

# Modellazione Perdite Pacchetti in uno Scenario VoIP WiFi

# Sommario

- *Always Best Packet Switching*
- *Modellazione dei pacchetti in assenza di ABPS*
- *Modellazione dei pacchetti utilizzando ABPS*
- *Esperimenti*
- *Conclusioni*

# Mobilità

- A causa della natura mobile dei MN, l'indirizzo IP associato questi ultimi può non essere lo stesso dall'inizio alla fine della trasmissione dei dati.
- Nelle comunicazioni basate sul protocollo IP, è proprio l'indirizzo IP ad avere il compito di identificare univocamente un dispositivo e rappresentare una destinazione raggiungibile per i messaggi diretti a quello specifico dispositivo.
- Quando questa situazione si verifica causa una interruzione nella comunicazione e un MN dotato di più NIC ne riesce ad utilizzare solo una.

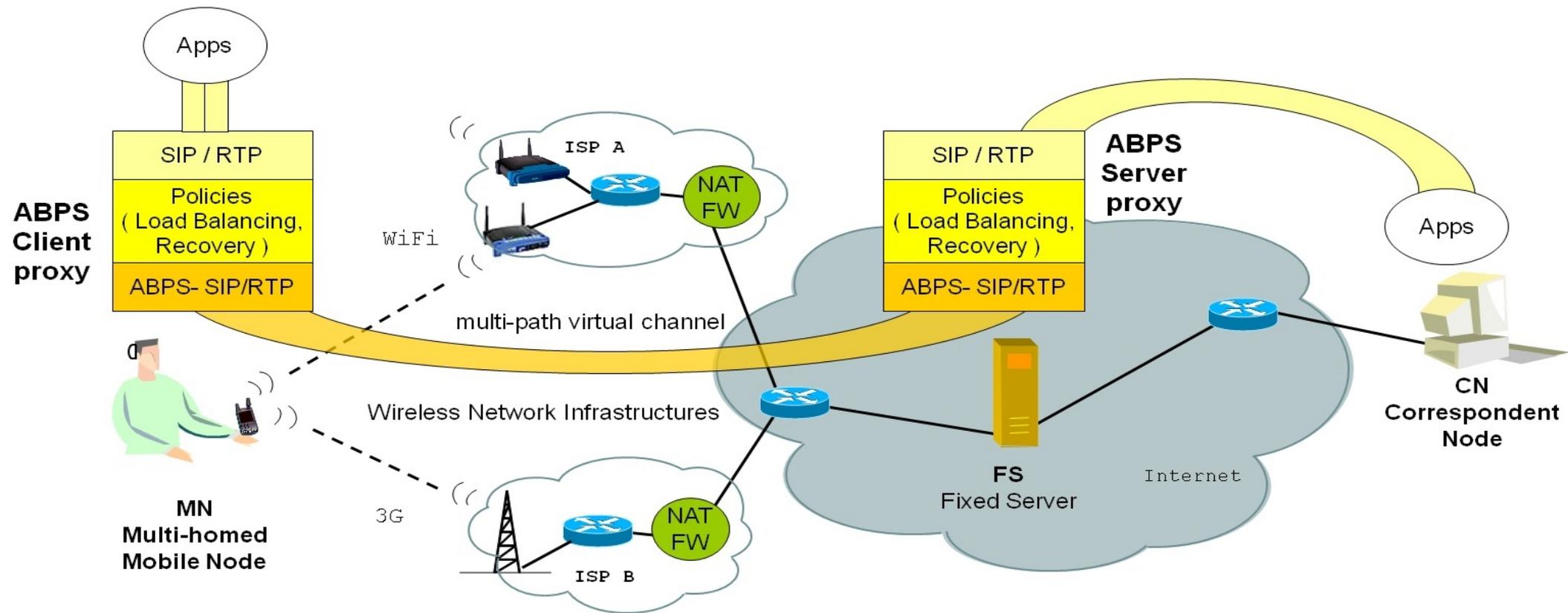
# Always Best Packet Switching

- ABPS è una architettura che permette alle applicazioni che la supportano, di usare simultaneamente tutte le interfacce di rete disponibili.
- La soluzione che propone ABPS suggerisce l'utilizzo di un sistema VoIP wireless basato su SIP non IP-centrico, in grado di distinguere il traffico proveniente da un certo client registrato senza potersi affidare all'indirizzo IP da cui questo proviene.
- Più nel dettaglio, il client incapsula i pacchetti SIP e RTP inglobandoli in un ulteriore protocollo proprio, riconosciuto e gestito dal server ABPS.
- Il server ABPS, una volta ricevuti i pacchetti, rimuoverà l'header ABPS e li indirizzerà al corretto destinatario.

# ABPS: SIP/RTP

- Il client effettua una registrazione offline durante la quale viene munito di un User Id e di una chiave pre-condivisa con il server ABPS.
- Si estendono i protocolli SIP/RTP. Queste estensioni consistono in header testuali da aggiungere ai pacchetti SIP/RTP per identificare univocamente il sender di un messaggio, anche se l'indirizzo IP è cambiato
- In questo modo, non occorre un nuovo messaggio SIP per rinegoziare i parametri ma è sufficiente effettuare lo switch del datagramma RTP attraverso un'altra NIC.

# ABPS: Scenario



- Comunicazione tra due client VoIP comprendente il sistema ABPS posto tra il Fixed Server (FS) e il MN dotato di più NIC e più AP disponibili. Il CN manda messaggi al FS convinto di spedirli al MN. Sarà poi compito del server reindirizzare questi messaggi verso il destinatario finale.

# ABPS: SIP Mobility e Vertical Mobility

- ***SIP Mobility:*** entità realizzata a livello applicazione che gestisce le conseguenze di un handover a livello 3, ovvero la riconfigurazione dell'indirizzo IP. Questa entità è posta su un terminale mobile.
- ***Vertical Mobility:*** entità realizzata ai livelli Data-link e Network per monitorare lo stato di ogni interfaccia di rete e selezionare l'interfaccia migliore con la quale mantenere il collegamento. Questa entità è posta su un server collegato alla rete pubblica.

# ABPS: Robust Wireless Multi-Path Channel

- RWM-PC è una applicazione middleware costruita sopra al kernel Linux che sfrutta l'architettura ABPS, ottenendo un ritardo di trasmissione inferiore a 150ms ed una perdita di pacchetti inferiore al 3%. Componenti principali:
- **Monitor:** segnala quando una NIC viene disabilitata a causa del degradarsi del segnale.
- **TED:** notifica informazioni sulle perdite dei pacchetti durante il percorso fra il MN e l'Access Point.
- **UDP Load Balancer:** riceve notifiche dal Monitor e dal TED e implementa politiche di reinvio dei pacchetti eventualmente tramite una NIC diversa.

# Modellazione della perdita dei pacchetti: Senza ABPS

- In assenza del modello ABPS:
- Nessuna informazione sulla causa della perdita di un pacchetto.
- Una sola Interfaccia.
- $P(E)$  è la probabilità che il pacchetto venga perso nella wireless network.
- $P(D)$  è la probabilità che il pacchetto venga perso nella wired network.
- $\int_0^{+\infty} f(t) dt$  è l'integrale della funzione di densità di probabilità lognormale che esprime la probabilità che il pacchetto giunga a destinazione dopo il tempo massimo  $T$  ms.

# Modellazione della perdita dei pacchetti: Senza ABPS (2)

*La probabilità che un pacchetto mandato dal Nodo Mobile verso il Nodo Fisso venga perso:*

$$P = P(E) + (1 - P(E)) * [P(D) + (1 - P(D)) * \int_T^{+\infty} f(t) dt]$$

$$P = 0,113327696 \simeq 11,33 \%$$

Con:

$$P(E) = 0.1$$

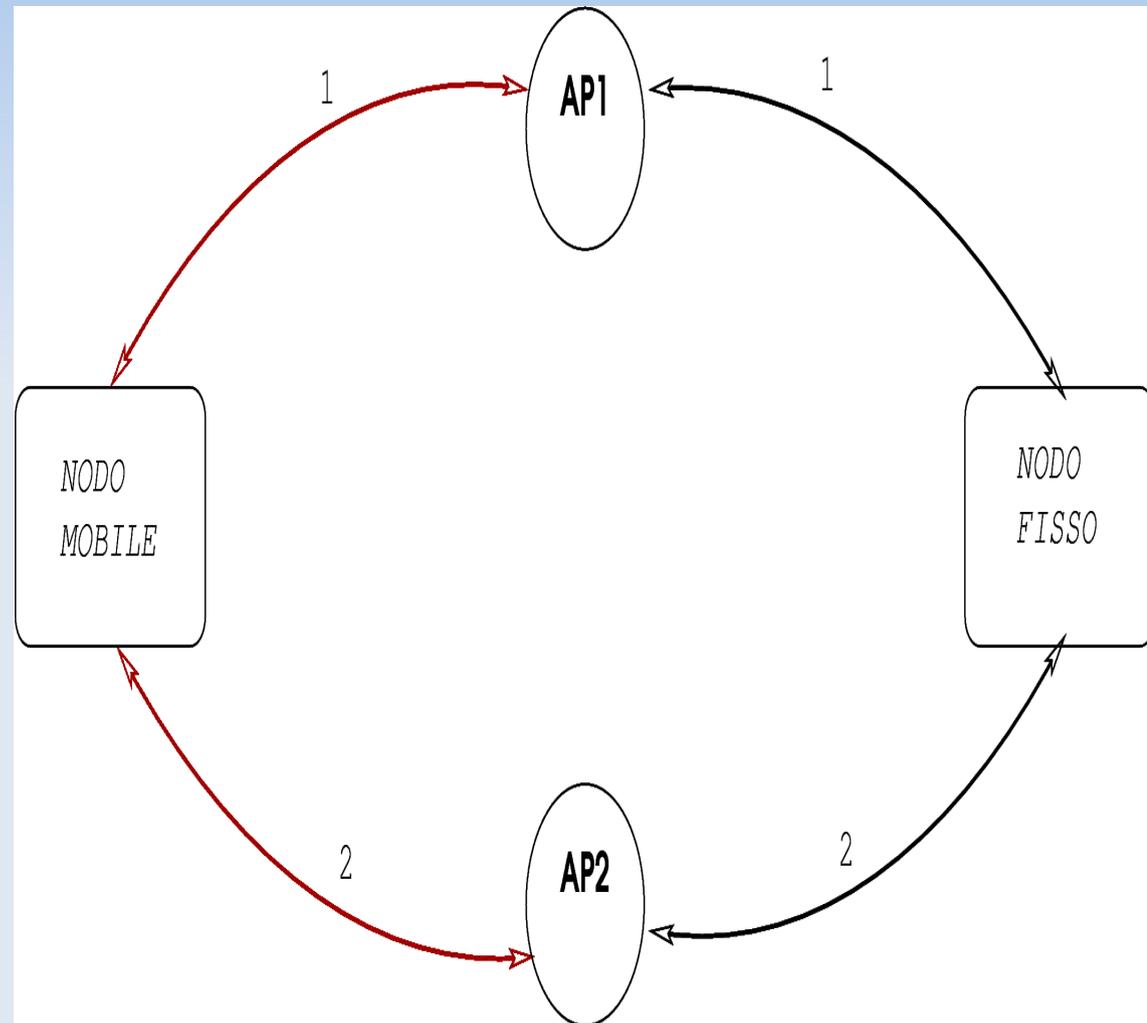
$$P(D) = 0.005$$

$$T = 150\text{ms}$$

$$\int_T^{+\infty} f(t) dt = 0,00985784$$

# Modellazione della perdita dei pacchetti: Con ABPS

- Utilizziamo il modello ABPS.
- Sfruttiamo le informazioni raccolte da ABPS sulla causa delle perdite dei pacchetti.
- Consideriamo due interfacce.
- Consideriamo che almeno una delle due sia funzionante.



# Modellazione della perdita dei pacchetti: Con ABPS (2)

- $P(E1)$  è la probabilità che il pacchetto venga perso nella wireless network della prima interfaccia
- $P(E2)$  è la probabilità che il pacchetto venga perso nella wireless network della seconda interfaccia
- $P(D1)$  indica la probabilità che il pacchetto venga perso nella wired network della prima interfaccia
- $P(D2)$  è la probabilità che il pacchetto venga perso nella wired network della seconda interfaccia
- $P(E1|A\sim)$  esprime la probabilità subordinata che un pacchetto venga perso casualmente nella wireless network della prima interfaccia
- $P(E2|A\sim)$  indica la probabilità subordinata che il pacchetto venga perso casualmente nella wireless network della seconda interfaccia
- $P(E1|A)$  descrive la probabilità subordinata che un pacchetto venga perso in un burst di perdite nella wireless network della prima interfaccia
- $P(A\sim) = 1 - P(A)$  è la probabilità che si ha di non trovarsi in un burst di perdite
- $P(A) = 1 - P(A\sim)$  indica la probabilità di imbatterci in un burst di perdite
- $\int_{+\infty}^T f(t) dt$  è la probabilità che il pacchetto giunga a destinazione dopo il tempo massimo  $T$
- $\int_{T-T_R}^{+\infty} f(t) dt$  è la probabilità che il pacchetto giunga a destinazione dopo il tempo massimo  $T - T_R$

# Modellazione della perdita dei pacchetti: Con ABPS (3)

*La probabilità che un pacchetto mandato dal Nodo Mobile verso il Nodo Fisso venga perso:*

$$\begin{aligned}
 P = & P(E1|A\sim) * P(A\sim) * [P(E2) + (1 - P(E2)) * [P(D2) + (1 - P(D2)) * \int_{T - T_R}^{+\infty} f(t) dt]] \\
 & + P(E1|A) * P(A) * [P(E2|A\sim) + (1 - P(E2|A\sim)) * [P(D2) + (1 - P(D2)) * \int_{T - T_R}^{+\infty} f(t) dt]] \\
 & + (1 - P(E1)) * [P(D1) + (1 - P(D1)) * \int_T^{+\infty} f(t) dt]
 \end{aligned}$$

$$P = 0,0224541196 \simeq 2,24\%$$

Con:  $P(E1|A\sim) = 2\%$ ;  $P(A\sim) = 92\%$ ;

$P(E1) = P(E2) = 10\%$ ;

$P(D1) = P(D2) = 0.5\%$ ;

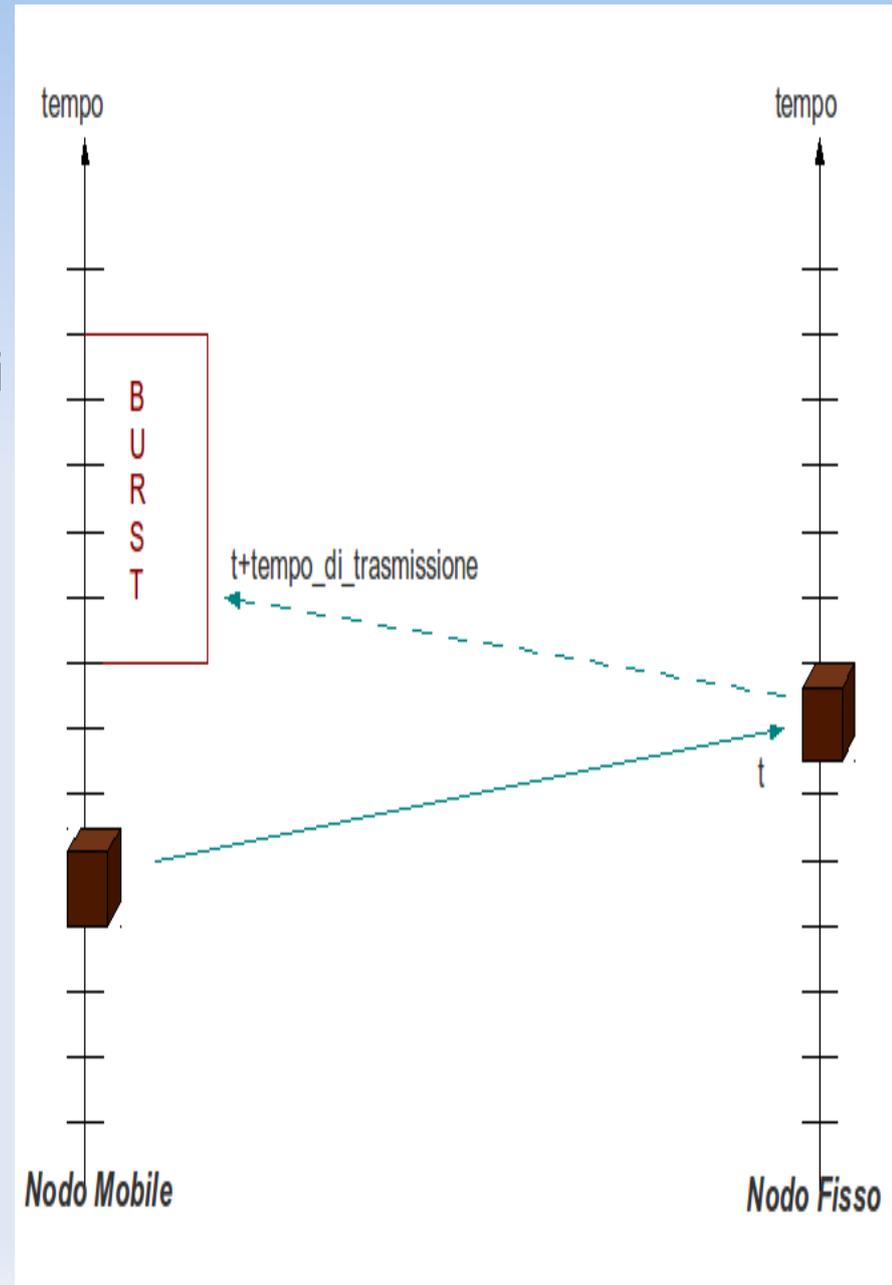
$P(E1|A) = 90\%$ ;  $P(A) = 8\%$ ;

$\int_{T - T_R}^{+\infty} f(t) dt = 0,00985784$ ;

$\int_T^{+\infty} f(t) dt = 0,062419806$ ;

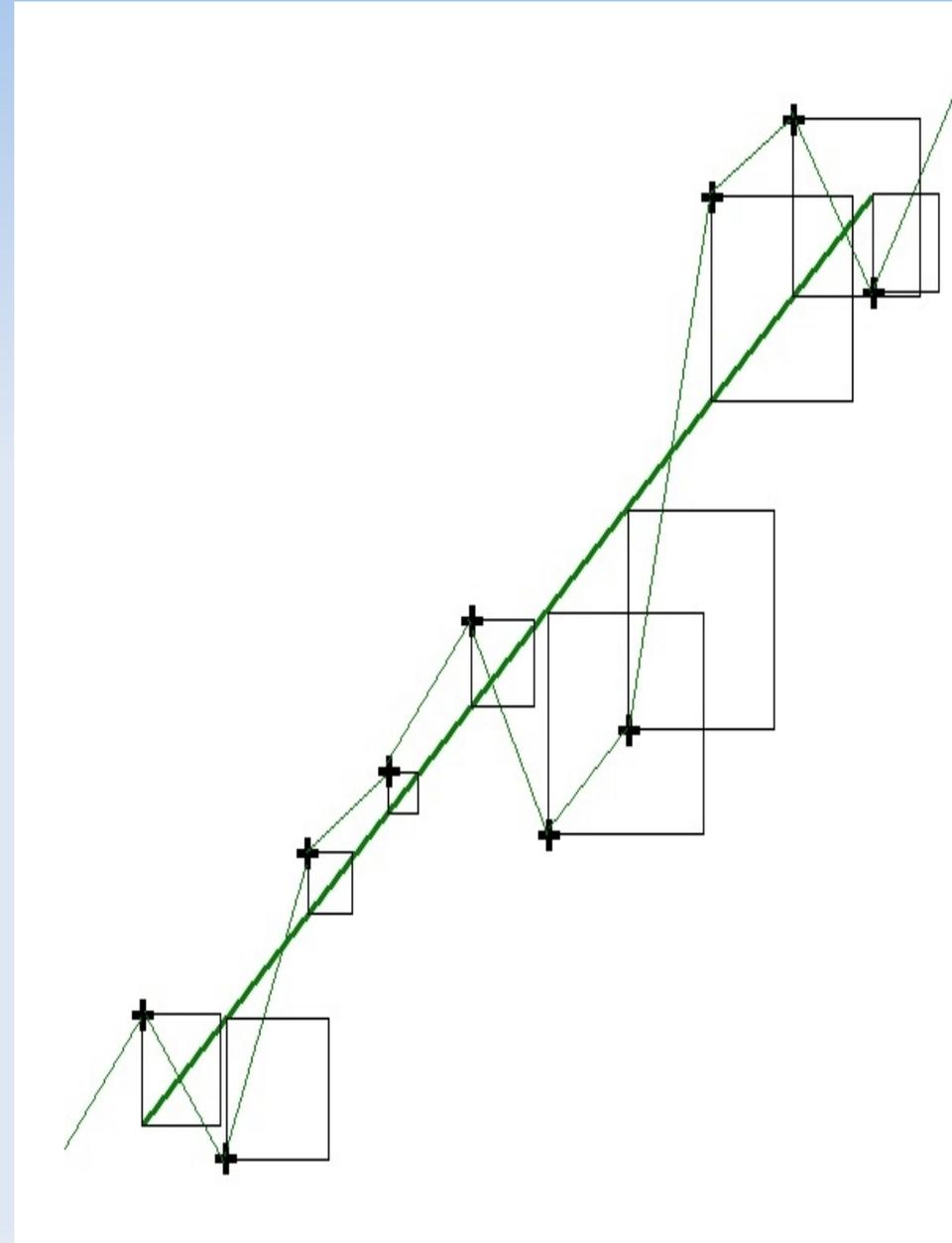
# Pacchetti persi in direzione Nodo Fisso ---> Nodo Mobile

- Non possiamo trarre nessuna informazione riguardo i pacchetti persi provenienti dal Nodo Fisso verso il Nodo Mobile.
- Se all'istante  $t$  di trasmissione i pacchetti giungono a destinazione, non sappiamo se all'istante  $t + \text{tempo\_di\_trasmissione}$  i pacchetti mandati dal NF verso il NM finiranno in un burst di perdite.
- Per avere più informazioni, facciamo un'analisi tramite il Metodo dei Minimi Quadrati.
- L'obiettivo è quello di prevedere una variabile di output (i burst) in funzione di una serie di variabili in ingresso (dati empirici).
- In questo modo vogliamo effettuare il cambio di interfaccia all'istante  $t - \text{tempo\_di\_trasmissione}$  per evitare che i pacchetti dal NF al NM finiscano in un burst di perdite.



# Metodo dei Minimi Quadrati: Un po di Storia

- Inventato dal matematico Gauss nel 1795.
- È stato utilizzato da alcuni astronomi per predire la futura posizione dell'asteroide Cerere (dopo che Giuseppe Piazzi lo scopri e ne traccio il suo percorso per 40 giorni).
- È stato utilizzato dal Manhattan Project durante la Seconda Guerra Mondiale per studiare questioni come gli effetti biologici delle radiazioni.



# Esperimenti

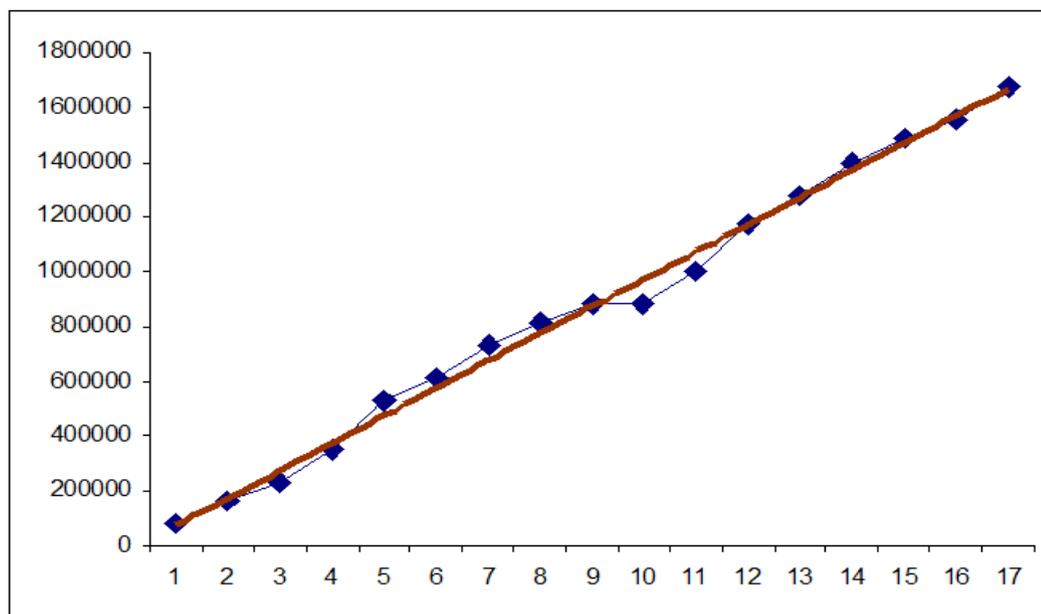
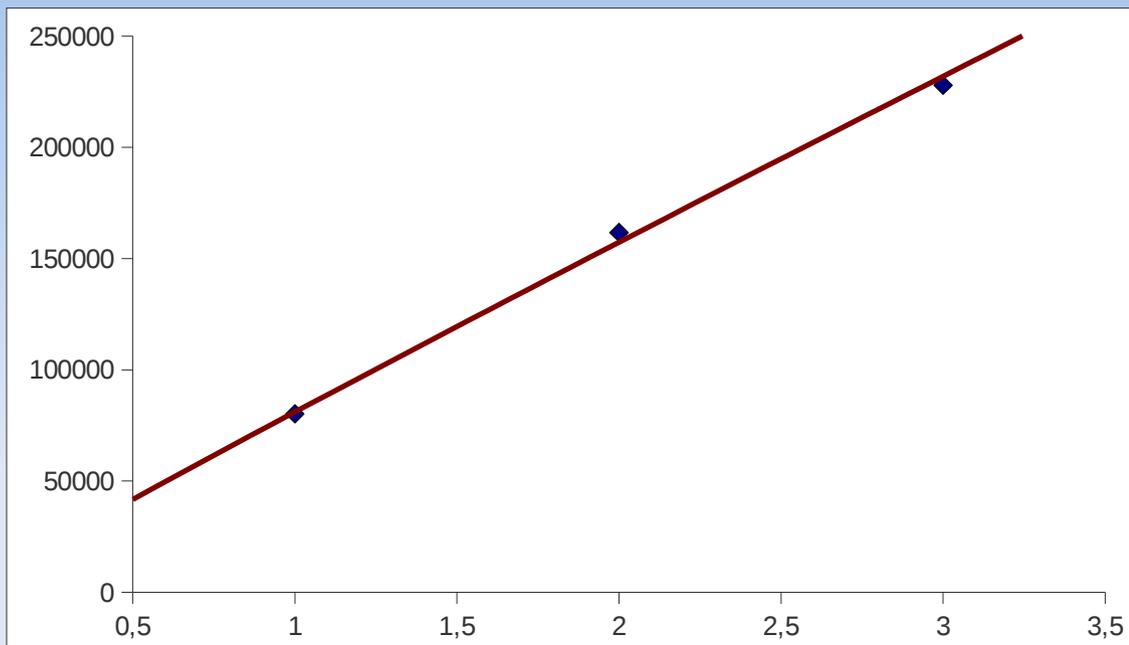
- Spedire periodicamente dei pacchetti tramite un dispositivo mobile e tenere traccia dei burst di perdite avvenuti.
- Dato un insieme di dati, scegliamo la funzione che meglio li interpreta per fare le nostre previsioni.
- Facendo uso del Metodo dei Minimi Quadrati, abbiamo sviluppato dei programmi in C che calcolano le funzioni che meglio spiegano i dati di tipo: Lineare, Esponenziale, Polinomiale di Secondo Grado, Logaritmica e Potenziale.
- La funzione che meglio esprime l'andamento dei dati la scegliamo basandoci sul Coefficiente di Determinazione.
- Coefficiente di Determinazione = 1: il modello spiega al meglio i dati  
Coefficiente di Determinazione = 0: il modello è pessimo per spiegare i dati

# Primo Esperimento

Indice del Burst	Istante Inizio Burst	Previsto inizio Burst
1	8020	
2	161720	
3	227920	
4	348720	306603
5	526600	471680
6	612000	716631
7	729800	791323
8	813800	826503
9	878400	958717
10	1003320	1004251
11	1172520	1100150
12	1275520	1253941
13	1398000	1382545
14	1482920	1511278
15	1553120	1615364
16	1673600	1697040

# Primo Esperimento (2)

- I burst hanno avuto prevalentemente una regressione di tipo polinomiale di secondo grado
- L'istante di previsione del quarto burst è stato calcolato mediante la funzione potenziale:  
 $y = 81021 * x^{0.96}$
- L'istante di previsione del quinto burst di perdite è stato calcolato mediante la funzione polinomiale di secondo grado:  
 $y = 35800 + 38076 * x + 9820 * x^2$
- La funzione che meglio interpreta tutti i 16 dati è la funzione polinomiale:  
 $y = -55201.76 + 108356.77 * x + 72.4 * x^2$

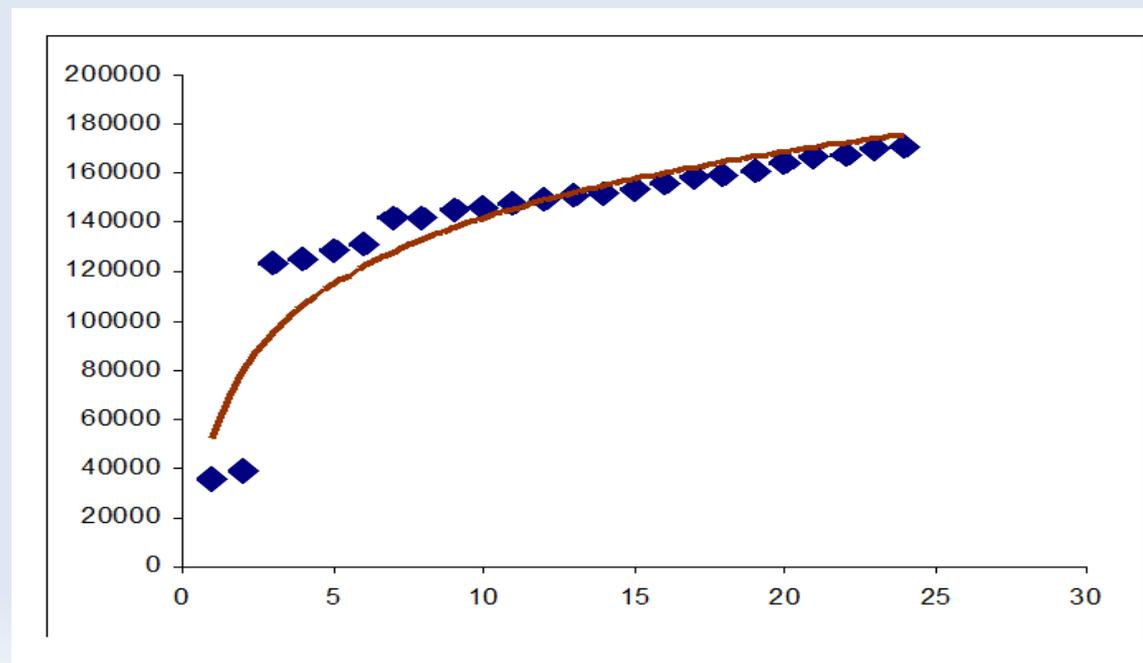


# Secondo Esperimento

- Nel secondo esperimento i dati hanno mostrato un andamento prevalentemente logaritmico.
- La funzione utilizzata per calcolare la previsione dell'ultimo burst di perdite è:

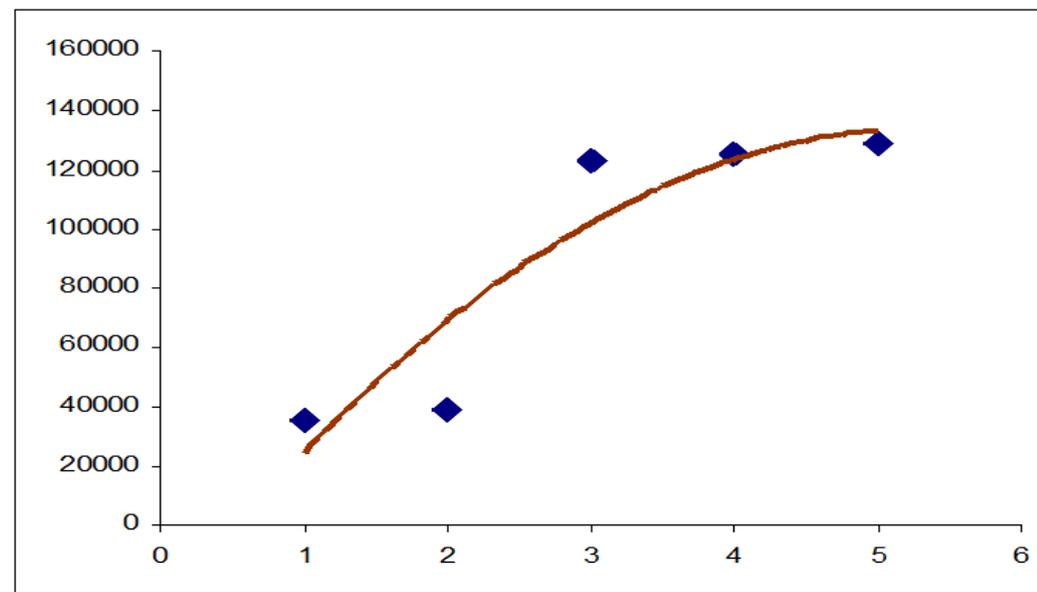
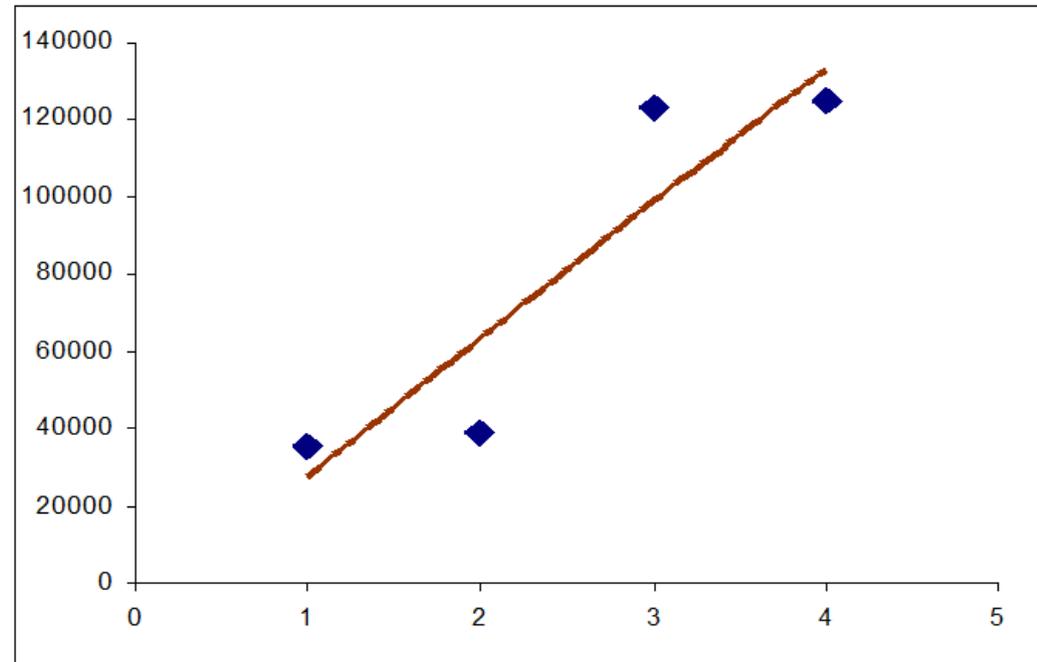
$$y = 39091.48 * \ln(x) + 52100.81$$

Indice Burst	Inizio Burst	Previsione Burst
19	160800	170778
20	164100	171691
21	167100	172804
22	168000	174050
23	169800	175191
24	170700	176335



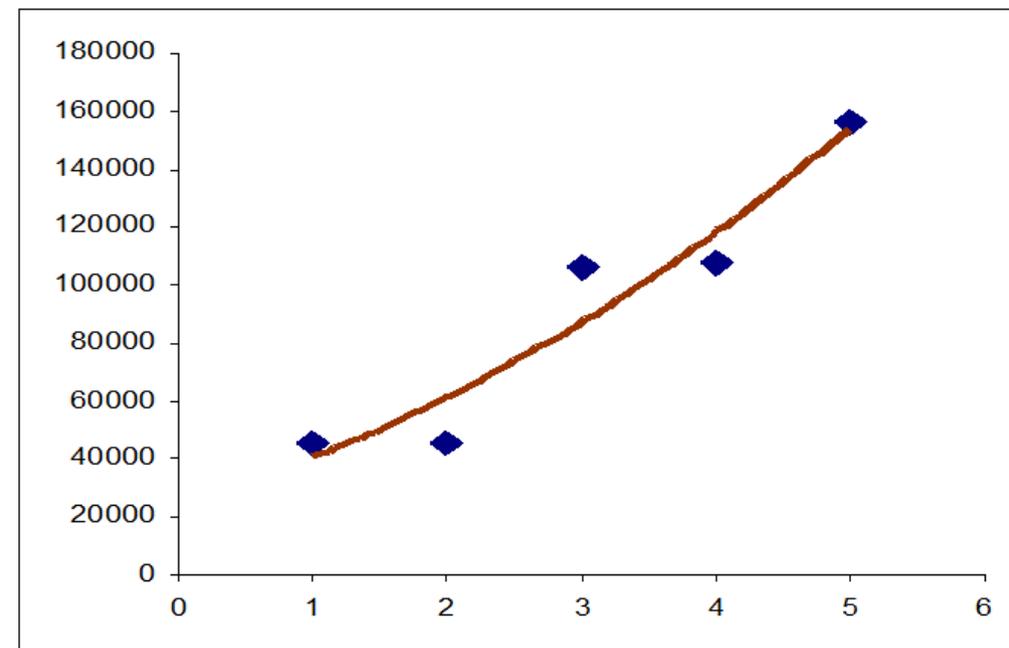
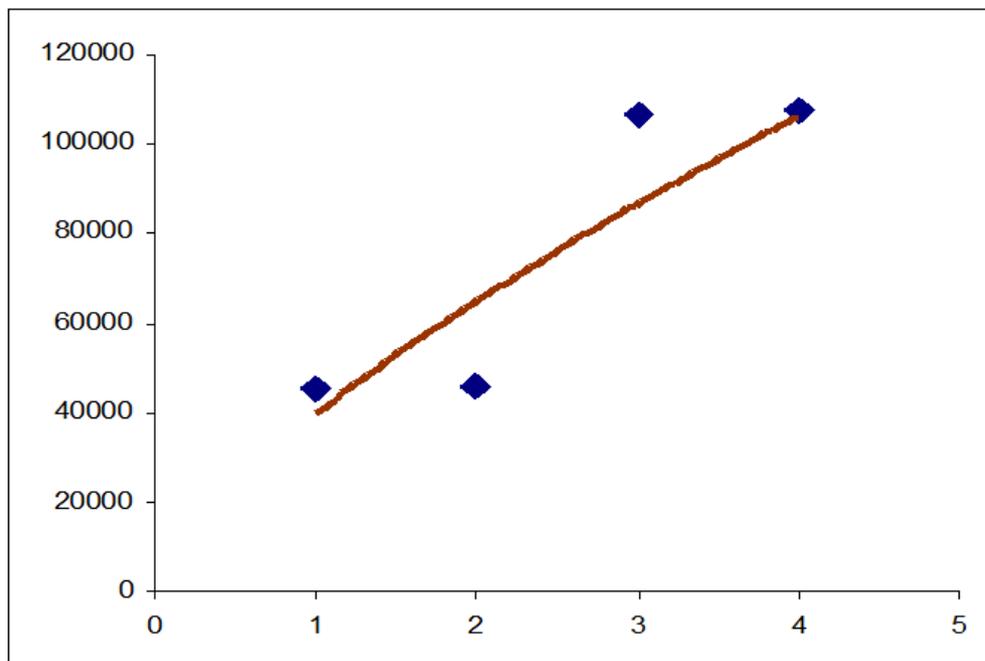
# Secondo Esperimento (2)

- La funzione di cui facciamo uso per determinare la previsione del quinto burst è una funzione polinomiale di secondo grado:
- $y = -9225 + 37125 * x - 375 * x^2$
- La previsione del sesto burst di perdite viene calcolata con la funzione:
- $y = -32040.00 + 62112.86 * x - 5807.14 * x^2$



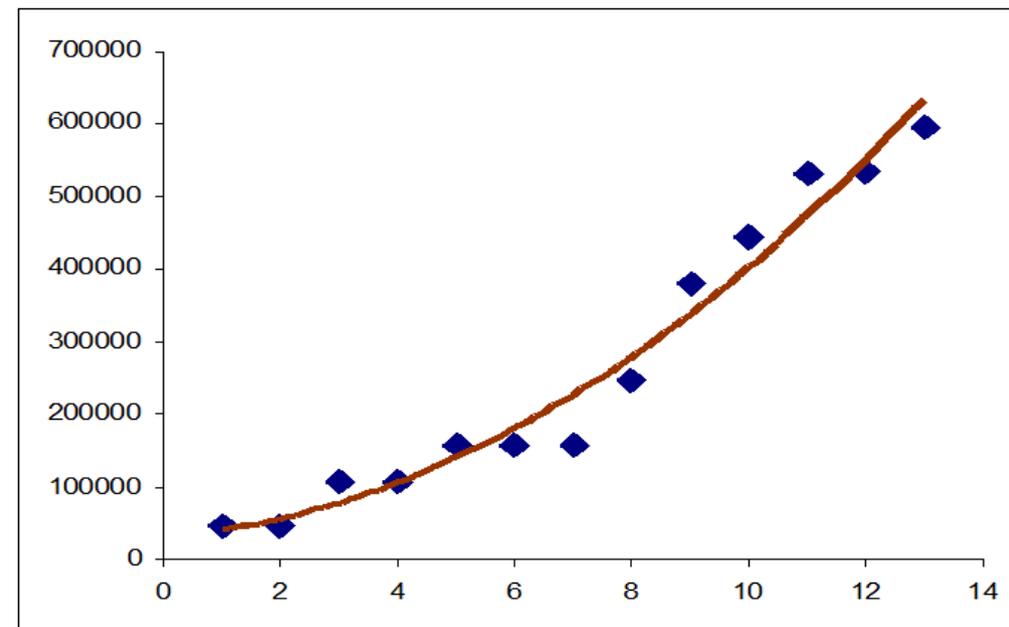
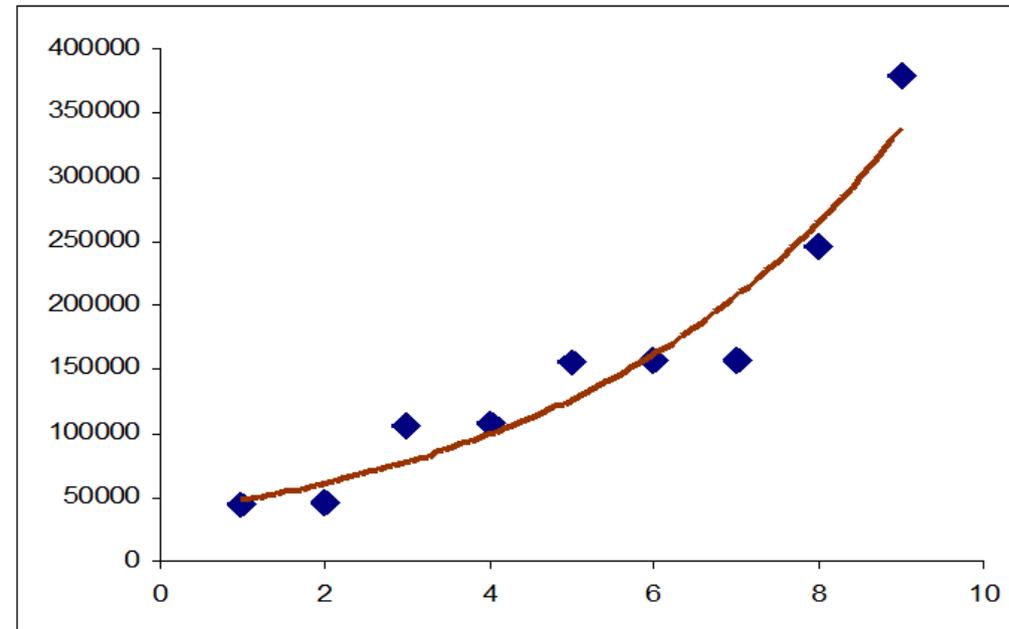
# Terzo Esperimento

- Nel terzo esperimento i burst di perdite sono avvenuti in maniera alquanto irregolare e per questo motivo è risultato difficile descrivere il loro andamento tramite un metodo basato su modelli parametrici.
- Infatti la previsione del quinto burst la stimiamo tramite una funzione potenziale, il sesto mediante una polinomiale di secondo grado, l'ottavo e il decimo burst con una esponenziale.



# Terzo Esperimento (2)

- La funzione che meglio interpreta i primi nove dati è la funzione esponenziale:
- $y = 37172.90 * 1.28^x$
- L'insieme dei dati cambia ancora un'altra volta andamento quando calcoliamo l'istante di previsione del quattordicesimo burst.
- $y = 31913.08 + 6217.75 * x + 3085.88 * x^2$



# Conclusioni

- Le previsioni sono state fatte basandoci su tutto l'insieme dei dati ed è stato notato che non tutti i burst avevano lo stesso tipo di regressione
- Suggerimento: migliorare il modello con qualche algoritmo che scelga di interrogare gli ultimi x dati, oppure i dati degli ultimi y minuti, e non tutto l'insieme
- Nei casi in cui i dati empirici raccolti siano stati eccessivamente irregolari e di conseguenza abbiano cambiato frequentemente tipo di regressione, il modello è risultato poco efficiente
- Diversamente nei casi in cui i dati siano stati maggiormente regolari, il modello ha dato risultati soddisfacenti