

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI LECCE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

**TESI DI LAUREA
IN
RETI DI CALCOLATORI**

**Confronto e ottimizzazione di algoritmi di
codifica FEC applicati a scenari
di streaming video**

Relatore:

Ing. Giovanni Ciccarese

Correlatore:

Ing. Silvio Lucio Oliva (STMicroelectronics)

Laureando:

Fabrizio Monaco

*Nomi e marchi citati nel testo sono generalmente depositati o registrati
dalle rispettive case produttrici*

INDICE

Introduzione

<u>Capitolo 1 Le tecnologie wireless</u>	1
- 1.1 Le <i>wireless</i> LAN (IEEE 802.11)	2
- 1.2 L'architettura di una WLAN	4
- 1.3 Protocolli di accesso al mezzo in una WLAN	6
- 1.4 Svantaggi nell'uso delle wireless LAN	7
<u>Capitolo 2 Applicazioni multimediali e codifica video</u>	9
- 2.1 Le applicazioni multimediali in rete	9
- 2.2 La compressione video	11
- 2.2.1 La gerarchia nelle sequenze video.....	12
- 2.2.2 Riduzione della ridondanza temporale	13
- 2.2.3 Riduzione della ridondanza spaziale	15
- 2.3 Multimedia & Wireless	16
<u>Capitolo 3 Il recupero delle perdite</u>	18
- 3.1 La tecnica ARQ	18
- 3.1.1 Il protocollo STOP-AND-WAIT.....	19
- 3.1.2 Il protocollo GO-BACK-N	20
- 3.1.3 Il protocollo SELECTIVE REPEAT	21
- 3.2 La tecnica UMD/MD	21
- 3.3 Interleaving	22
- 3.4 FEC	23
- 3.4.1 Reed-Solomon (RS)	25
- 3.4.2 Low Density Parity Check (LDPC)	25
- 3.4.3 Low Density Generator Matrix (LDGM)	26
- 3.5 Propagazione degli errori nei video compressi	27

<u>Capitolo 4</u> Ottimizzazione degli algoritmi FEC e stima delle	
<u>prestazioni</u>	29
- 4.1 L'adattamento del FEC	29
- 4.1.1 PLR versus BURST & GAP.....	30
- 4.1.2 RTCP extended reports.....	31
- 4.1.3 Gli algoritmi per l'adattamento del FEC	32
- 4.2 Tecnica FEC applicata a blocchi di grandi dimensioni	33
- 4.3 Stima delle prestazioni	34
- 4.3.1 Metriche di valutazione	34
- 4.4 Simulazioni per blocchi di piccole dimensioni	35
- 4.4.1 Tracciato con PLR 8.7% e bit rate 1 Mbps	36
- 4.4.2 Tracciato con PLR 2.3% e bit rate 2 Mbps	40
- 4.4.3 Tracciato con PLR 6.6% e bit rate 3 Mbps	43
- 4.5 Simulazioni per blocchi di grandi dimensioni.....	46
- 4.5.1 Tracciato con PLR 8.7% e bit rate 1 Mbps	46
- 4.5.2 Tracciato con PLR 2.3% e bit rate 2 Mbps	49
- 4.5.3 Tracciato con PLR 6.6% e bit rate 3 Mbps	52
- 4.6 Riepilogo dei risultati ottenuti	55
<u>Capitolo 5</u> Conclusioni	57

Ringraziamenti

Bibliografia

INTRODUZIONE

Il presente elaborato è frutto del lavoro di tirocinio svolto presso i laboratori di ricerca di Lecce della STMicroelectronics (ST), nella divisione AST (Advanced System Technology) sotto la supervisione della dott.ssa Gabriella Convertino e dell'ing. Silvio Lucio Oliva. Oggetto di ricerca sono, tra gli altri, presso tale centro, le problematiche legate alle trasmissioni, sia unicast che multicast, di contenuti multimediali (audio e video) su canali wireless, e si perfezionano le tecniche di riduzione e/o di recupero delle perdite di dati dovute all'utilizzo di link non cablati. Si tratta di uno studio molto interessante e attuale per via della crescente diffusione delle tecnologie mobili (telefoni cellulari, videotelefoni, PDA, ecc.), e dalla necessità da parte di un sempre maggior numero di utenti di trasmettere dati multimediali, quali ad esempio filmati o musica. L'utilizzo di canali wireless per trasmettere dati da un terminale ad un altro, può introdurre delle perdite di informazione: a tal fine sono oggetto di studio tecniche per ridurre l'effetto delle perdite, come quelle a descrizioni multiple, o per il recupero delle informazioni perse, come le tecniche ARQ (Automatic Repeat reQuest) e FEC (Forward Error Correction).

In particolare nel presente lavoro vengono analizzate le tecniche e gli algoritmi di codifica FEC, i quali permettono il recupero delle perdite attraverso la generazione di informazione ridondante (pacchetti FEC in caso di trasmissioni a pacchetti), che il trasmettitore (sender) invia al ricevitore (receiver) insieme allo stream originale (stream di pacchetti, sempre nel caso di trasmissione a pacchetti, detti anche pacchetti sorgenti o dati). I pacchetti FEC sono creati applicando diversi strumenti dell'algebra lineare ai pacchetti dello stream originale. Il receiver utilizza l'informazione ridondante introdotta dal sender solo nel momento in cui lungo il canale wireless ci siano state perdite di pacchetti sorgente: in questo caso, infatti, mediante opportuni algoritmi di decodifica, il receiver tenta la ricostruzione dei pacchetti persi. Si tratta di un tentativo in quanto la ricostruzione potrà essere completa solo se il numero totale di pacchetti persi (dati + FEC) è inferiore, o al più uguale, al numero di pacchetti FEC introdotti dal sender. Già ora appare evidente la grande importanza ricoperta dal sender nella stima del numero di pacchetti FEC da creare: tale numero non dovrebbe essere inferiore al numero delle perdite, per permettere al receiver di recuperare

sempre i pacchetti persi o corrotti, ma non dovrebbe nemmeno eccederlo di molto per non impegnare banda inutilmente.

I parametri tipici delle tecniche FEC sono abitualmente indicati in letteratura con i valori n e k , dove:

- *k , indica il blocco di pacchetti dati su cui applicare la tecnica FEC;*
- *n , indica il blocco totale di pacchetti (cioè la somma dei k pacchetti dati e degli $(n-k)$ pacchetti FEC).*

Valutare correttamente sia il blocco dei pacchetti k da cui generare gli $(n-k)$ pacchetti ridondanti, sia gli $(n-k)$ pacchetti ridondanti non è un compito semplice in quanto le perdite che si possono avere in un canale non cablato sono imprevedibili (si pensi alle interferenze o al rumore...), possono essere molto frequenti in certi intervalli di tempo e praticamente assenti in altri.

Alcune delle simulazioni che saranno descritte in questa trattazione metteranno in evidenza come la stima dei parametri FEC possa essere effettuata in differenti modi e adattata dinamicamente alla condizione della rete sfruttando le informazioni inviate dal receiver al sender tramite i pacchetti RTCP (RTP Control Protocol [RFC 1889]) o RTCP-XR.

Dal momento che le simulazioni riguardano la trasmissione di sequenze video, per avere un confronto utile saranno definiti e in seguito utilizzati strumenti matematici di valutazione della qualità del video, come il calcolo del PSNR (Peak Signal to Noise Ratio).

La trattazione sarà articolata nel modo seguente:

- 1. descrizione delle tecnologie wireless, dell'architettura di una rete wireless evidenziando pro e contro di un approccio non cablato;*
- 2. descrizione delle applicazioni multimediali in una rete, problematiche derivanti dall'approccio non cablato e compressione video;*
- 3. protocolli di controllo dello stato della rete per trasmissioni real-time,*
- 4. descrizione delle tecniche per il recupero delle perdite e loro ottimizzazione;*
- 5. confronto delle tecniche mediante un'analisi dei risultati di simulazioni svolte presso i laboratori.*

I test sono stati eseguiti nei laboratori della STMicroelectronics utilizzando due PC con processore Intel Pentium 4 e sistema operativo Red Hat Linux collegati tramite Ethernet. La trasmissione su rete wireless 802.11g è stata simulata attraverso l'utilizzo di tracciati di perdite ottenuti da trasmissioni reali a differenti rate su WLAN 802.11g per un confronto "a pari condizioni" tra le varie soluzioni proposte.