

## Strumenti di simulazione

Davide Quaglia, Cristiano Meda

Scopo di questa esercitazione è:

- 1) imparare ad utilizzare un simulatore di rete professionale chiamato OPNET;
- 2) analizzare scenari di simulazione di rete;
- 3) analizzare uno scenario di rete wireless con utilizzo di tecniche di garanzia della QoS.

### 1 Introduzione a OPNET

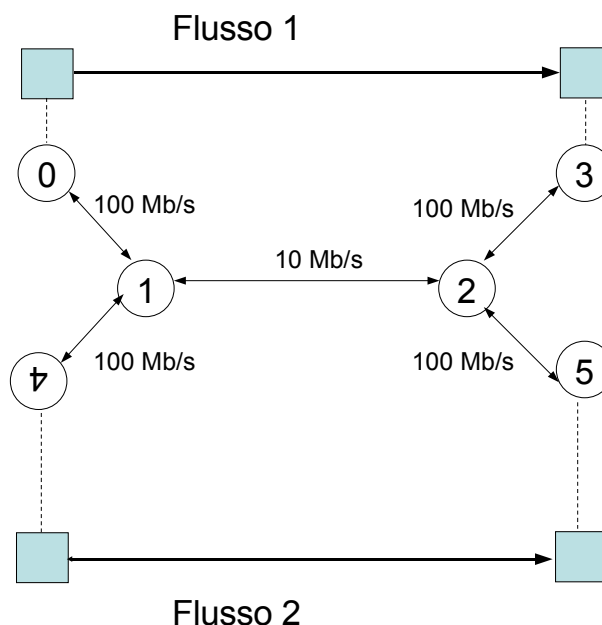
Il simulatore di protocolli di rete utilizzato per la generazione delle simulazioni è Modeler + Modeler Wireless Suite di OPNET Technologies, Inc. Questo simulatore permette la specifica a basso livello degli strumenti di rete coinvolti in questo progetto per un'analisi dettagliata del traffico di rete (OPNET, 2008).

Il modulo aggiuntivo Modeler Wireless Suite permette inoltre la specifica delle caratteristiche tecnologiche di dispositivi senza fili anche se con alcune limitazioni dal punto di vista della propagazione del segnale. I protocolli di rete supportati da OPNET sono: la famiglia di protocolli IEEE 802.11, 3G/4G, Ultra Wide Band (UWB), IEEE 802.16 WiMAX, IEEE 802.15.4 ZigBee, Bluetooth e comunicazioni di tipo satellitare.

A corredo del software base sono stati implementati una grande quantità di moduli per svariati utilizzi tra cui: un modulo per la modellazione del terreno che permette una più accurata stima della propagazione del segnale, un modulo per l'analisi del traffico e un modulo per la co-simulazione con oggetti esistenti interfacciabili con un linguaggio simile al C.

### 2 Simulazione di uno scenario di rete

Topologia a “collo di bottiglia” (bottleneck)



I flussi dati da trasmettere come Flusso 1 e Flusso 2 sono di 6-7 Mb/s.

## Esercizio

Analizzare throughput e packet loss rate dei due flussi nelle seguenti condizioni:

1. Due flussi TCP
2. Un flusso TCP e uno UDP
3. Due flussi UDP

## 3 Il progetto Wireless TransPlat

In una situazione di lenta mobilità, che vede i treni in avvicinamento alle stazioni ferroviarie, si vuole studiare la possibilità di implementare un'infrastruttura di rete wireless che permetta lo scambio di dati.

Tale infrastruttura comprenderà i seguenti apparati di rete:

- telecamere posizionate a lungo le banchine
- access point collocati in stazione
- switch
- computer di terra
- computer di bordo con interfaccia di rete wireless

La rete in oggetto potrà essere utilizzata per il passaggio di vari flussi d'informazione. Un primo flusso di dati che interesserà la rete è quello che dalla stazione, attraverso l'ausilio di telecamere opportunamente sistemate, permette al macchinista di un convoglio ferroviario di monitorare la banchina. Questo flusso d'informazione consiste in uno streaming video in tempo reale da terra a bordo treno. Tale flusso è di prioritaria importanza, per questo motivo si studierà la necessità o meno di introdurre politiche di qualità del servizio (QoS) per impedire che altri flussi di dati possano compromettere il monitoraggio della banchina.

Altra comunicazione, identificata dall'azienda committente come necessaria, è quella tra un operatore di terra e un treno in prossimità della stazione. Come risulta dai documenti rilasciati in precedenza nell'ambito dello stesso progetto WTP, ogni treno è equipaggiato con una serie di telecamere per il monitoraggio della situazione a bordo. Le sequenze video registrate sono immagazzinate in un computer sistemato anch'esso a bordo treno e devono poter essere visionate da un operatore quando il treno si trova in una zona coperta dalla rete wireless.

Oltre ai flussi in precedenza indicati non si esclude che vi possano essere ulteriori trasferimenti di dati terra-bordo a scopo d'intrattenimento o servizio per l'utenza. Di fatto è possibile, se ci fossero le necessarie condizioni, fornire connettività agli utenti a bordo treno per servizi quali la navigazione internet o la ricezione di mail.

Riassumendo, i flussi d'informazione che saranno considerati nelle simulazioni sono i seguenti:

- **Streaming Live** delle sequenze video provenienti dalle telecamere poste in stazione e dirette al convoglio interessato al monitoraggio della banchina in cui le telecamere sono disposte;
- **Download Video**, scaricamento da parte di un operatore a terra delle sequenze video in precedenza memorizzate nei computer dei treni.

### 3.1 Specifiche tecniche

#### Townet

L'access point utilizzato dall'azienda committente e della famiglia di dispositivi Townet le cui caratteristiche tecniche sono deducibili dai *datasheet* disponibili presso il sito del produttore (Retematica, 2008). Il modello in oggetto è il Townet Multiservice HotSpot 108-40-BS, ma non si esclude che in futuro saranno utilizzate versioni successive dello stesso dispositivo.

#### Antenne direzionali

A oggi non si conoscono le antenne direzionali che saranno utilizzate, con tutta probabilità saranno utilizzate antenne settoriali con angolo di *beamwidth* di 90 gradi. Le simulazioni saranno effettuate con antenne omnidirezionali poiché la disposizione degli apparati e la dinamica della simulazione stessa non sono influenzate dalla tipologia di antenna utilizzata.

#### Telecamere

Per la trasmissione delle sequenze video da terra a bordo e viceversa sarà utilizzata una telecamera della società tedesca Mobotix AG. Nello specifico il modello impiegato è il D22M Secure (Mobotix, 2007). Le caratteristiche tecniche necessarie ai fini di questo studio sono state riassunte nella Tabella 1.

Risoluzione	CIF(320x240) / VGA (640x480) / Mega (1280x960)
Max. frame rate	30 / 30 / 10
Compressione video	Motion JPEG / MxPEG (formato proprietario)
Funzionalità web	FTP, email
Notifica remota	TCP/IP, IP Notify

**Tabella 1.** Specifiche tecniche della telecamera Mobotix D22M-Sec.

Il formato proprietario MxPEG utilizza la compressione JPEG ma, a differenza dello standard Motion JPEG che invia la sequenza completa delle immagini compresse, questo protocollo invia sia immagini intere che parti d'immagine in caso di lieve cambiamento rispetto al frame precedente. Secondo le specifiche fornite dal produttore il formato di compressione MxPEG riduce la richiesta di banda di un fattore 3/5. Il protocollo MxPEG ingloba inoltre la possibilità di inviare sequenze audio/video. Le dimensioni delle immagini inviate in funzione della qualità di compressione JPEG utilizzata sono riassunte nella Tabella 2.

JPEG Quality	160x120(PDA)	320x240(CIF)	640x480(VGA)	1280x960(MEGA)
20% (low)	5kB	10kB	20kB	56kB
40% (medium)	6kB	15kB	31kB	90kB
60% (high)	8kB	19kB	41kB	136kB
80% (highest)	10kB	30kB	64kB	213kB

**Tabella 2.** Dimensioni delle immagini in funzione della qualità di compressione JPEG.

La configurazione della telecamera e la visualizzazione delle sequenze video è possibile mediante browser web o attraverso un software proprietario denominato Mobotix MxControlCenter. La visualizzazione di singole immagini JPEG o filmati Motion JPEG è possibile con l'ausilio di un qualsiasi browser web; per la visualizzazione di sequenze video con formato di compressione MxPEG è necessario un browser web con supporto ad ActiveX.

Lo *storage* delle sequenze video o audio/video è possibile per un qualsiasi file server (Windows, Linux, Mac Os X) senza necessità di software aggiuntivo e indipendentemente dal sistema di compressione utilizzato. I meccanismi supportati per l'invio dei filmati alla periferica di *storage* sono: FTP o mail. L'attivazione della registrazione e del relativo immagazzinamento è possibile in conformità a eventi temporali e fisici (sensori integrati o richiesta dell'utente).

## **HIPERLAN**

HIPERLAN (*High Performance Radio LAN*) è il nome di uno standard WLAN (standard ETS 300 652) ed è l'alternativa europea agli standard IEEE 802.11 (ETSI, Broadband Radio Access Networks (BRAN); High Performance Radio Local Area Network (HIPERLAN) Type 1; Functional specification, 1998).

Gli apparati compatibili con questo standard hanno emissioni elettromagnetiche limitate, a norma di legge, a 1 watt. Lo standard può assicurare un *throughput* di 24 Mbps su frequenze dei 2,4 GHz.

L'evoluzione di questo standard, implementabile anche nei vecchi apparati con protocollo HIPERLAN 1, è l'HIPERLAN 2 che raggiunge una velocità di 54 Mbps lordi su frequenze in Banda ISM dei 5 GHz, con un raggio di copertura del segnale che può arrivare fino a 30-40 km (ETSI, Broadband Radio Access Networks (BRAN); HIPERLAN Type 2; Application Programming Interface (API) definition for the UDP/IP based testing of HIPERLAN Type 2 protocol prototypes, 2005).

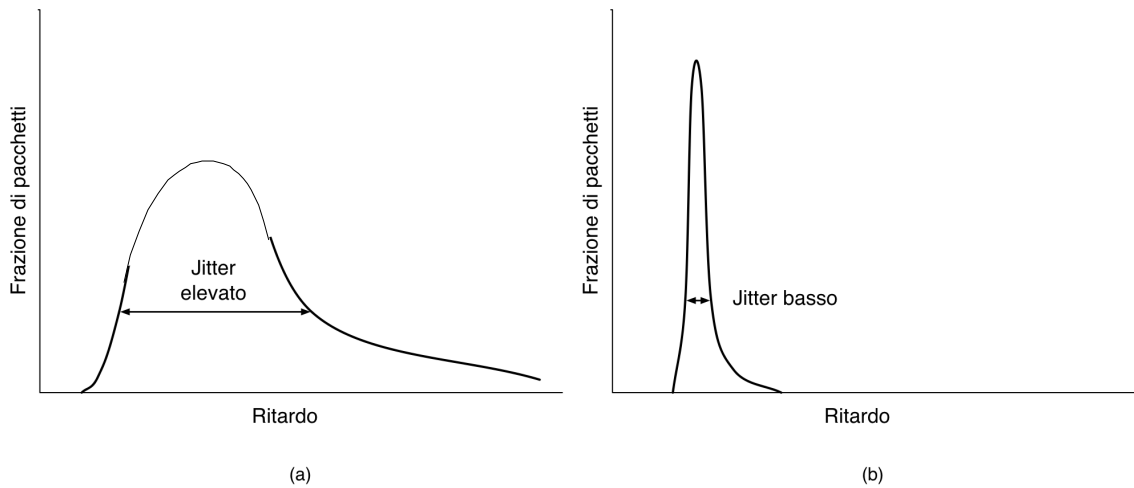
I trasmettitori degli apparati HIPERLAN *outdoor* (operanti nel range di frequenze 5,470 - 5,725 GHz), il cui limite EIRP è 1 watt (pari a 30 dBm), devono trasmettere con una densità spettrale massima di 50 mW/MHz, il che significa che tipicamente dovranno avere canali larghi 20 MHz. Altre ampiezze di canale sono ammesse, purché non siano superati i limiti di densità imposti. Secondo la normativa standard Europea ETSI EN 301 893, la massima larghezza di canale ammessa con una densità di potenza massima è di 20 MHz (ETSI, Broadband Radio Access Networks (BRAN); 5 GHz high performance RLAN; Harmonized EN covering essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive, 2003). Larghezze inferiori sono ovviamente permesse.

La limitazione principale alla copertura con questo tipo di tecnologia è che i collegamenti debbano essere a vista, in altre parole le antenne delle due stazioni devono vedersi senza che vi siano ostacoli di mezzo.

## **QoS**

In reti congestionate o soggette a rapidi cambiamenti nella quantità di connessioni attive o richiesta di banda, se vi sono flussi che necessitano priorità è necessario adottare dei protocolli che ne garantiscano la precedenza rispetto a flussi con importanza minore. L'insieme di protocolli atti a introdurre priorità nel traffico di rete è riassunto nel termine qualità del servizio (*Quality of Service*).

Le esigenze di ogni flusso possono essere caratterizzate da quattro parametri primari: affidabilità, ritardo, *jitter* e banda. Insieme, questi parametri determinano la qualità del servizio richiesta dal flusso. Per applicazioni come la trasmissione di flussi audio e video è essenziale che il tempo di transito sia costante. La variazione (ossia la deviazione standard) nel tempo di arrivo del pacchetto è chiamata *jitter*. Un *jitter* elevato genererà un suono o un filmato di qualità variabile. In Figura 1 sono mostrati i grafici del *jitter* in caso di alta o bassa variabilità del flusso (Tanenbaum, 2003).



**Figura 1.** (a) Alta variabilità. (b) Bassa Variabilità

### Code a priorità

I flussi video generati dalle telecamere e visionati dai macchinisti dei treni in avvicinamento a una stazione sono flussi di prioritaria importanza. Per permettere che tali flussi non siano influenzati, o lo siano il meno possibile, da flussi di minore importanza, è necessario introdurre delle politiche di qualità del servizio.

Come detto in precedenza, essendo il traffico delle telecamere di priorità assoluta rispetto ai rimanenti flussi, si può adottare una politica di scheduling dei pacchetti basata sulle code con priorità (priority queue). Questa strategia permette di dare assoluta precedenza ai pacchetti immagazzinati nella coda a priorità più alta.

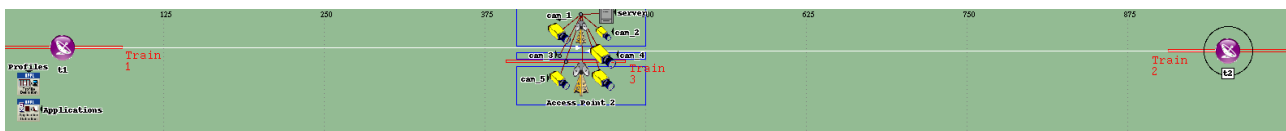
Nel caso in esame sono necessarie due code: una a priorità elevata per i pacchetti inerenti all'applicazione Streaming Live, l'altra a priorità minore per il rimanente traffico (non solo Download Video).

Per l'identificazione dei pacchetti, le procedure in fase di simulazione sono diverse da quelle utilizzate dal dispositivo di rete Towntet, ma equivalenti a livello logico. Di fatto l'identificazione a livello di simulazione viene effettuata con l'ausilio del campo ToS (Type of Service) dei pacchetti IP mentre nella realtà il Towntet dispone di molteplici modi per l'identificazione dei pacchetti, ad esempio la porta sorgente o destinazione.

### 3.2 Descrizione dello scenario di simulazione

Lo scenario di simulazione in oggetto è stato implementato per la valutazione delle caratteristiche necessarie alla corretta trasmissione di specifiche sequenze video tra stazione e convogli ferroviari in transito nelle immediate vicinanze attraverso un canale di comunicazione senza fili.

Esistono diversi scenari di simulazione possibili che variano in base alla struttura geografica delle stazioni e delle tratte ferroviarie nonché in funzione della disposizione dei vari apparati di rete; ai fini simulativi però le caratteristiche che possono influenzare notevolmente il risultato sono il numero dei dispositivi coinvolti e le relative caratteristiche dei flussi di dati. Per questo motivo si è data maggiore importanza alla caratterizzazione della quantità e qualità dei flussi video più che alle peculiarità geografiche.



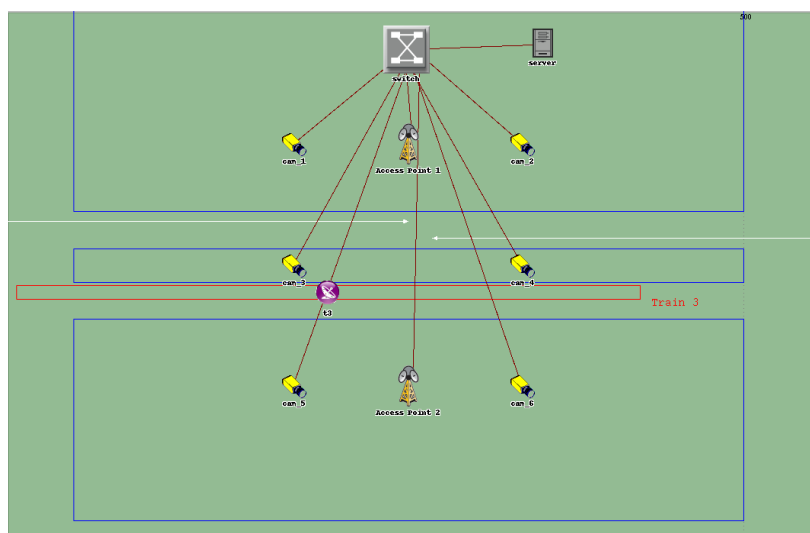
**Figura 2.** Vista globale dello scenario di simulazione “Station”.

In Figura 2 possiamo notare la rappresentazione grafica dello specifico scenario di simulazione desunta dal software OPNET, essa comprende i seguenti dispositivi di rete:

- n°1 server per l'utilizzo da parte di un operatore di terra;
- n°2 *access point* modello Towntnet;
- n°6 telecamere prodotte dalla Mobotix modello D22M Secure;
- n°1 *switch* Gigabit per la connessione dei vari apparati di terra;
- n°3 CPE che equipaggiano i tre treni presenti nello scenario.

Nella zona centrale (rappresentata ingrandita nella Figura 3) possiamo notare la ricostruzione logica di una generica stazione ferroviaria. In essa sono disposti gli apparati necessari alla creazione dell'infrastruttura di rete per la comunicazione con i treni nelle vicinanze. Sempre nella zona centrale dello scenario di simulazione è possibile identificare un treno in sosta (Train 3) equipaggiato con CPE e antenna omnidirezionale.

Ai lati della Figura 2 sono invece visibili due treni destinati a muoversi con moto decelerato in direzione della stazione. La velocità di partenza è di 80 Km/h.



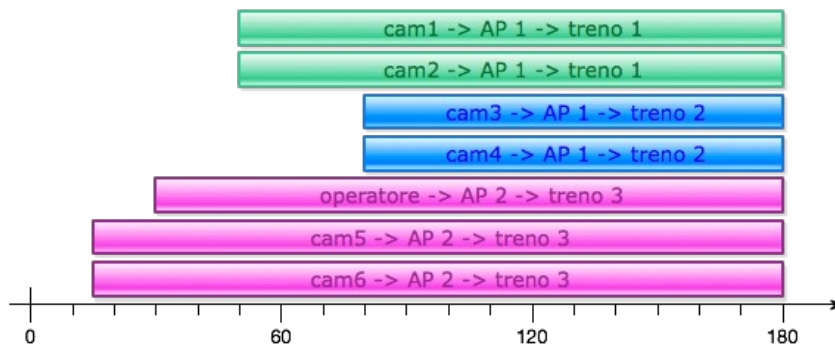
**Figura 3.** Particolare dello scenario di simulazione “Station”. Zona centrale.

Le sequenze video che interesseranno la rete *wireless* sono state discusse nella fase introduttiva di questo documento, le riassumiamo brevemente:

- **Streaming Live** delle sequenze video provenienti dalle telecamere posizionate in stazione e dirette al convoglio interessato al monitoraggio della banchina in cui le telecamere sono disposte;
- **Download Video** da parte di un operatore a terra, delle sequenze video precedentemente memorizzate nei computer dei treni.

Dall'analisi dei flussi video effettuata in precedenza risultano necessari circa 1,058 Mbit/sec per visualizzare in maniera fluida il flusso video di una telecamera. Per quanto concerne invece il flusso delle sequenze video da bordo treno a terra, la trasmissione avviene utilizzando la banda disponibile poiché non vi è nessun limite inferiore dettato dallo specifico protocollo di trasferimento utilizzato.

La sequenza temporale che caratterizza la simulazione in oggetto è descritta nella Figura 4.



**Figura 4.** Sequenza temporale dei flussi d'informazione.

Lo scenario prevede che per l'intera durata della simulazione il Treno 3 rimanga fermo in stazione, ogni comunicazione avverrà mediante l'*access point* 2 al quale è associato. Al cinquantesimo secondo il Treno 1 si associa all'*access point* 1 ed inizia la comunicazione da terra secondo lo schema di Figura 4, nel contempo esso procede con moto decelerato verso la stazione. In modo analogo il Treno 2 al secondo 80 stabilisce una comunicazione con l'*access point* 1 e inizia lo scambio d'informazioni.

Le caratteristiche del canale *wireless* adottato sono state descritte nel capitolo relativo alle specifiche tecniche. La frequenza utilizzata dei due *access point* presenti nello scenario di simulazione è la medesima.

### Esercizio

Analizzare throughput, packet loss rate e ritardo dei flussi relativi alle applicazioni Streaming Live e Download Video nelle seguenti condizioni:

1. senza code a priorità
2. con code a priorità