

Politecnico di Bari
Facoltà di Ingegneria
Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica

Tesi di laurea

***“Simulazioni di protocolli di
compressione dell' header per sistemi
wireless basati su piattaforma TCP/IP”***

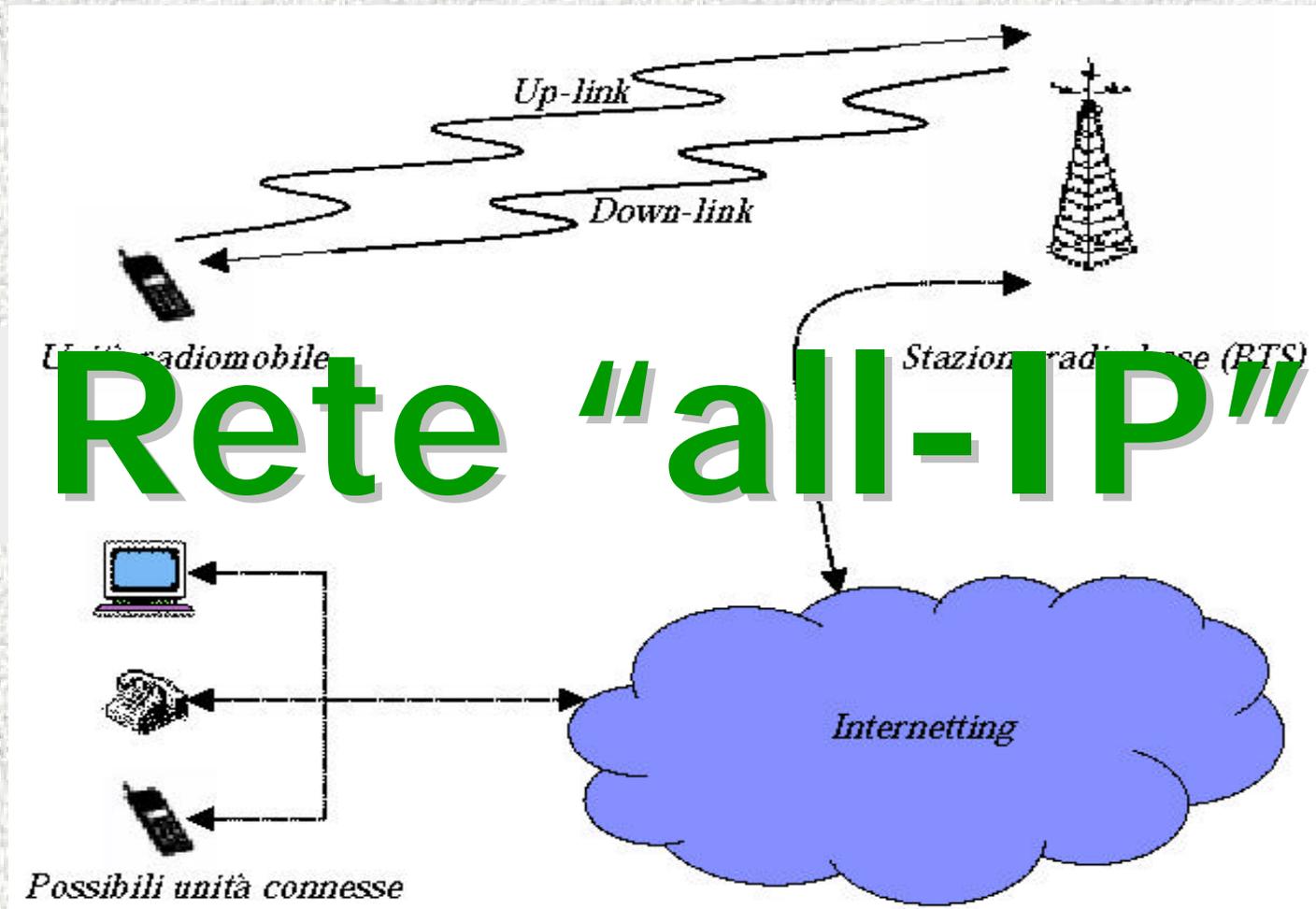


Sandro Petrizzelli

Bari, 7 maggio 2002

{relatore: Prof. Ing. Pietro Camarda}

Scenario tipico wired-wireless



ROHC WG: stato dell'arte

- **ROHC guidelines**

- **RFC 3095** (luglio 2001)
 - Profili di compressione 0,1,2,3
 - Linee guida per la compressione tramite algoritmo ROHC
- **RFC 3096** (luglio 2001)
 - Requisiti per la compressione di flussi RTP/UDP/IP
- **Lower Layer Guidelines** for RTP/UDP/IP (draft, dicembre 2001)
- **ROHC Implementer's guide** (draft, febbraio 2002)

- **Compressione TCP/IP**

- **Requirements for IP/TCP Header Compression** (draft, febbraio 2002)
- **TCP/IP Header Compression** (draft, gennaio 2002)
- **EPIC** (draft, novembre 2001)
- **TAROC** (draft, novembre 2001)

ROHC: Concetti chiave

- **Campo “leader” e “regolarizzazione” del flusso**

- Quando le variazioni dei campi dinamici, tra pacchetti consecutivi, risultano proporzionali alle variazioni del **campo dinamico leader**, il flusso si dice **regolarizzato** e si invia soltanto la variazione del campo leader, opportunamente codificata
- Così si ottimizzano sia l'**efficienza** di compressione sia la **robustezza**
- Nel caso delle connessioni TCP, tale campo non è presente, per cui è stato appositamente introdotto: **SNR** (Sequence Number ROHC, 2 byte)

- **Tecniche di codifica dei campi dinamici**

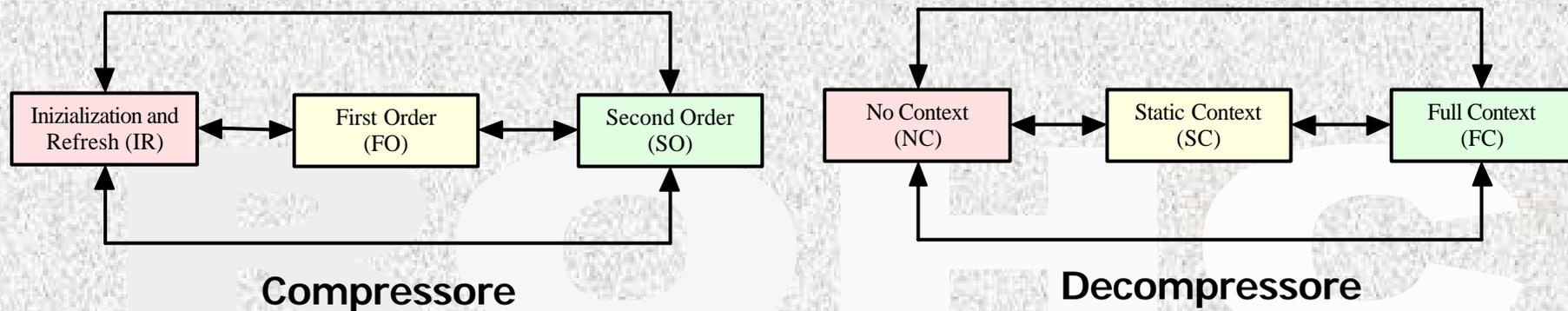
- Sono fondamentali per aumentare l'efficienza di compressione e, allo stesso tempo, prevenire le perdite di sincronizzazione del decompressore (robustezza)
 - Codifica **W-LSB**: SNR, TCP SN, ACK SN, IPv4 ID, TCP Window Size
 - Codifica **scaled**: TCP Sequence Number o ACK Sequence Number
 - Codifica **offset**: IPv4 Identification

- **Feedback**

- Qualora sia disponibile un **canale di feedback**, il compressore può beneficiare dell'invio di informazioni di feedback da parte del decompressore sia per mantenere la sincronizzazione sia per aumentare il rapporto di compressione

Macchine a stati e modalità operative

La compressione dell'header con l'algoritmo ROHC può essere vista come l'interazione tra due **macchine a stati**, ciascuna con 3 stati:

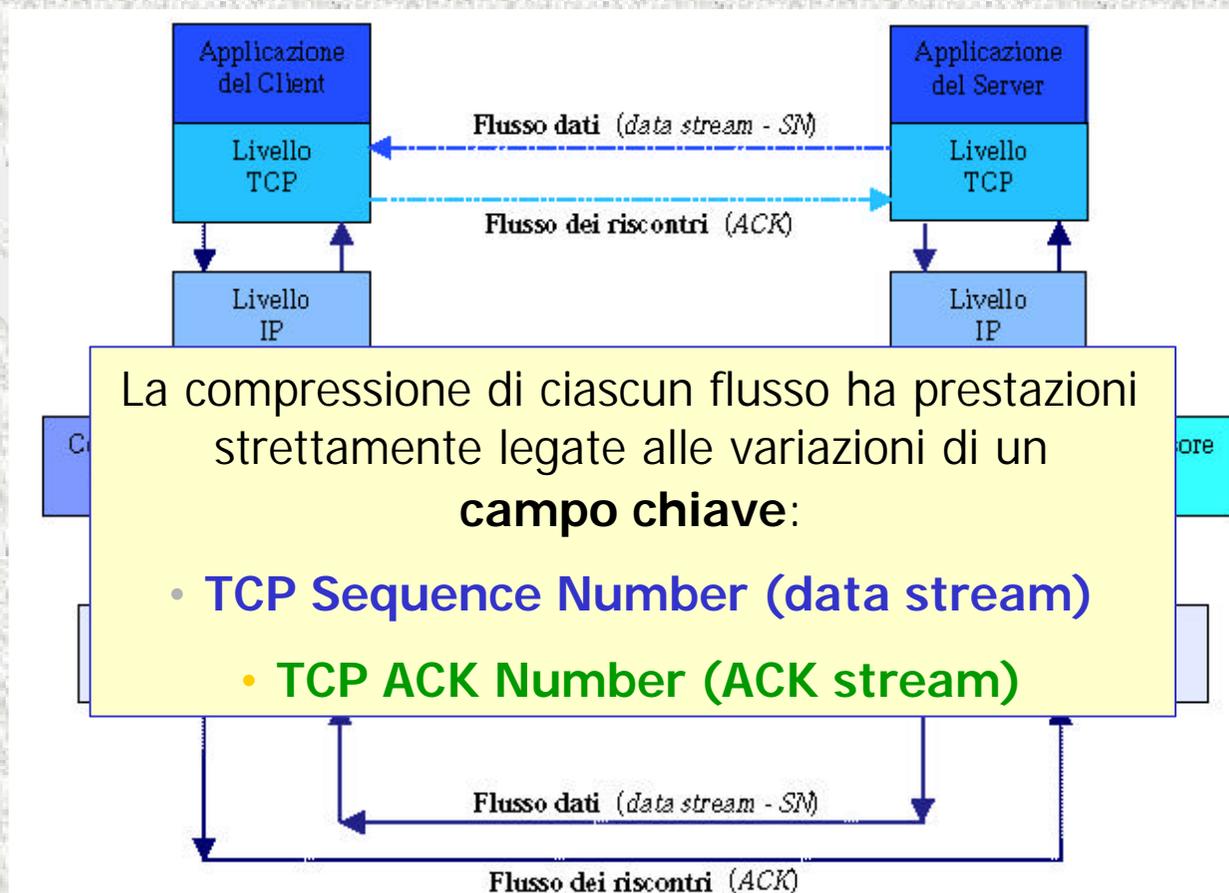


I due organi ROHC possono funzionare in 3 diverse **modalità operative**, ciascuna delle quali regola in modo diverso le transizioni di stato e le azioni in ciascuno stato:

- ✍ **Unidirezionale**
- ✍ **Bidirezionale Ottimistica**
- ✍ **Bidirezionale Affidabile**

Connessioni TCP: "data stream" e "ACK stream"

Il protocollo TCP fornisce un **servizio orientato alla connessione ed affidabile**. Ogni connessione TCP è quindi costituita da due flussi, in direzione opposta, che vengono compressi separatamente:

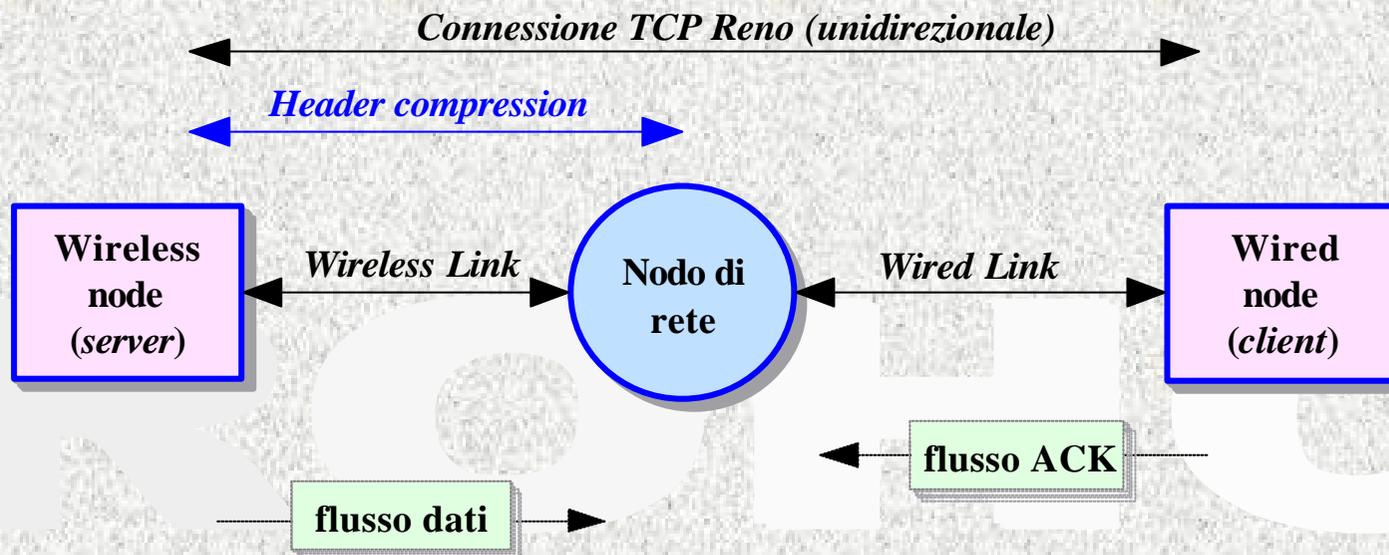


Gestione degli errori

Lo schema di compressione utilizza cinque strumenti per la prevenzione e la gestione delle *situazioni d'errore*:

- a) **Codifica W-LSB** dei campi dinamici per minimizzare la probabilità di perdita di sincronizzazione in presenza di perdite di pacchetti
- b) **Feedback, timeout e approccio ottimistico** per il recupero ed il mantenimento della sincronizzazione
- c) **Codice CRC** per la rilevazione delle errate decompressioni
- d) **Meccanismi di riparazione locale del context** del decompressore
- e) **"Aggiornamenti automatici"** in presenza di ritrasmissioni (data stream) e ACK duplicati (ACK stream)
 - A spese di una inevitabile degradazione del rapporto di compressione, consentono un veloce recupero della sincronizzazione

Simulazioni: Topologia di rete



✍ Scenario 1 (UMTS):

wireless link: banda 9.6 - 384 kb/s,
ritardo 30 ms, BER 10^{-6} - 10^{-3}

wired link: banda 2 Mb/s, ritardo
30 ms, affidabile

✍ Scenario 2 (LAN wireless):

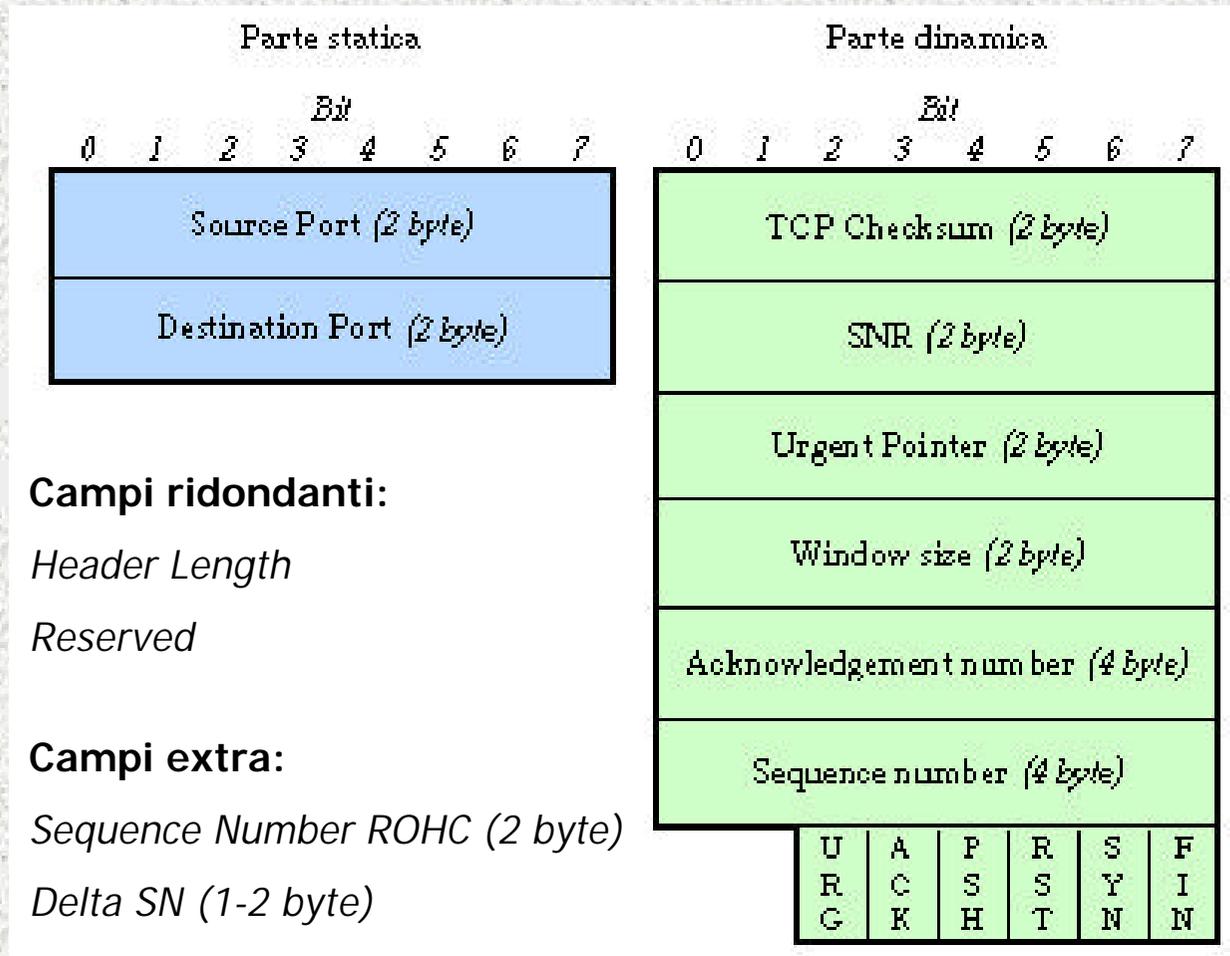
wireless link: banda 2 Mb/s,
ritardo 0.1 ms, BER 10^{-6} - 10^{-3}

wired link: banda 10 Mb/s,
ritardo 45 ms, affidabile

I ipotesi di lavoro (1): generali

- *TCP versione Reno - IP versione 4*
- *Assegnazione sequenziale di IPv4 ID*
- *Uso di CID (1 byte overhead)*
- *Canale di feedback virtuale con piggybacking*
- *Canale inverso simmetrico ma non sincronizzato con il canale di forward*
- *Modello d'errore uniforme sul canale wireless*
 - *BER variabile (10^{-6} – 10^{-3})*
 - *No errori residui sui pacchetti consegnati al decompressore*

I ipotesi di lavoro (2): header TCP



Header nella versione base (no campi opzionali)

Simulazioni: indici di prestazione

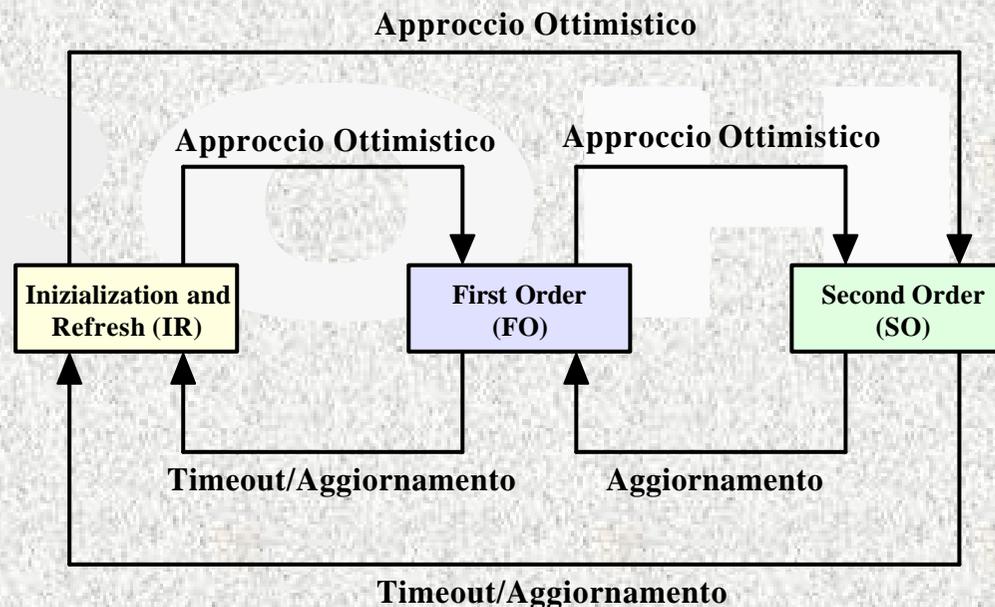
- **Throughput** $\frac{P_{\text{recv}}}{T_{\text{conn}}}$ $\frac{? \text{ byte} ?}{? \text{ s} ?}$

- **Overhead %** $\frac{H_{\text{fwd}}}{H_{\text{fwd}} + P_{\text{fwd}}} \cdot 100$

- **Goodput %** $\frac{P_{\text{recv}}}{H_{\text{fwd}} + P_{\text{fwd}} + H_{\text{ack}}} \cdot 100$

Modo operativo unidirezionale

- Le transizioni in avanti sono regolate solo dall'**approccio ottimistico**
- Le transizioni all'indietro sono ottenute alla scadenza dei periodici **timeout** nonché in presenza di **variazioni di regolarità** nel flusso



- La compressione risulta meno efficiente (timeout) ed ha una probabilità di propagazione delle perdite più alta (mancanza di feedback) rispetto ai modi bidirezionali

Risultati U-mode: Throughput

Il throughput ottenuto con la compressione è sempre maggiore di quello senza compressione, senza tuttavia variazioni particolarmente rilevanti



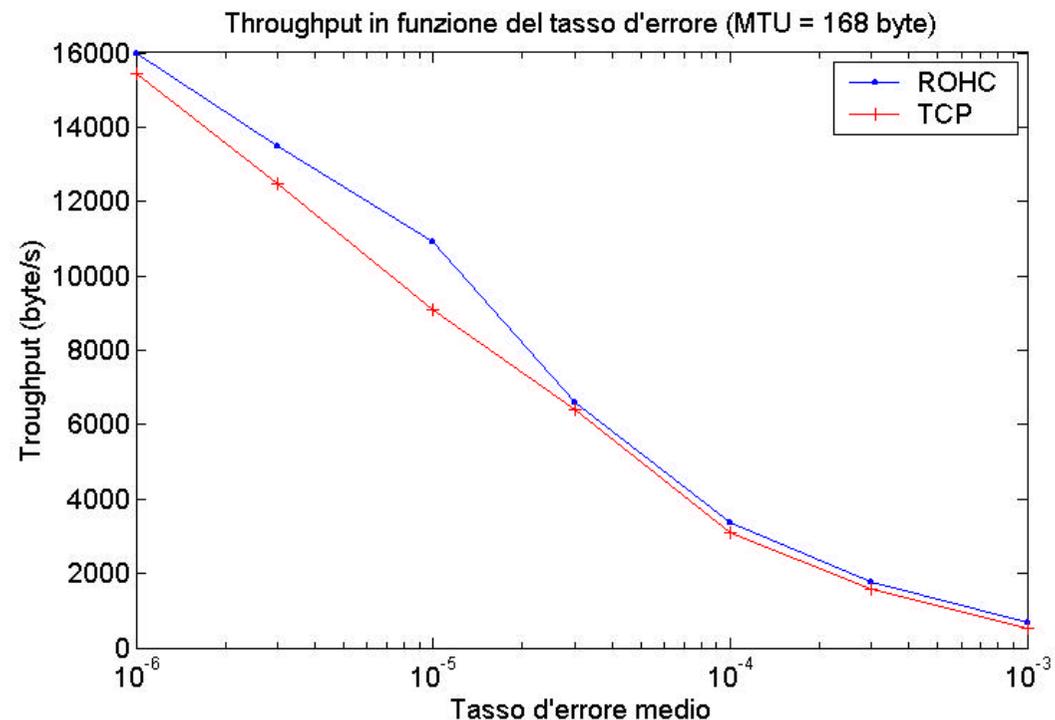
Lo schema di compressione è robusto nei confronti delle "cattive" condizioni del canale

Scenario 1

MTU variabile

BER variabile

Wireless: 384 kb/s, 30 ms



Risultati U-mode: Overhead

L'overhead viene sensibilmente ridotto con la compressione, specialmente per un BER non elevato ($< 10^{-4}$)

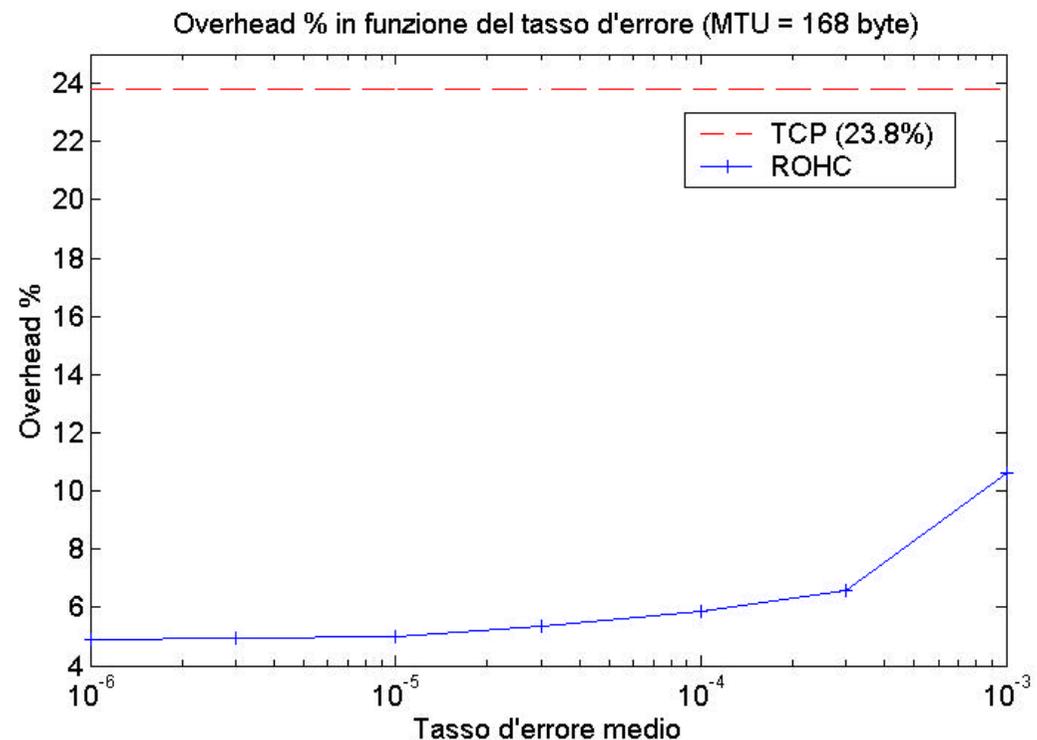
Lo schema di compressione è efficiente anche per condizioni del canale non ottime

Scenario 1

MTU variabile

BER variabile

Wireless: 384 kb/s, 30 ms



Risultati U-mode: Goodput

Il goodput viene incrementato con la compressione, con variazioni apprezzabili anche in presenza di condizioni di canale particolarmente svantaggiate



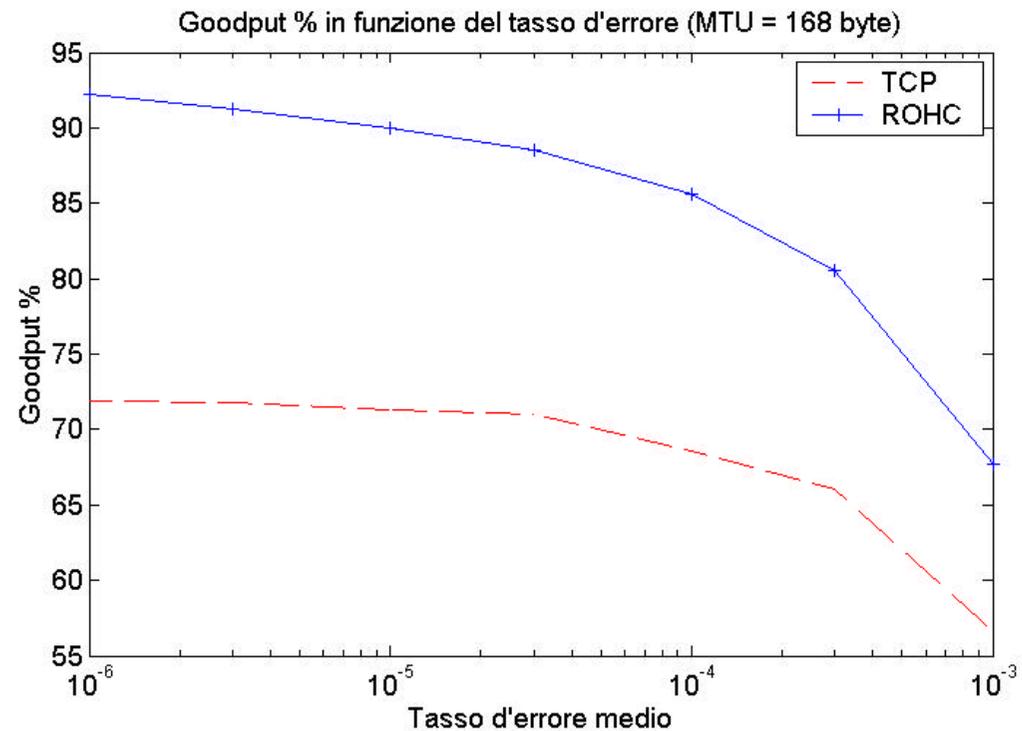
Lo schema di compressione è globalmente efficiente per qualunque condizione del canale

Scenario 1

MTU variabile

BER variabile

Wireless: 384 kb/s, 30 ms



Risultati U-mode: campo TCP SN

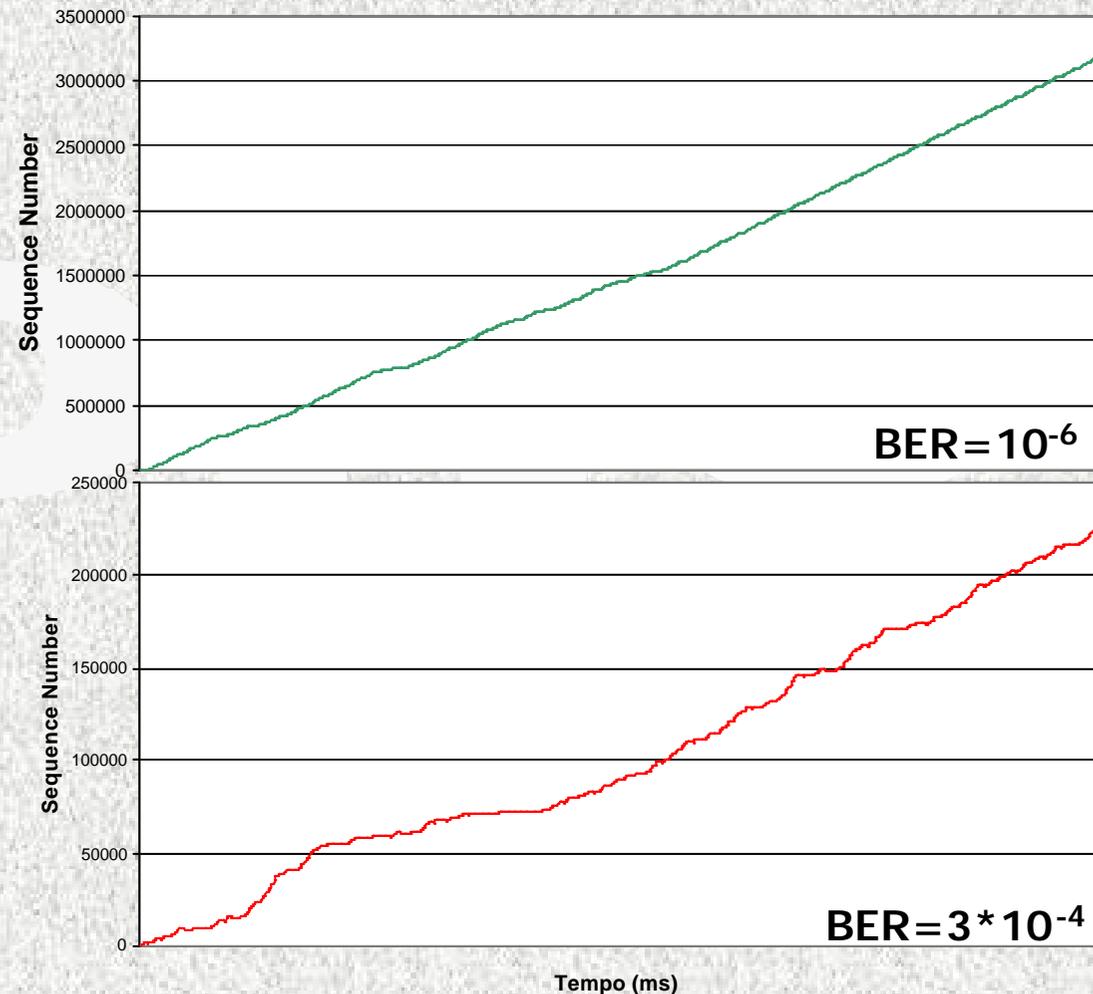
Il campo TCP o ACK SN ha variazioni strettamente legate alle condizioni di canale, in quanto esse influiscono sul numero di ritrasmissioni e di ACK duplicati.

Scenario 1

MTU variabile

BER variabile

Wireless: 384 kb/s, 30 ms



Risultati U-mode: compressione ACK

L'efficienza di compressione ottenibile sul flusso degli ACK è inferiore rispetto a quella sul flusso dati, a causa della maggiore instabilità del campo ACK SN rispetto al campo TCP SN

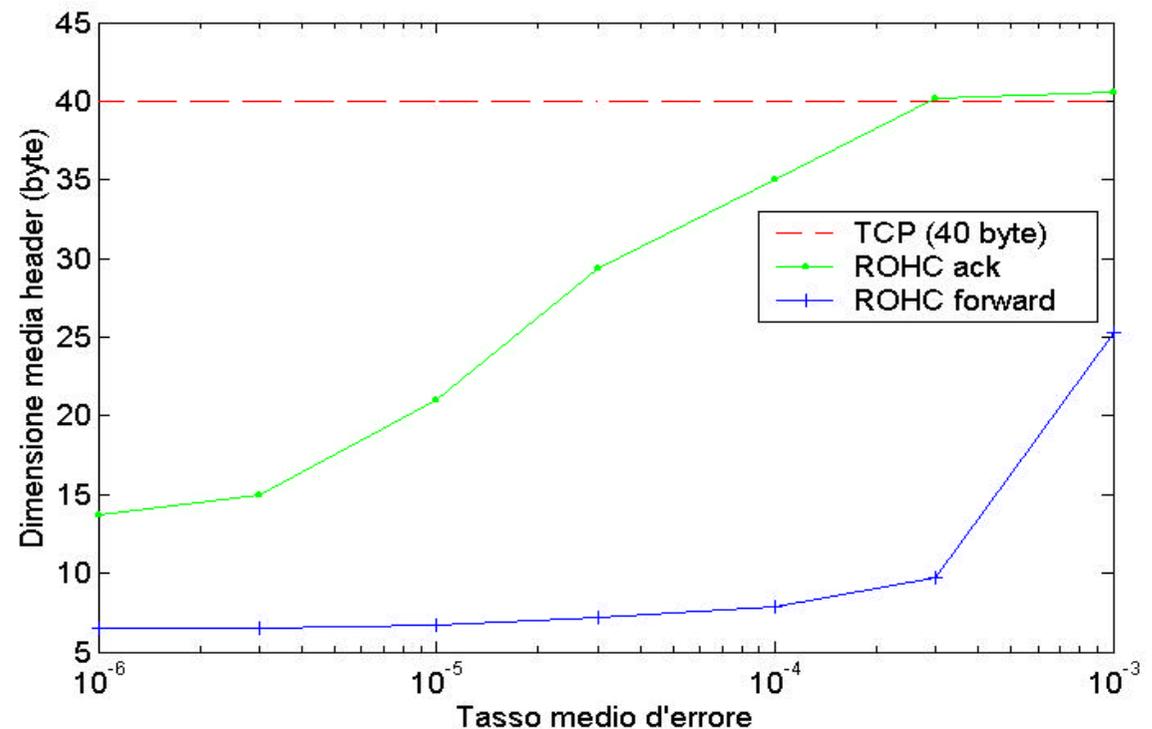


Scenario 1

MTU variabile

BER variabile

Wireless: 384 kb/s, 30 ms



Risultati U-mode: importanza della banda

L'efficienza di compressione è direttamente proporzionale alla banda, in quanto questa influisce sul numero di pacchetti da comprimere e quindi sulla frequenza con cui sfruttare gli alti stati di compressione

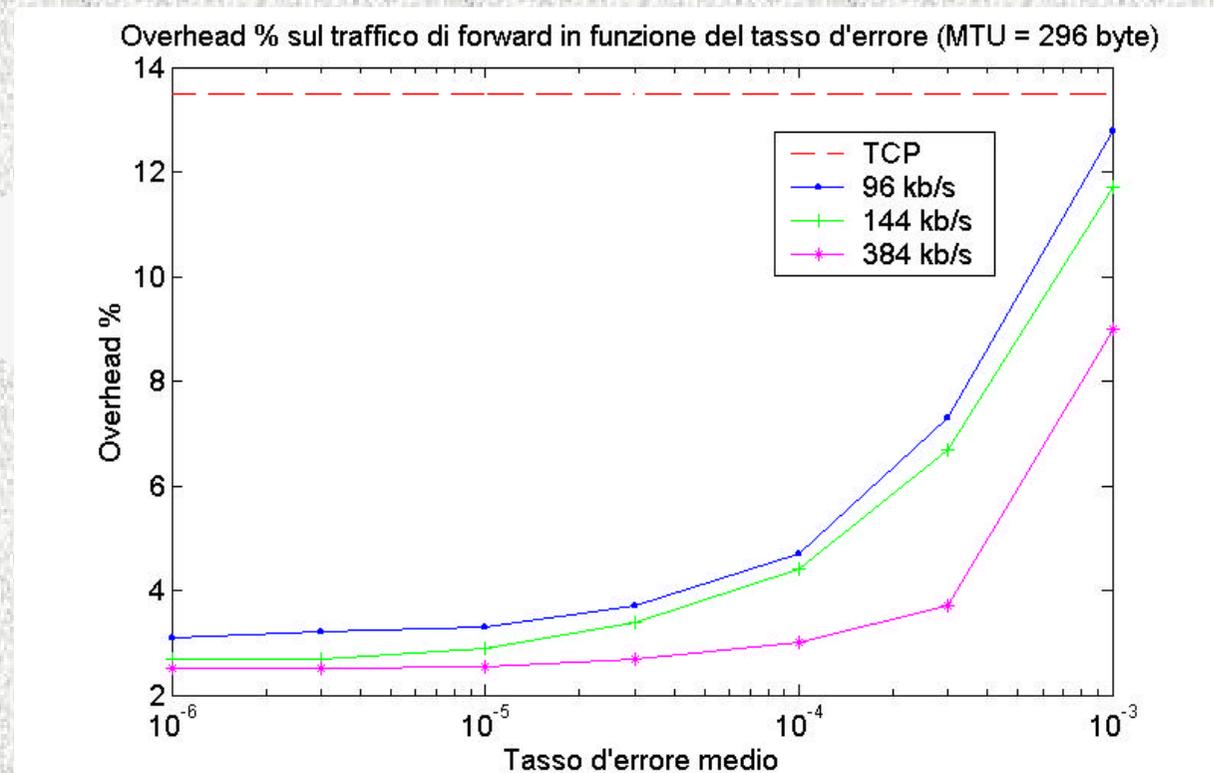
FR

Scenario 1

MTU = 296 byte

BER = $3 \cdot 10^{-5}$

Ritardo 30 ms, Banda (kb/s): 9.6, 14.4, 64, 96, 144, 384



Risultati U-mode: parametro N_U

Il parametro N_U caratterizza l'approccio ottimistico. Esso influenza non tanto il throughput, quanto il rapporto di compressione e quindi l'overhead



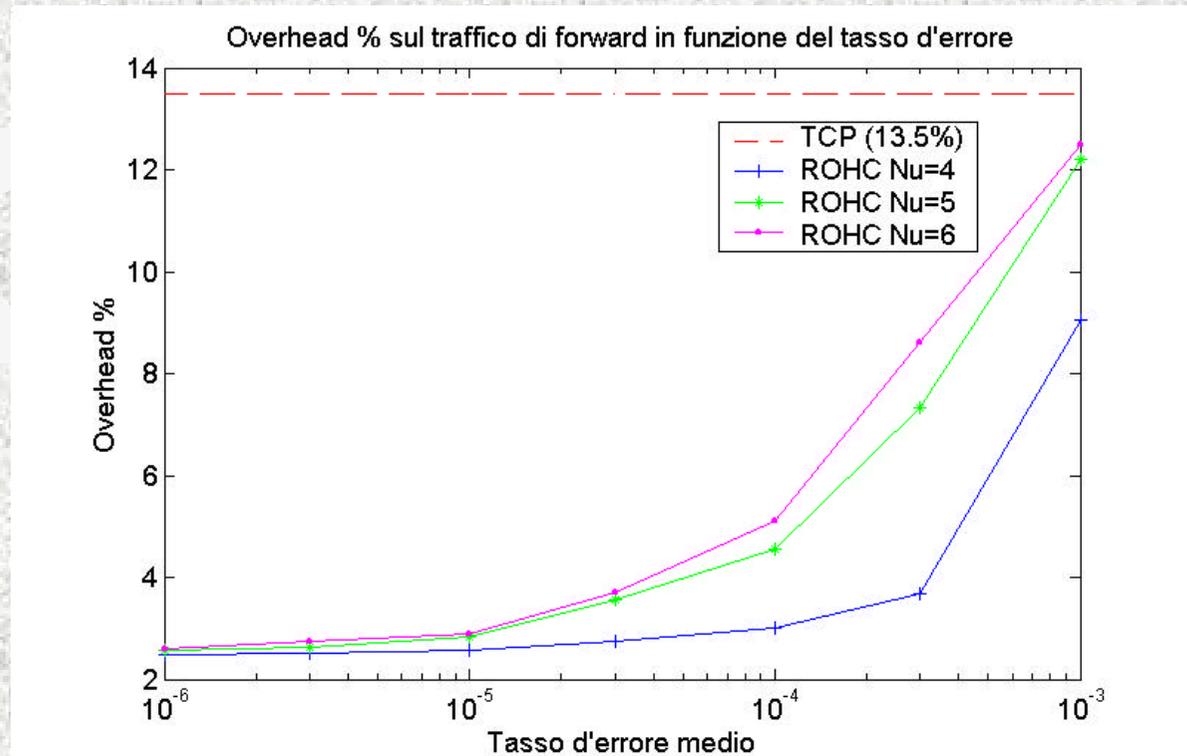
Le prestazioni sono fortemente influenzate da N_U come da altri parametri di compressione

Scenario 1

MTU = 296 byte

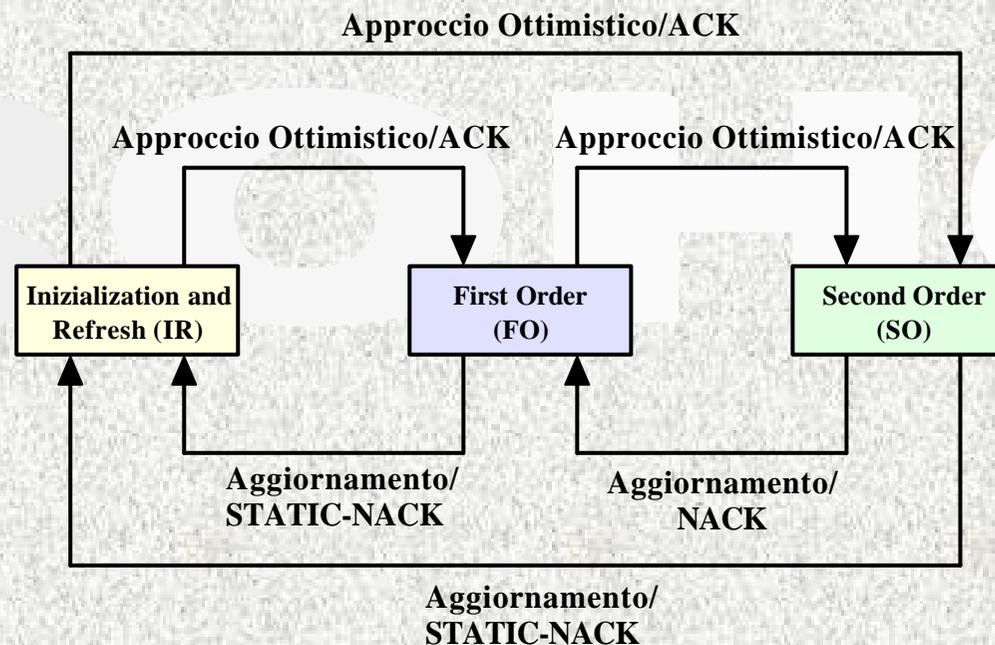
BER variabile

Wireless: 384 kb/s, 30 ms



Modo operativo ottimistico

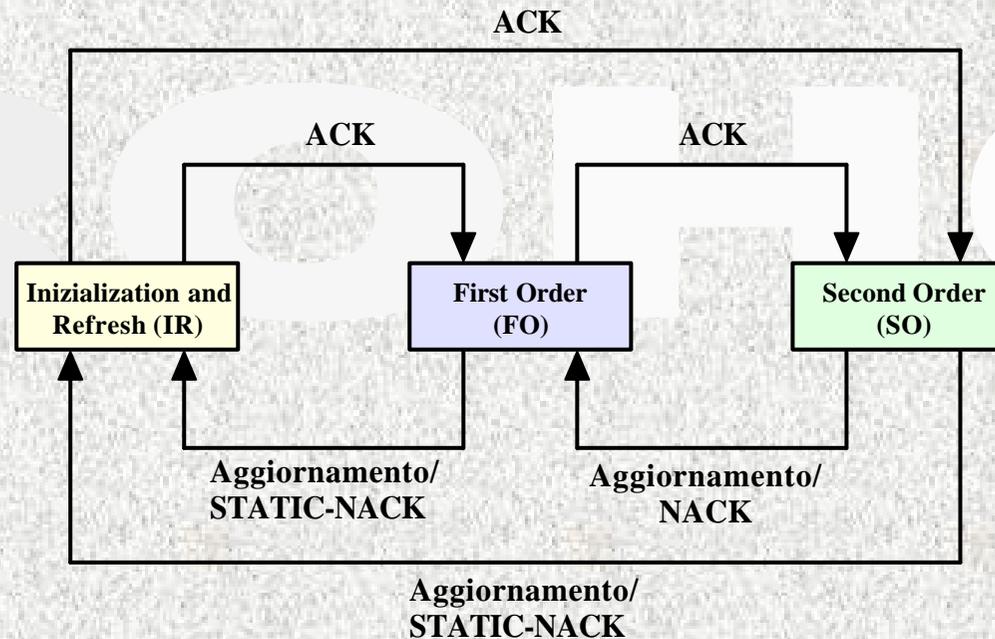
- Le transizioni in avanti sono regolate dall'**approccio ottimistico** e dalla ricezione di feedback positivo (**ACK**)
- Le transizioni all'indietro sono ottenute alla ricezione di feedback positivo (**NACK** o **STATIC-NACK**) nonché in presenza di **variazioni di regolarità** nel flusso



- La compressione risulta molto efficiente (ottimizzazione dell'approccio ottimistico) ma comunque ha una probabilità di propagazione delle perdite più alta rispetto al modo R

Modo operativo affidabile

- Le transizioni in avanti sono regolate solo dalla ricezione di feedback positivo (**ACK**)
- Le transizioni all'indietro sono ottenute alla ricezione di feedback positivo (**NACK** o **STATIC-NACK**) nonché in presenza di **variazioni di regolarità** nel flusso



- La compressione risulta meno efficiente dei modi U ed O, ma molto più robusta nei confronti delle perdite e della propagazione degli errori

Risultati O-mode e R-mode

I risultati confermano i propositi con cui le modalità bidirezionali sono state ideate, salvo qualche incertezza sulla modalità ottimistica, la cui efficienza di compressione è risultata inferiore a quella attesa

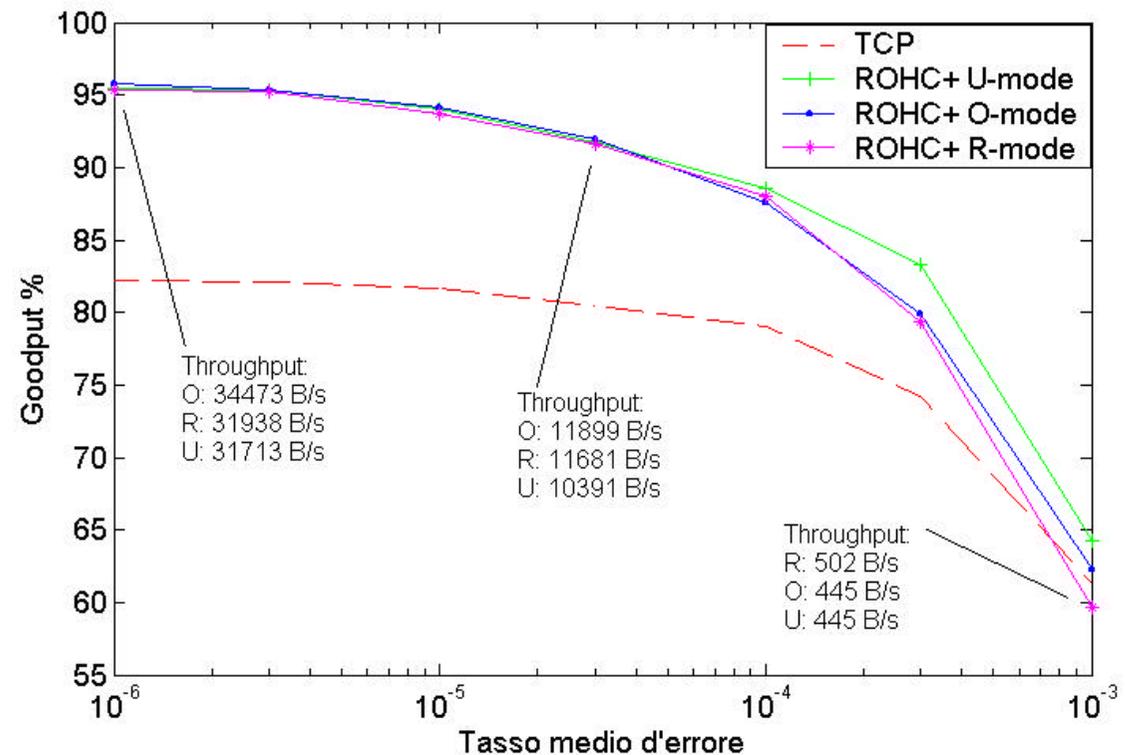
ROHC

Scenario 1

MTU = 296 byte

BER variabile

Wireless: 384 kb/s, 30 ms



Risultati O-mode

I pregi della modalità ottimistica si fanno sentire essenzialmente quando il “peso” dei pacchetti inviati a minima compressione è elevato e quindi risente positivamente di ogni meccanismo che ne riduca il numero

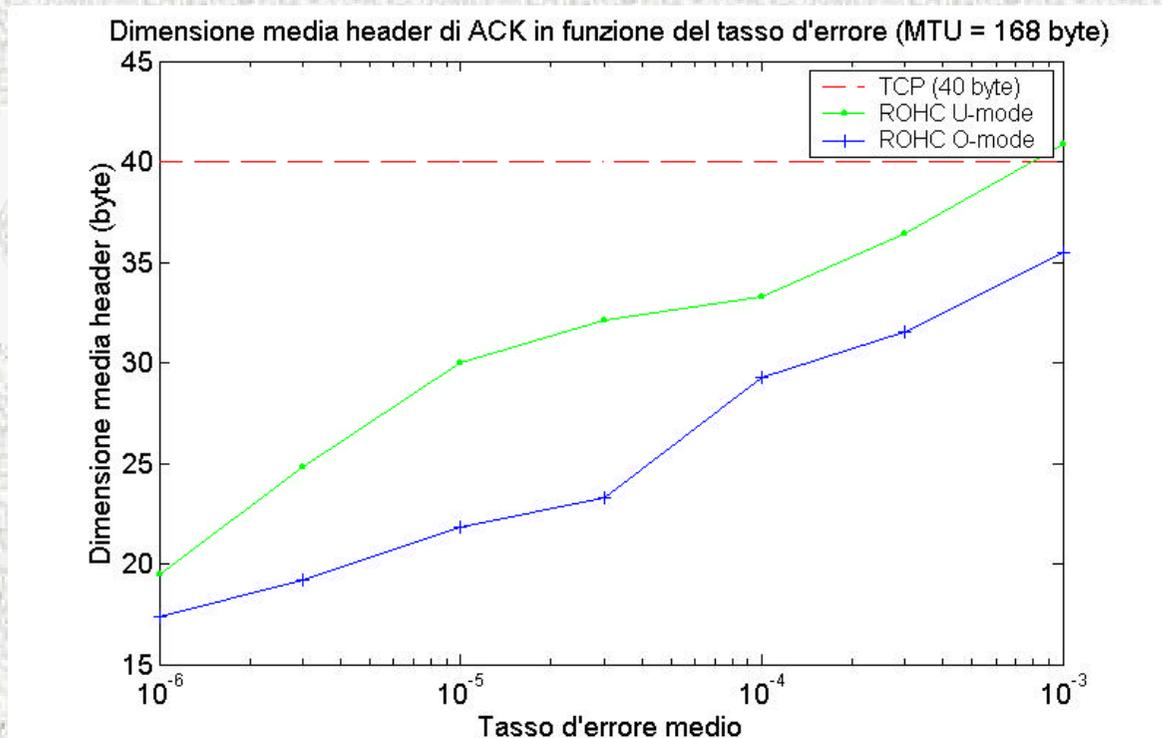
ROHC

Scenario 1

MTU = 168 byte

BER variabile

Wireless: 64 kb/s, 100 ms



Conclusioni

- Le prestazioni sono strettamente dipendenti dalle variazioni dei campi TCP SN e ACK SN
- L'efficienza di compressione è elevata per canali non troppo rumorosi ($BER < 10^{-4}$)
 - **Minima dimensione media dell' header: 5.3 byte**
- Per canali molto rumorosi, l'efficienza di compressione inevitabilmente scende, ma la propagazione degli errori è minimizzata
 - **La tecnica W-LSB appare estremamente robusta**
- La compressione degli ACK risente fortemente dell'instabilità del campo ACK SN

Suggerimenti per nuove ricerche

- Alcune parti dell'algoritmo devono essere ancora accuratamente testate:
 - Meccanismi di riparazione locale del context
 - Gestione delle variazioni di campi diversi da SNR, SN e ID
- Uno studio ancora più approfondito delle prestazioni richiederebbe la disponibilità di un modello d'errore del canale wireless più accurato
- La versione 6 di IP presenta caratteristiche particolarmente favorevoli per la compressione con il profilo oggetto di questa ricerca
- Lo studio dei "legami dinamici" tra parametri di compressione e stato del canale potrebbe portare ad interessanti ottimizzazioni dell'algoritmo
 - Problema della stima dello stato del canale
 - Utilizzo di un modello più accurato del canale

Fine presentazione

Sandro Petrizzelli

Politecnico di Bari

Bari, 7 maggio 2002