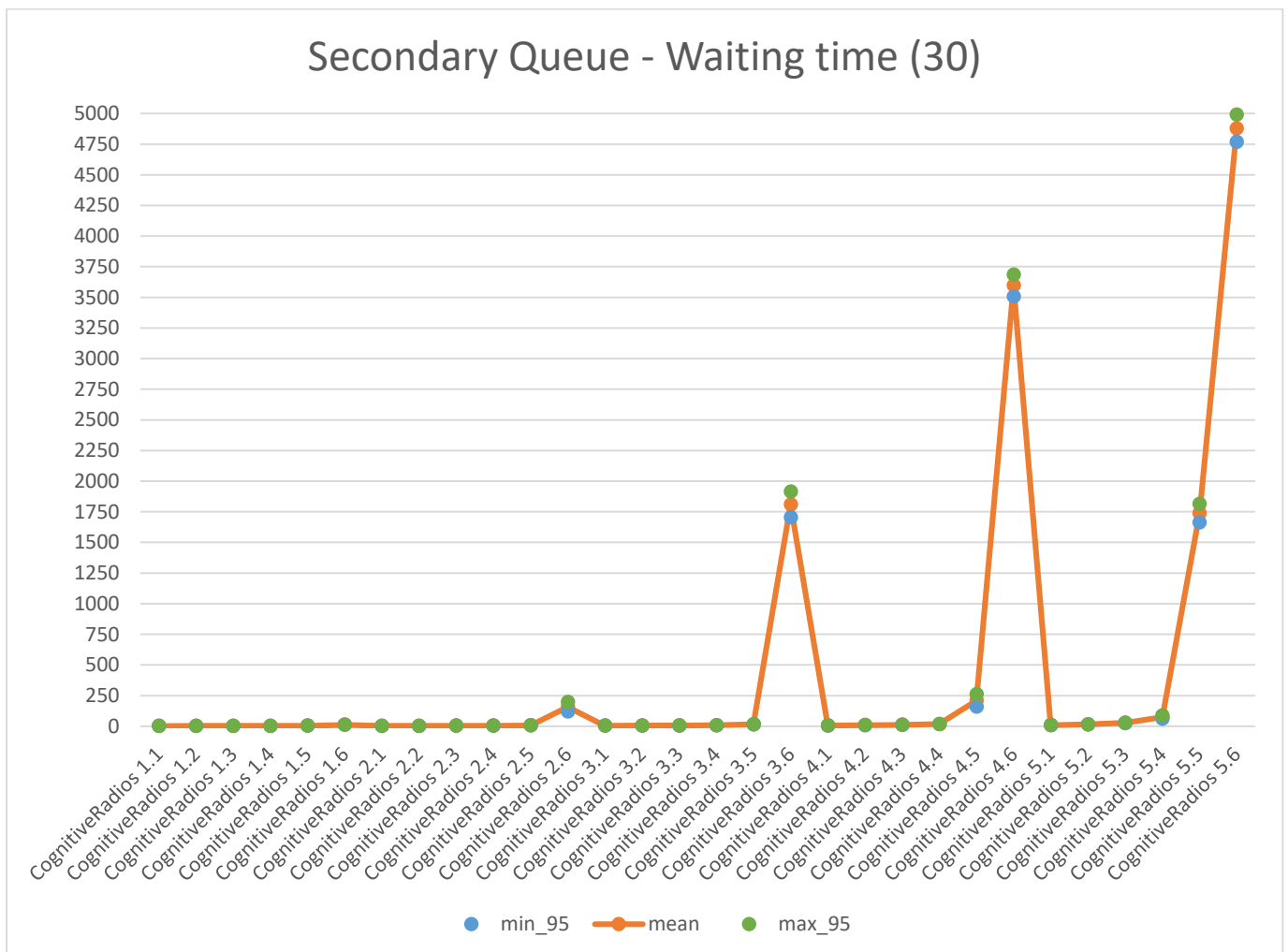
- Coda primaria – 30 configurazioni



- Coda secondaria – 23 configurazioni

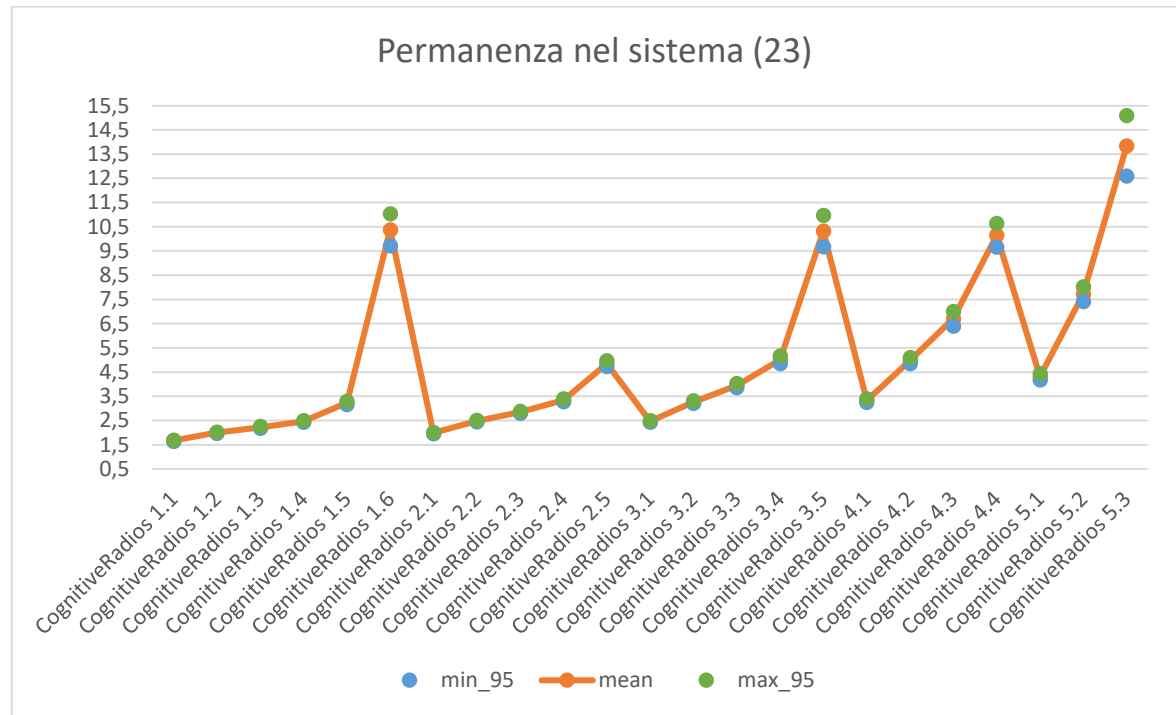


- Coda secondaria – 30 configurazioni

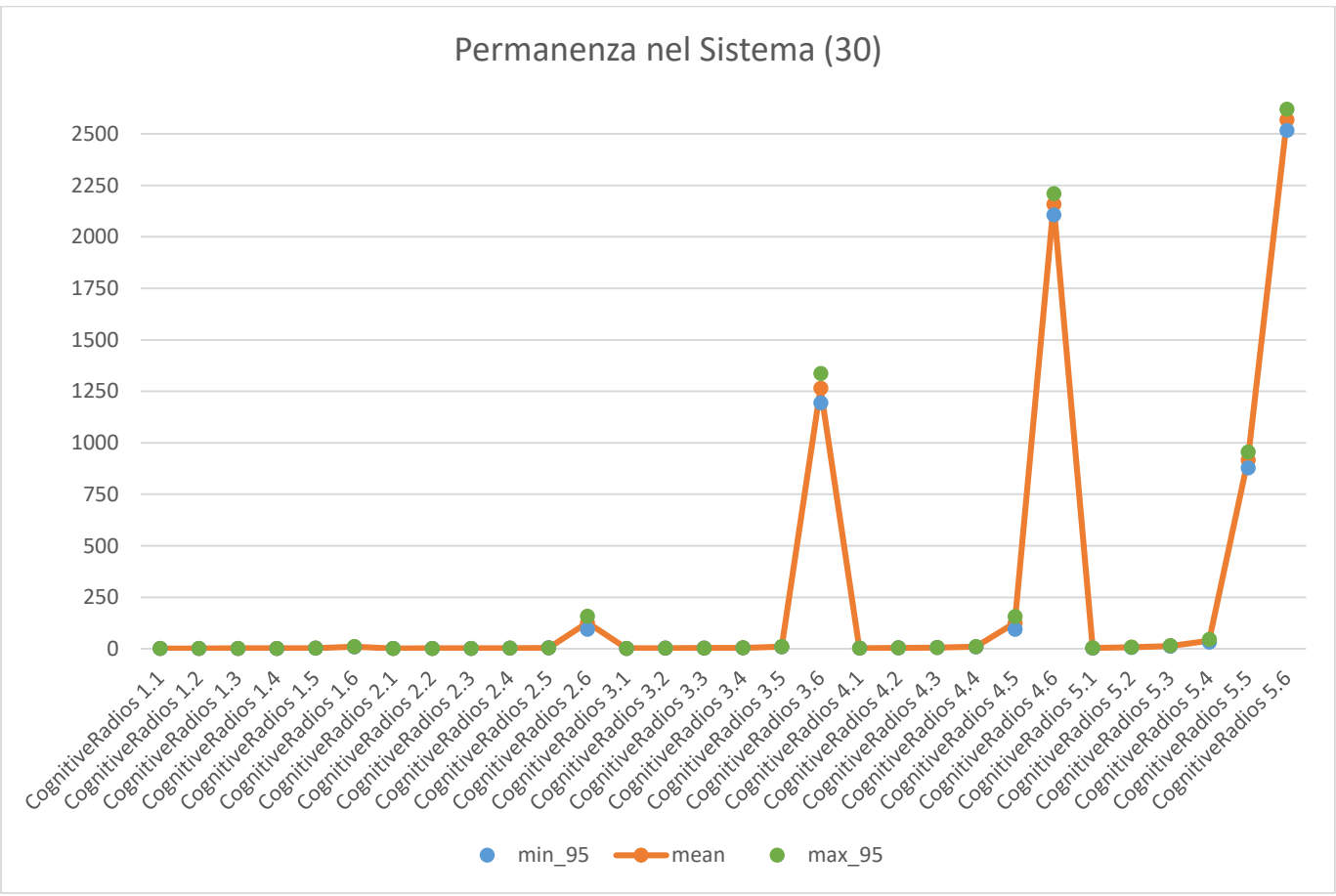


Tempo medio di permanenza nel sistema

- 23 configurazioni

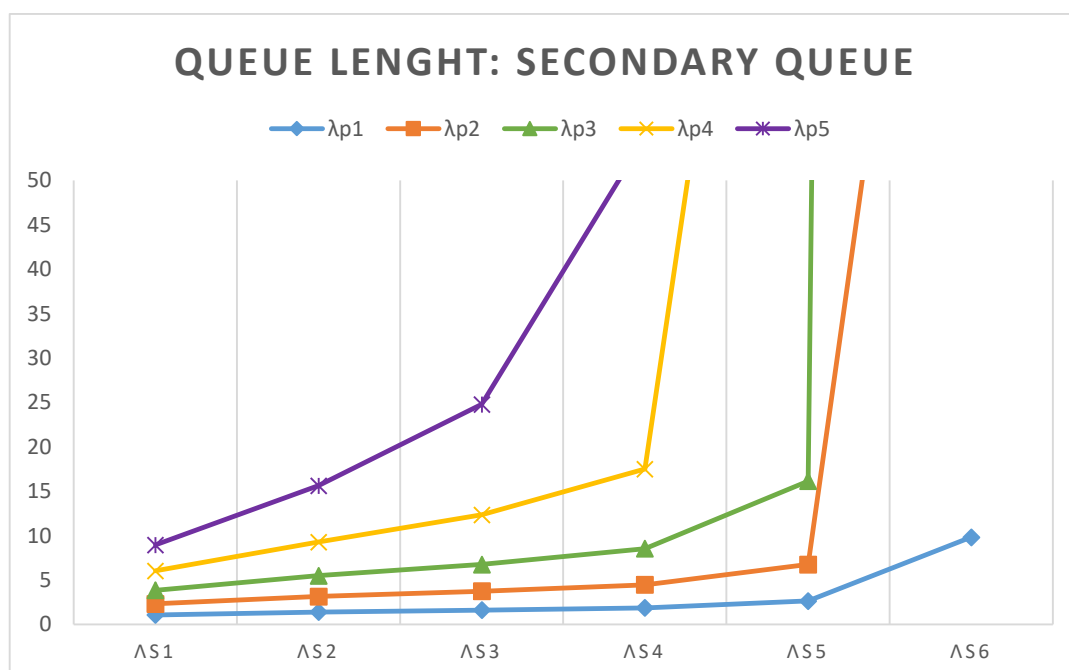
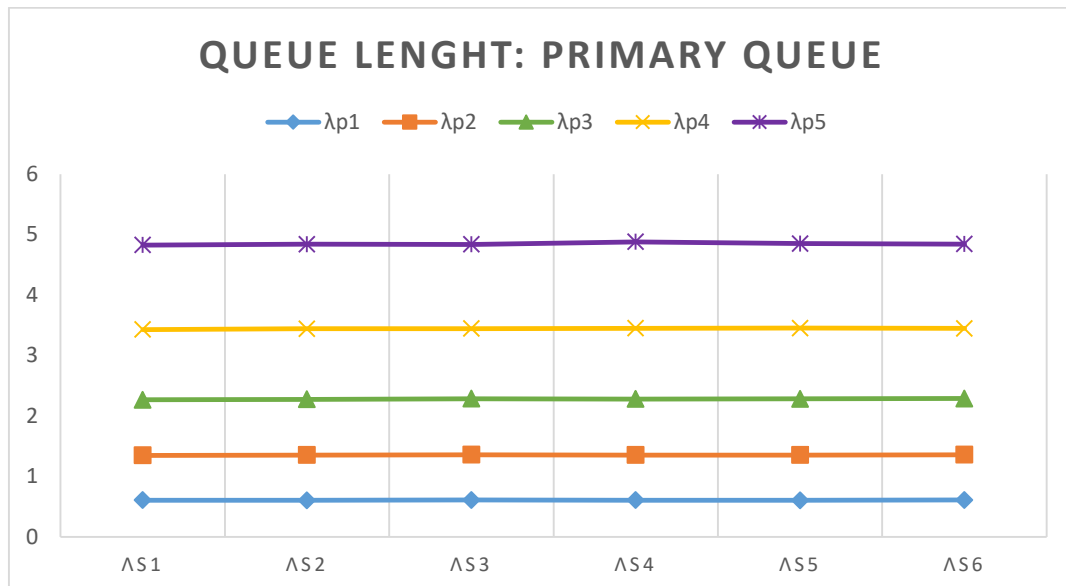


- 30 configurazioni

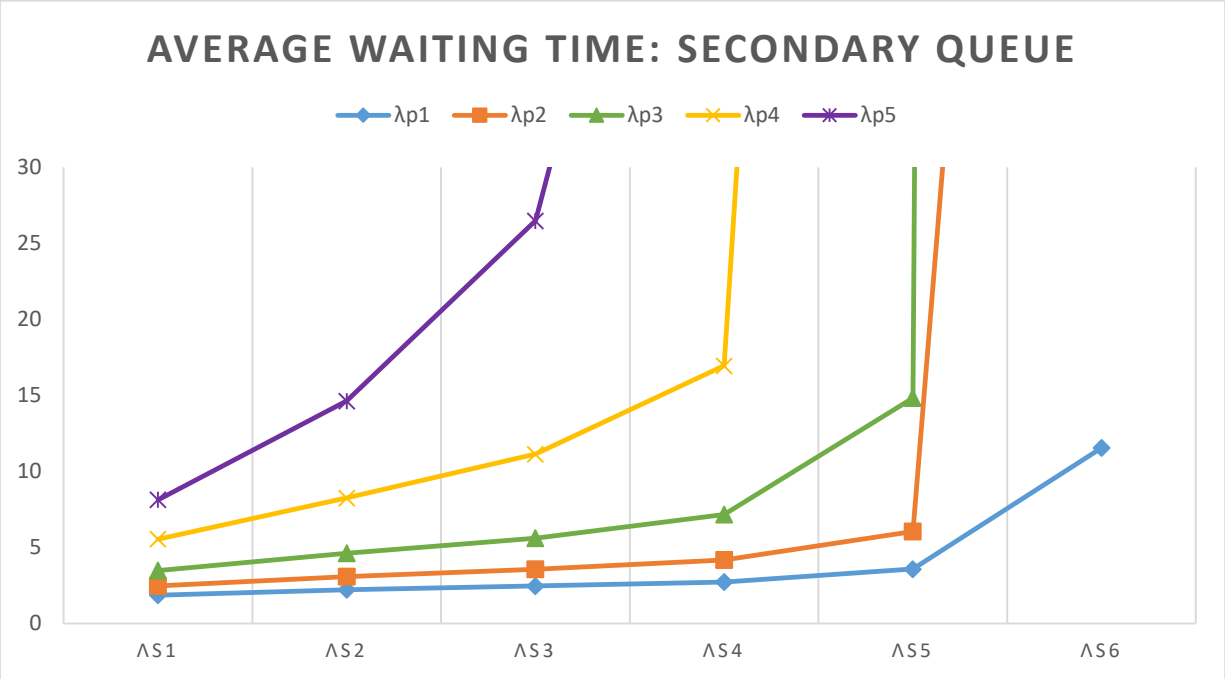
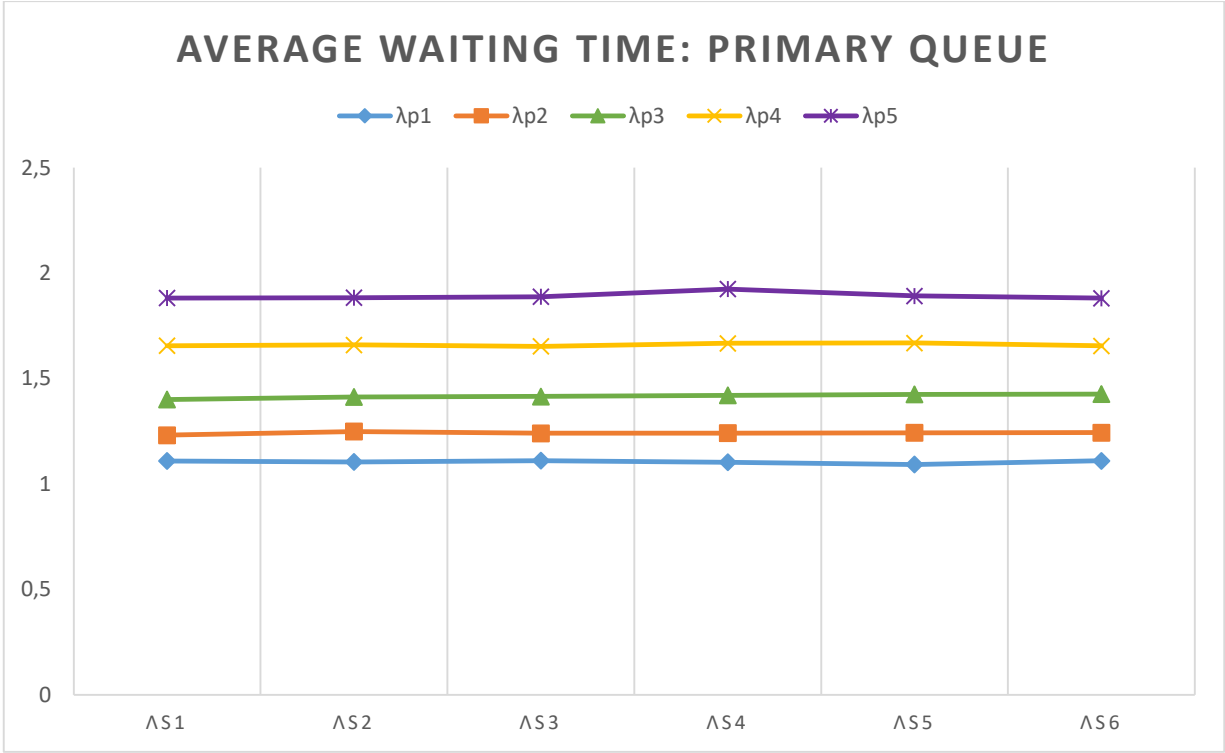


Infine sono stati analizzati grafici inerenti alle combinazioni di tempi di interarrivo primari e secondari, sia per quanto riguarda la lunghezza media delle code che i tempi di attesa medii. Per quanto riguarda la coda secondaria, per evitare valori troppo elevati, sono state prese in considerazione solo le combinazioni che mantenevano il sistema stabile.

Lunghezza media delle code



Tempo di attesa medio nelle code



Riferimenti

- [1] Isameldin Suliman, Janne Lehtomaki : “Queueing Analysis of Opportunistic Access in Cognitive Radios” (2009).
- [2] OMNeT++ [<https://omnetpp.org/intro>]
- [3] R [<https://www.r-project.org/>]