



**UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA**

Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica Informatica

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA

Relazione finale – Progetto Omnet++

Esteso

Corso di Reti per l'automazione industriale

Anno accademico 2021-2022

Autori:

Roggio Maria (1000037341)

Strano Giuseppe (1000027120)

Ventimiglia Andrea Paolo (1000039024)

Sommario

1. Introduzione	2
1.1. Schema macchina.....	2
1.2. Flussi	2
1.3. Metriche	2
1.4. Scenario 3 - Variante 4.....	3
1.5. Scelte implementative	3
2. Priorità statica.....	5
2.1. Specifiche.....	5
2.2. Risultati	5
2.3. Valori end-to-end delay e FLR	6
3. Priorità dinamica	8
3.1. Specifiche.....	8
3.2. Risultati	8
3.3. Valori end-to-end delay e FLR	9
4. Estensione	11
4.1. Scenario 2 – Variante 1	11
4.2. Simulazione.....	11
4.3. Flussi	12
4.4. Risultati	12
4.5. Grafici	13

1. Introduzione

1.1. Schema macchina

Si vuole implementare e simulare il seguente scenario di una rete contenente le seguenti caratteristiche:

1. 2 Switch
2. 18 End-node
3. Traffico cross-domain
 - a. ADAS
 - b. Infotainment

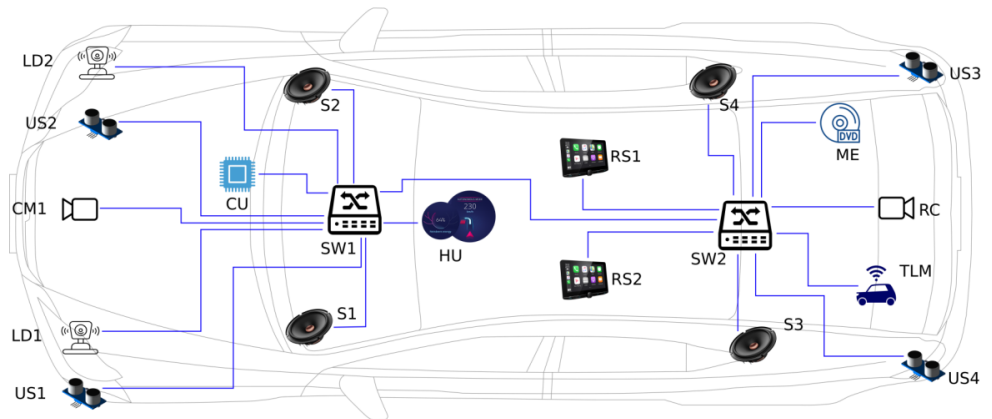


Figura 1.1 Scenario Macchina

1.2. Flussi

I flussi che vengono prodotti dai vari End-node sono riportati nella seguente tabella:

Src	Dst	Periodo	Deadline Rel.	Payload	Burst
LD1, LD2	CU	1.4 ms	1.4 ms	1300 byte	1
ME	S1, S2, S3, S4	250 us	250 us	80 byte	1
US1, US2, US3, US4	CU	100 ms	100 ms	188 byte	1
CU	HU	10ms	2 ms	1500 byte	7
CM1	HU	16.66 ms	16.66 ms	1500 byte	119
ME	RS1, RS2	33.33 ms	33.33 ms	1500 byte	119
TLM	HU, CU	625 us	625 us	600 byte	1
RC	HU	33.33 ms	33.33 ms	1500 byte	119

Tabella 1.1 Flussi degli End-Node

1.3. Metriche

Le metriche che vengono misurate all'application layer sono:

- End-to-end delay: $e2eDelay = RxTime - GenTime$ per flusso
- Frame Loss Ratio (FLR): $FLR = \frac{frame_scartate}{frame_trasmesse}$ per flusso

1.4. Scenario 3 - Variante 4

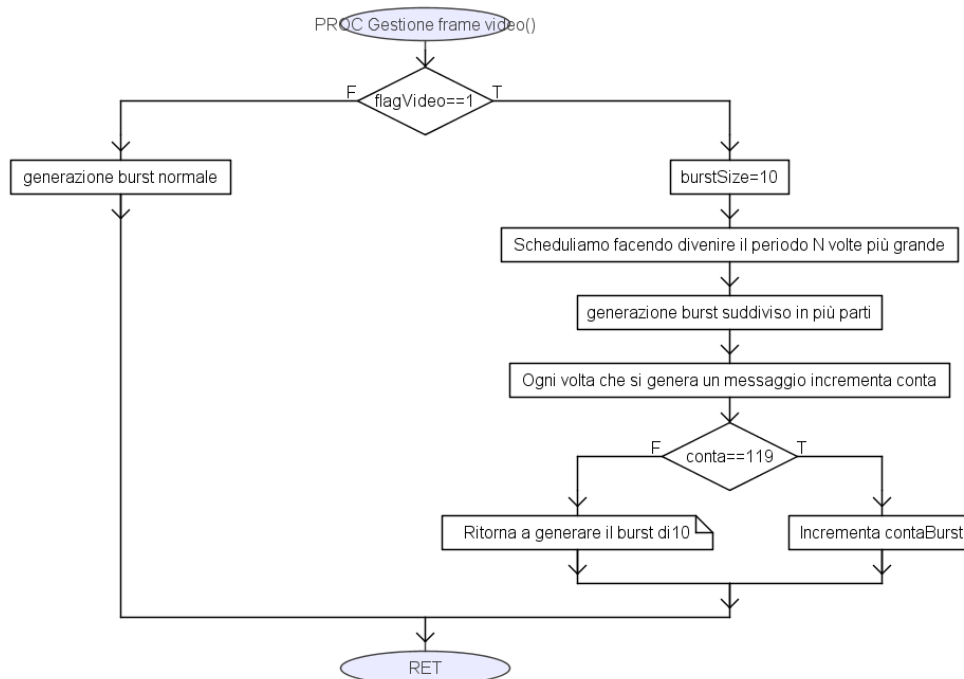
Nel dettaglio tratteremo due tipologie di schedulazione:

- una a priorità statica (Deadline Monotonic), in cui la priorità verrà settata mediante deadline relativa con un max di 8 priorità;
- una a priorità dinamica (EDF), in cui la priorità verrà settata mediante deadline assoluta che verrà codificata ne payload della frame Ethernet.

La coda avrà dimensione limitata a 10 frame, nella quale i burst video non dovranno essere scartati. Inoltre, verranno calcolati, per ogni flusso, e2eDelay e FLR.

1.5. Scelte implementative

La prima scelta progettuale è stata quella di realizzare una coda limitata che raggiunto il limite massimo scartasse tutte i frame ad eccezione delle frame video, come mostrato nella seguente figura:



Il seguente diagramma a blocchi è stato implementato nel periodicBurstApp.

- Tramite un flag, implementato nell'omnet.ini, verifichiamo se il frame appartiene ad un burst video o no.

- Qualora non fosse un frame video continua a generare un burst senza dover implementare delle modifiche. Viceversa, se il frame appartiene ad un burst video verifichiamo se un contatore, settato a inizio codice, è uguale a 119 (valore critico poiché verrebbero scartate 109 frame video, violando così il vincolo progettuale) in tal caso ridimensioniamo il burst size a 10, suddividendo il singolo burst in più burst ed incrementando il periodo senza violare la deadline.

La seconda scelta progettuale è stata quella di implementare un dispatcher tra il nodo e il nic, il quale compito è quello di ricevere i frame degli n nodi contemporaneamente per poi inoltrarle singolarmente al nic perché quest'ultimo, avendo una sola porta, non potrebbe ricevere le n frame tutte in una volta.

Le altre scelte progettuali sono solo di ottimizzazione e personalizzazione del codice.

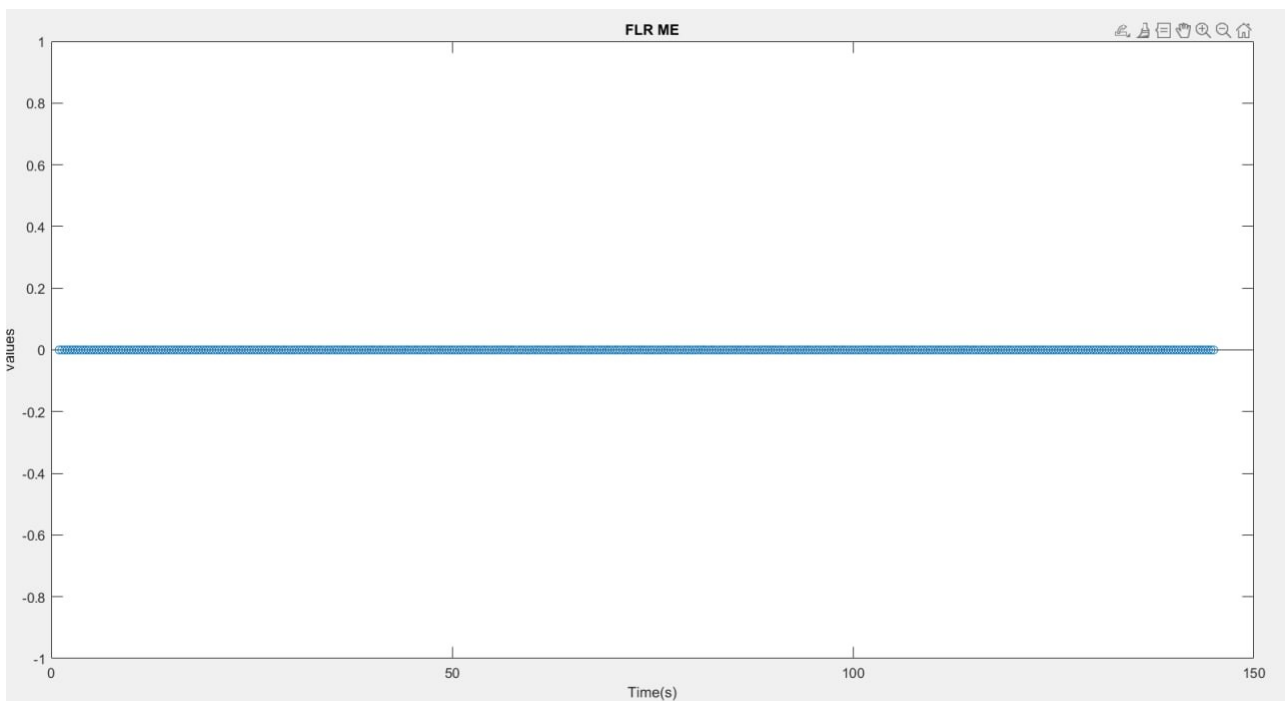
2. Priorità statica

2.1. Specifiche

- Utilizzo di Deadline Monotonic (priorità max 8)
- Coda limitata a 10 frame
- Nessuna perdita di frame video

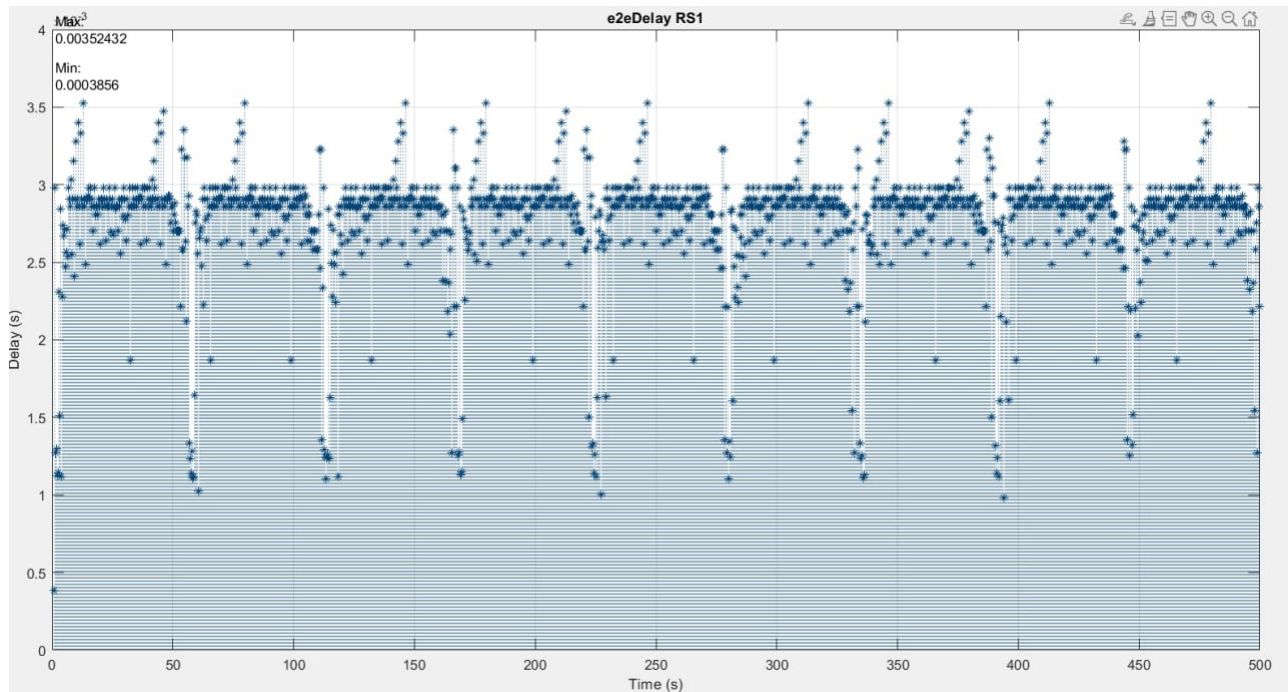
2.2. Risultati

Il principale compito dell'analisi da definire è lo studio del traffico video generato dal nodo ME. Quello che si è potuto notare, è che FLR (Frame Loss Ratio) risulta sempre 0, il risultato è quello sperato poiché non si devono avere frame scartate:



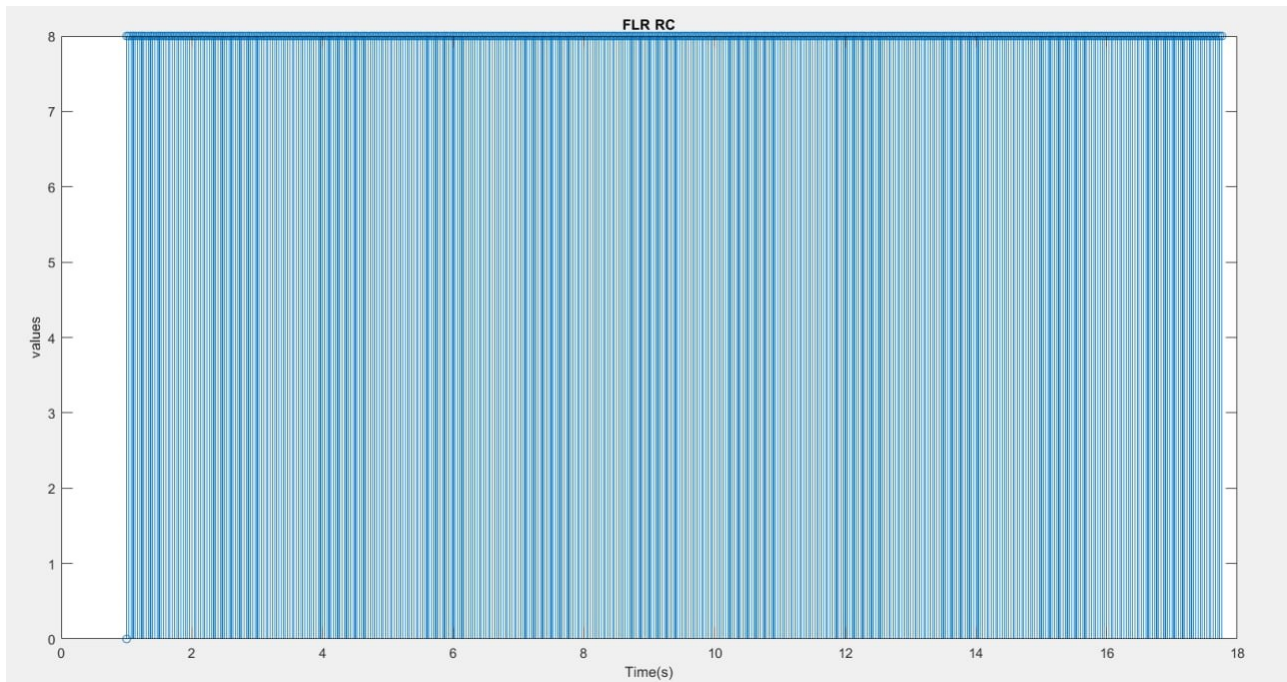
Come si può osservare dal grafico sopra, la FLR è sempre costante a 0 anche se vi sono più flussi.

Un altro risultato ottenuto è relativo all'end-to-end delay, del nodo RS1 che riceve da ME. L'end-to-end delay solitamente oscilla non oltre i 0.5 secondi. Questo è un ottimo risultato poiché i frame non attendono molto per essere trasmesse:

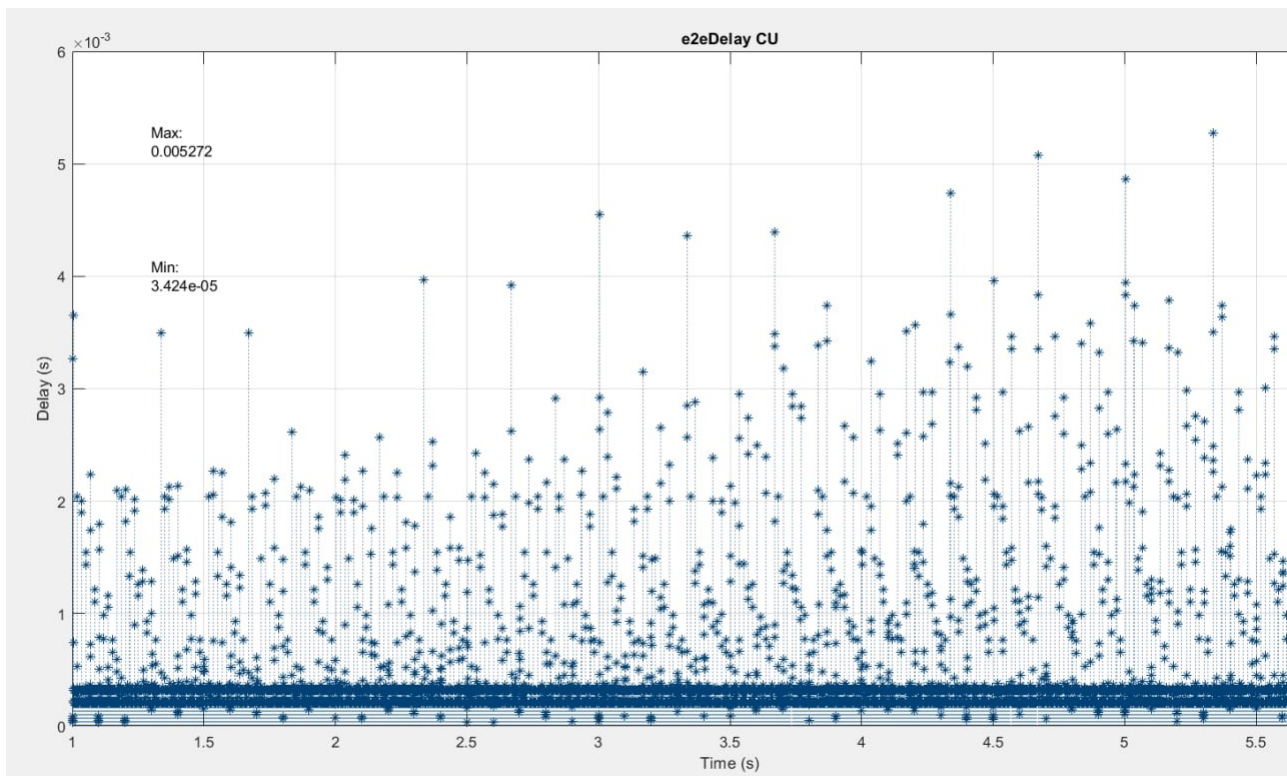


2.3. Valori end-to-end delay e FLR

I risultati ottenuti nel paragrafo precedente, inerenti al nodo ME, sono stati ottenuti non avendo frame scartate e quindi non perdendo pacchetti. Questa considerazione non può essere fatta per gli altri nodi, presenti nella rete, poiché per essi non è stato implementato nessun meccanismo per salvaguardare ed evitare la perdita di frame. Difatti, l'FLR risulta essere diverso da zero come lo si può osservare dal grafico riportato di seguito inerente l'andamento del nodo RC:



Per completezza, riportiamo anche il grafico dell'end-to-end delay del nodo CU:



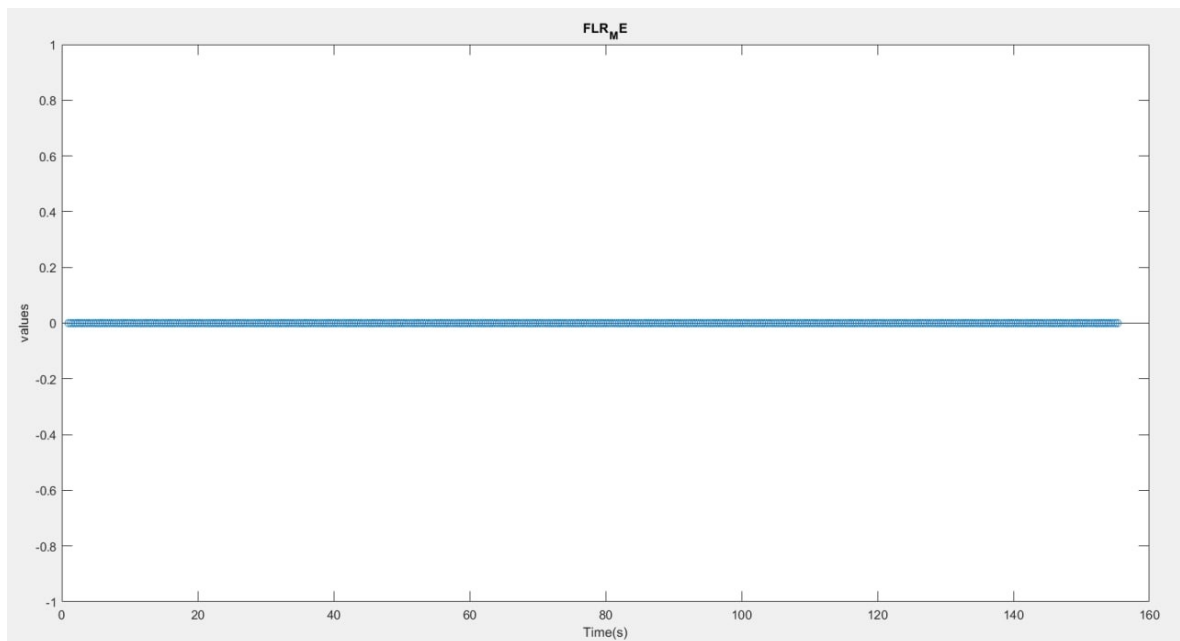
3. Priorità dinamica

3.1. Specifiche

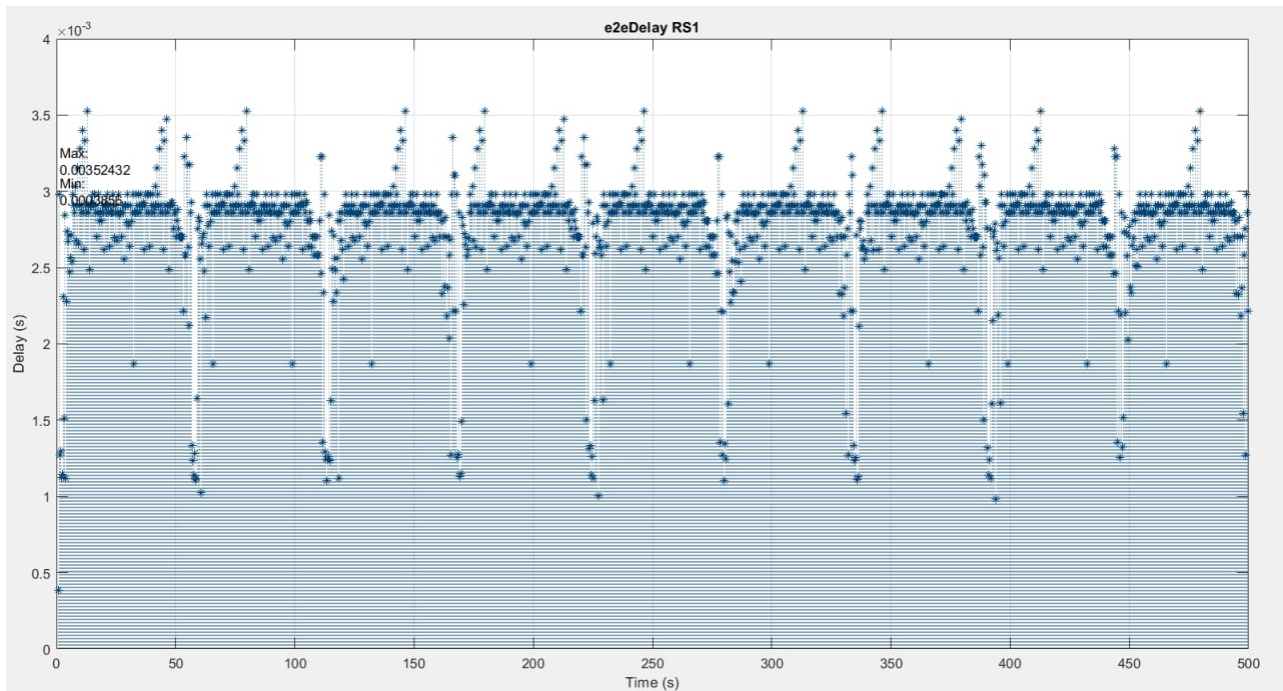
- Utilizzo di Earliest Deadline First-EDF
- Coda limitata a 10 frame
- Nessuna perdita di frame video
- Deadline Assolute codificate nel payload della frame Ethernet

3.2. Risultati

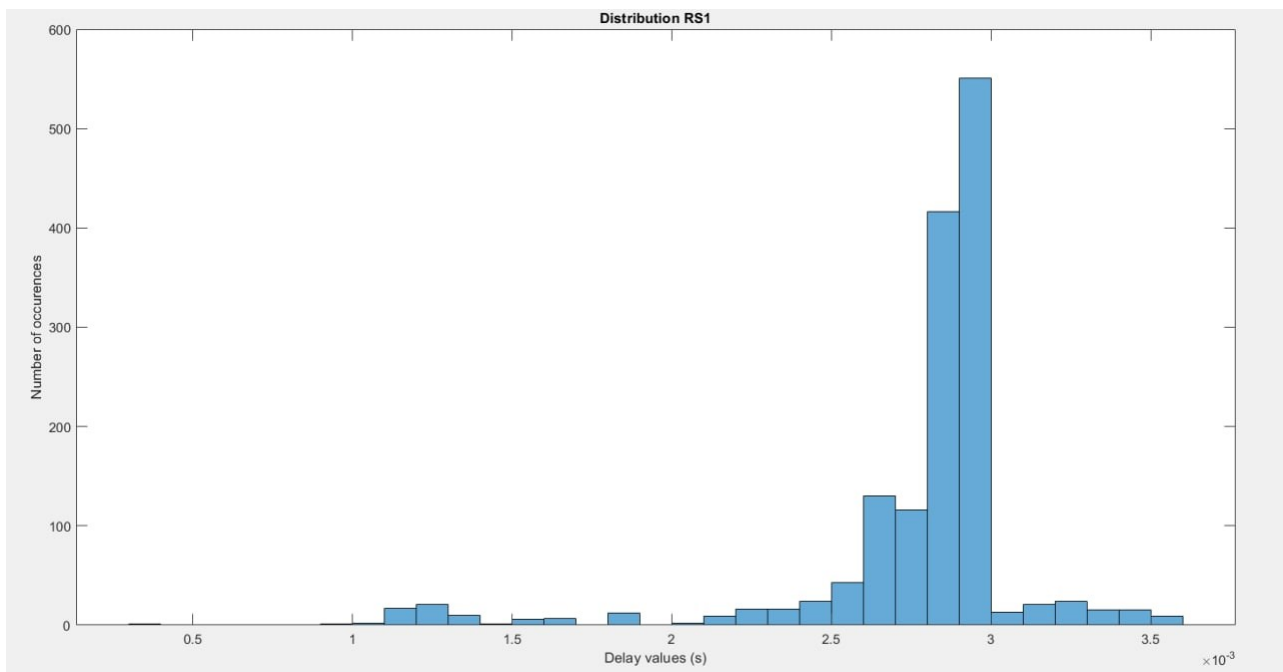
Rispetto al caso precedente, in cui la priorità è statica, con la priorità dinamica si è potuto notare che l'FLR è rimasto invariato, poiché il meccanismo adottato in precedenza non necessita di modifiche in quanto non dipende dalla priorità. Lo possiamo osservare dal grafico seguente:



Un altro nodo preso in considerazione, oltre al ME, è RS1. Di seguito verranno riportati i valori dell'end-to-end delay e la sua distribuzione relativa al nodo precedentemente citato:



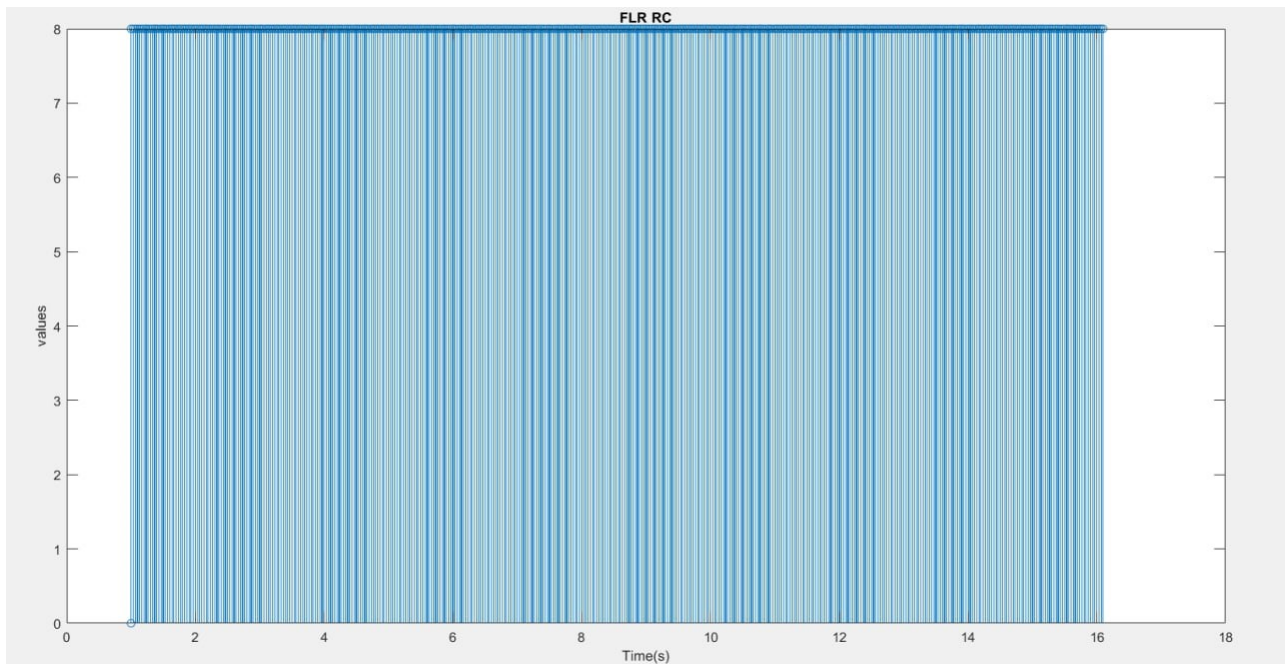
Come mostrato in alto a sinistra della figura, vi sono i punti di minimo e di massimo.



3.3. Valori end-to-end delay e FLR

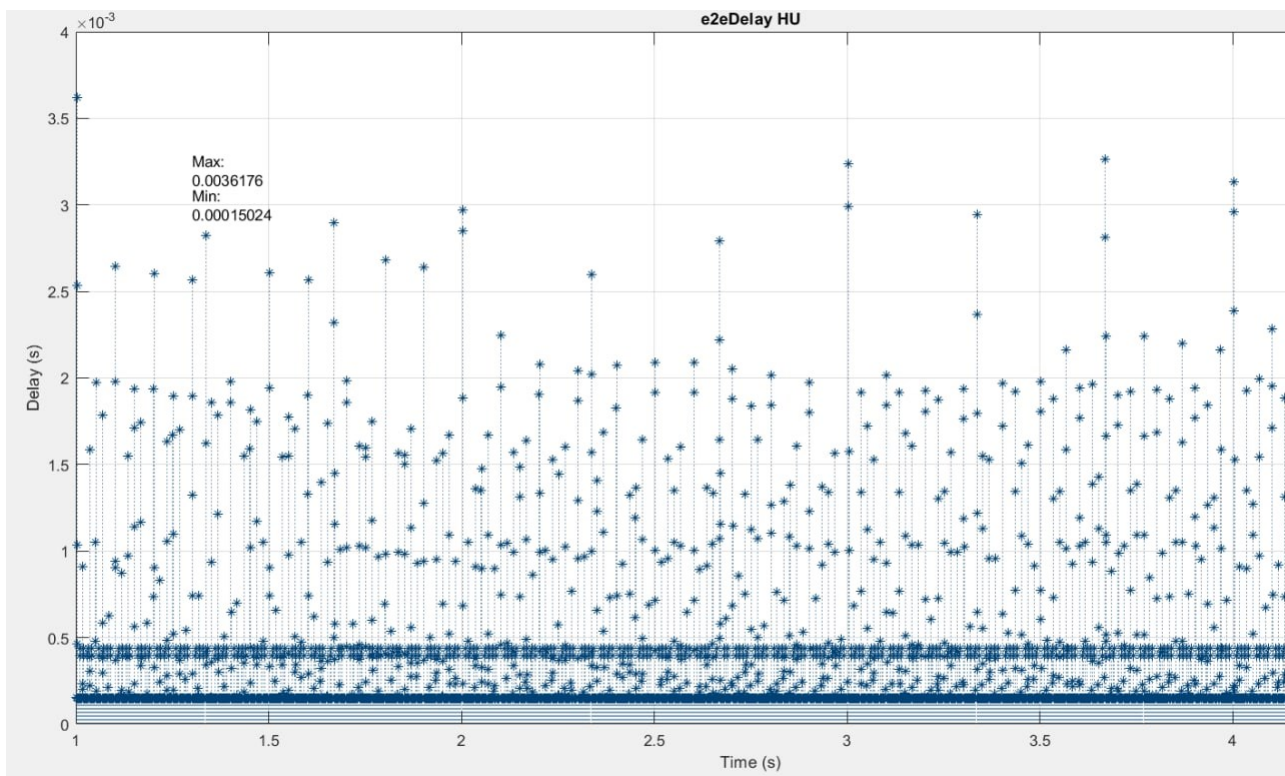
I risultati ottenuti nel paragrafo precedente, inerenti al nodo ME, sono stati ottenuti non avendo frame scartate e quindi non perdendo pacchetti. Questa considerazione non può essere fatta per gli altri nodi, presenti nella rete, poiché per essi non è stato implementato nessun meccanismo per

salvaguardare ed evitare la perdita di frame. Difatti, l'FLR risulta essere diverso da zero come lo si può osservare dal grafico riportato di seguito inerente l'andamento del nodo RC:



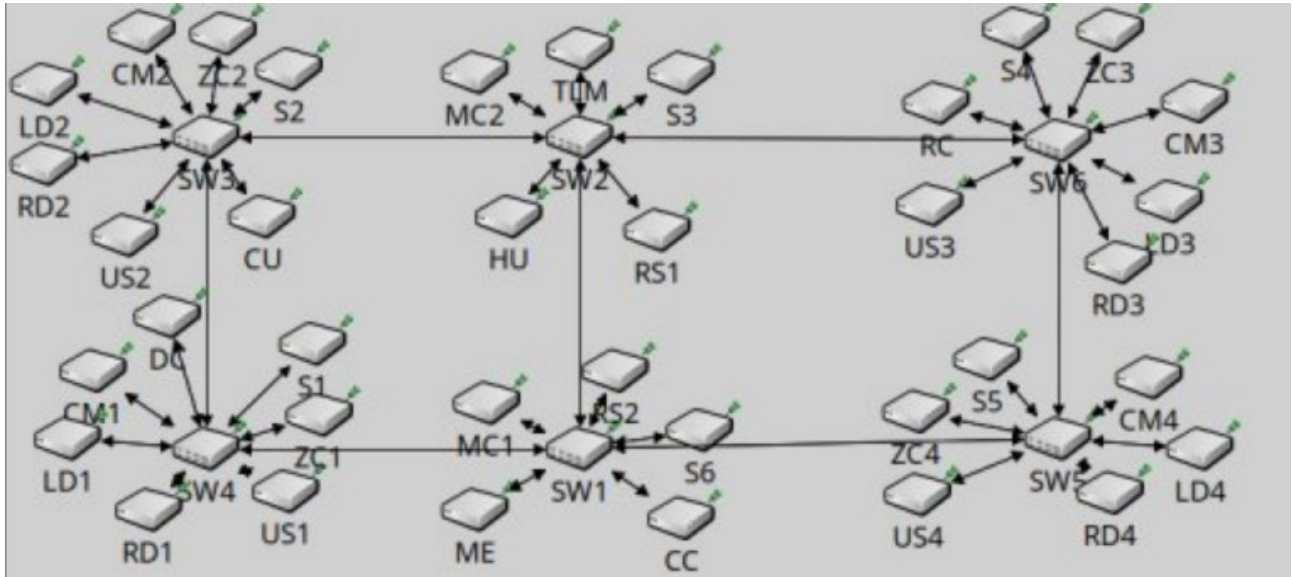
Come si può notare dal grafico, il nodo RC periodicamente perde un tot frame che causano il vertiginoso aumento dell'FLR.

Per completezza, riportiamo anche il grafico dell'end-to-end delay di un altro nodo della rete HU come confronto tra i suoi valori e quelli del ME:



4. Estensione

4.1. Scenario 2 – Variante 1



4.2. Simulazione

Eseguire simulazioni al variare della priorità assegnata ad ogni flusso da 0 a 7.

Priorità statica scelta casualmente per ogni flusso a inizio simulazione.

Stessa priorità per tutta la simulazione

Più simulazioni possibili con seed diversi (minimo 5000 simulazioni.)

Durata simulazione calcolata per collezionare almeno 5000 risultati per ogni flusso.

File csv risultante per ogni flusso:

NomeFlusso; Src; Dst; periodo; deadline relativa; payload; burst; sw1; sw2; priorità; DMR; Max(e2eDelay); Avg(e2eDelay); numRxFrames;

4.3. Flussi

Nome	Src	Dst	Periodo	Deadline Rel.	Payload	Burst
LiDAR	LD1, LD2, LD3, LD4	CC	1.4 ms	1.4 ms	1248 byte	1
Audio	ME	S1, S2, S3, S4	250 us	250 us	80 byte	1
VideoInfot.	ME	RS1, RS2	33.33 ms	33.33 ms	1500 byte	119
Ultrasonic	US1, US2, US3, US4	CC	100 ms	2 ms	188 byte	1
Camera	CM1, CM2, CM3, CM4	CC	16.66 ms	16.66 ms	1500 byte	119
HeartBeat	CM1, CM2, CM3, CM4, MC1, MC2, RD1, RD2, RD3, RD4, LD1, LD2, LD3, LD4, US1, US2, US3, US4, ZC1, ZC2, ZC3, ZC4, TLM, CU	CC	10ms	10ms	64 byte	1
MirrorCamera	MC1, MC2	CC	16.66ms	16.66ms	1500 byte	119
DriverCamera	DC	CC	16.66ms	16.66ms	1500 byte	119
RearCamera	RC	CC	16.66ms	16.66ms	1500 byte	119
Radar	RD1, RD2, RD3, RD4	CC	2500us	2000us	625 byte	1

Nome	Src	Dst	Periodo	Deadline Rel.	Payload	Burst
AdasSensors1	ZC1, ZC2, ZC3, ZC4	CC	10 ms	1 ms	1000 byte	10
AdasSensors2	ZC1, ZC2, ZC3, ZC4	CC	20 ms	1.5 ms	1000 byte	10
TelemMap	TLM	CC	6ms	6ms	1500 byte	1
Telematics	TLM	HU, RS1, RS2	625us	625us	600 byte	1
Control1	CC, CU	CC, CU	200ms	200ms	64 byte	1
Control2	CC, CU	CC, CU	5ms	200ms	64 byte	1
Control3	CC, CU	CC, CU	50ms	200ms	64 byte	1
Control4	CC, CU	CC, CU	100ms	200ms	64 byte	1
Control5	CC, CU	CC, CU	500ms	200ms	64 byte	1
Control6	CC, CU	CC, CU	1ms	200ms	64 byte	1
DACAM	CC	HU	166us	166us	1500 byte	1

4.4. Risultati

L'implementazione di nodi e switch aggiuntivi nel progetto iniziale, ha causato l'aumento vertiginoso della perdita dei frame. Questo perché i meccanismi utilizzati precedentemente erano studiati per quel tipo di rete, rendendo poco flessibile il sistema.

i risultati ottenuti mostrano degli FLR quasi sempre maggiori di 1, anche nel caso dei nodi che trasmettono frame video. Questo per le motivazioni spiegate precedentemente.

Dopo svariati tentativi e modifiche opportune al codice, per azzerare l'FLR, le considerazioni estraibili dai risultati sono:

che gli approcci utilizzati e studiati riuscivano solo a minimizzare l'FLR, senza mai riuscire ad ottenere un valore di frame perse pari a zero o talmente piccolo rispetto ai frame trasmesse per ottenere un FLR nullo.

I risultati ottenuti dall'end-to-end delay variano da nodo a nodo, rispetto all'andamento visto nel progetto iniziale che restituiva andamenti simili per i vari nodi.

4.5. Grafici

