

Capitolo 4

Modelli di traffico per reti di telecomunicazione

4.1 Introduzione

L'esigenza delle reti di telecomunicazione di dover fornire servizi di comunicazione vari ed emergenti quali dati, voce e video, ha motivato la standardizzazione delle reti a larga banda. La necessità di un disegno flessibile che può adattarsi ai servizi e agli sviluppi tecnologici ha condotto l'International Consultative Committee for Telephone and Telegraph (CCITT) ad adottare l'Asynchronous Transfer Mode (ATM). Il successo delle reti ATM dipende dallo sviluppo di schemi efficaci di controllo di congestione, responsabili del mantenimento di un livello soddisfacente del grado di servizio (QoS) che è negoziabile tramite la rete. Gli schemi di controllo di congestione decidono se accettare o rifiutare le nuove connessioni basate sulle caratteristiche di traffico e sulle risorse disponibili della rete e assicurano che i collegamenti attuali non eccedano i parametri negoziati. I modelli del traffico sono usati per predire le performance delle reti e valutare gli schemi per il controllo della congestione, variano per strutture di correlazione e distribuzioni marginali. I modelli che non catturano le caratteristiche statistiche del traffico reale risultano insufficienti per analizzare le performance di rete perché o lo sopravvalutano o sottovalutano; inoltre devono possedere un certo numero di parametri facilmente gestibili e la stima di questi parametri deve essere semplice. I modelli del traffico che non sono trattabili dal punto di vista analitico possono essere usati per la generazione di tracce sintetiche di traffico.

I modelli si possono suddividere in stazionari e non stazionari; a loro volta i primi possono essere classificati in due classi: short-range dependent basati su processi markoviani e long-range dependent aventi caratteristiche selfsimilar.

I modelli short-range dependent quali Fractional Autoregressive Integrated Moving Average (F-ARIMA) e Fractional Brownian motion hanno correlazioni significative anche per grandi ritardi.

4.2 Caratterizzazione delle sorgenti di traffico

Caratterizzare una sorgente significa capire statisticamente il comportamento della sorgente di traffico. Una sorgente di traffico (DTE) può essere modellata tramite una sorgente e un codificatore (Fig. 4.1).

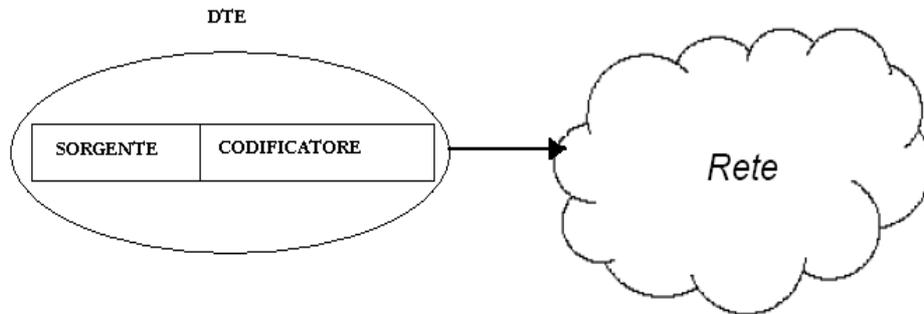


figura 4.1. Sorgente di traffico DTE

Esistono 4 grosse famiglie di sorgenti di traffico:

Sorgenti Audio → *Traffico Vocale*

Sorgenti Video → *Traffico Video*

Sorgenti Dati → *Traffico Dati*

Sorgenti multimediali → *Traffico Multimediale*.

Le sorgenti Multimediali sono un aggregato delle sorgenti precedentemente elencate, le quali risultano correlate fra loro. Ad esempio il movimento delle labbra di un parlatore è fortemente correlato con i dati audio, relativi alla voce dello speaker.

In base alla modalità con cui i dati vengono emessi dal codificatore, la sorgente di traffico (DTE) può trasmettere a

- *Constant Bit Rate (CBR)*, ovvero a *bit-rate costante*: ad esempio il PCM è di tipo CBR perché codifica la voce con bit/rate costante (64 kbit/sec.). Esso però è poco efficiente in quanto trasmette anche quando si ha silenzio. Trasmettere con bit rate costante è spesso poco conveniente, per cui si preferisce usare usualmente la tecnica VBR.

- *Variable Bit Rate (VBR)*, ovvero a *bit-rate variabile*.

4.2.1 Traffico Vocale

Il traffico vocale è prodotto campionando, ad intervalli regolari, e comprimendo il segnale proveniente da una sorgente vocale. I metodi di compressione sono tali che il messaggio vocale ricostruito al ricevitore non risenta dei problemi di qualità. Inoltre, a seconda del tipo di codifica usata, le perdite di celle possono essere compensate oppure no. La perdita di un alto numero di celle può causare, a destinazione, periodi di silenzio o troncamento del segnale ricostruito.

Come già detto, a seconda del tipo di codifica usata dalle sorgenti vocali, il traffico generato può essere *CBR* o *VBR*. Se è stato usato un codificatore PCM (*Pulse Code Modulation*) a 64 kbit/sec, il traffico generato è *CBR*.

Se invece la codifica si basa sull'uso delle tecniche *Speech Activity Detector (SAD)* e *Digital Speech Interpolation (DSI)*, il traffico risultante è di tipo *VBR*. Queste tecniche sfruttano la ridondanza intrinseca in un segnale vocale, eliminano la non necessaria trasmissione degli intervalli di silenzio durante una chiamata.

Se pensiamo al traffico generato da un parlatore con un microfono collegato ad un **VAD** (*Voice Activity Detector*) (Fig. 7.3-2), il quale consente di riconoscere i periodi di attività della voce e quelli di silenzio, allora una sorgente vocale si può modellare come un *processo ON-OFF*, cioè un processo di rinnovamento (*renewal process*) che può assumere due stati:

- uno stato di attività (*talkspurt o ON*)
- uno stato di inattività (*silenzio o OFF*).

Ogni volta che il processo cambia stato, si ha un rinnovamento, cioè viene dimenticata la storia passata.

Chiameremo pacchetti le unità informative di trasmissione.

Le sorgenti vocali che emettono questo tipo di traffico sono dette *bursty* ed il periodo in cui la sorgente emette è detto *burst*. Generalmente il *burst* ha una durata relativamente limitata nel tempo, ma è caratterizzato da un bit-rate molto elevato. A tal proposito, si definisce una quantità, detta *burstiness*, data dal rapporto tra la banda di picco P e la banda media B della sorgente. Essa è un indice della sua attività; infatti, maggiore è questa quantità, più la sorgente si discosta dall'essere di tipo *CBR* (per le sorgenti *CBR* la *burstiness* è unitaria).

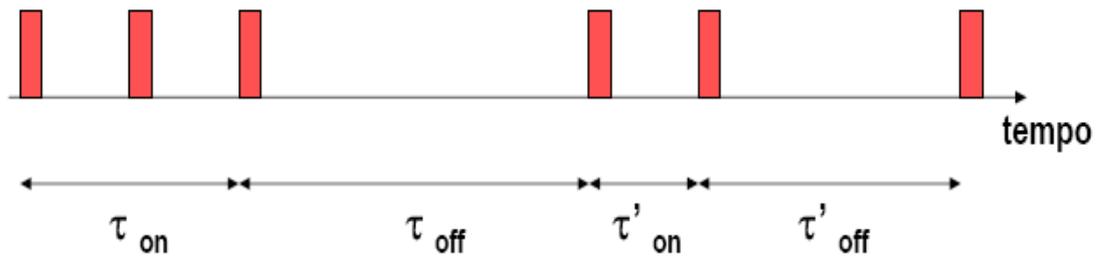


figura 4.2. Comportamento di una sorgente vocale

Il tipico comportamento di una *sorgente vocale bursty* è illustrato in Fig. 4.2: una sorgente vocale è attiva quando il talker parla, mentre è inattiva e non genera pacchetti durante i periodi in cui il talker è in silenzio. Come conseguenza, il numero di celle in trasmissione nella rete si riduce del 35-40% e il tempo di interarrivo dei pacchetti, nei periodi di attività, coincide con il periodo di pacchettizzazione.

Assumiamo che i periodi di talkspurt e i periodi di silenzio costituiscano un processo di rinnovamento alternato (*alternating renewal process*) e che questi intervalli temporali siano indipendenti tra di loro.

Sia T_{OFF} la durata di ciascun periodo di silenzio ed R il numero di celle nel periodo di talkspurt.

Se T rappresenta il periodo di pacchettizzazione di ciascuna cella, la durata temporale del talkspurt è $T_{ON} = RT$. Si è osservato che il numero R di pacchetti in un talkspurt è una variabile aleatoria distribuita geometricamente sugli interi positivi, cioè la durata temporale dei periodi di talkspurt T_{ON} è una variabile aleatoria distribuita esponenzialmente.

In una normale conversazione la distribuzione esponenziale si adatta bene alla durata dei periodi di attività, mentre la durata dei periodi di inattività è approssimata meno bene da questa distribuzione.

Per facilitare l'analisi si assume comunque che entrambi i periodi siano *distribuiti esponenzialmente* con medie pari a

$\overline{T_{ON}}$ per il periodo di talkspurt e

$\overline{T_{OFF}}$ per il periodo di silenzio.

Valori tipici di questi parametri sono $\overline{T_{ON}} = 350$ ms e $\overline{T_{OFF}} = 650$ ms.

Il processo vocale è dunque un processo *ON-OFF* caratterizzato dai parametri $\overline{T_{ON}}$ e $\overline{T_{OFF}}$ dalla banda di picco pari a

$$P = \frac{1}{T} = \frac{1}{T_{ON}}$$

che rappresenta la frequenza di arrivo delle celle nei periodi di *ON*, ovvero la velocità di trasmissione delle unità informative, detta *cell-rate*.

In funzione di questi parametri la *burstiness* b può essere calcolata come segue:

$$P = \frac{P}{B} = \frac{\overline{T_{ON}} + \overline{T_{OFF}}}{\overline{T_{ON}}} \geq 1$$

Dove B rappresenta la banda media di trasmissione pari a :

$$B = \frac{1}{\overline{T_{ON}} + \overline{T_{OFF}}}$$

Quindi l'Eq. 7.3-1 mostra come la *burstiness* rappresenti la variabilità del traffico, cioè di quanto il traffico si allontana dalla condizione costante. Il traffico *CBR* (constant bit rate) ha una burstness pari a 1. Maggiore è la burstness peggiore è la qualità del servizio in termini di probabilità di perdita, ritardo medio e spreco di banda in uscita.

Generalmente tutte le sorgenti di tipo *ON-OFF* hanno una banda media di 32 kbit/s.

Come già detto (vedi problematica dell'ammissione di chiamata), se consideriamo 10 sorgenti *ON-OFF*, quando il traffico presenta dei picchi di 1 Mbit/s, anche se la media totale del traffico in ingresso è sempre 320 kbit/s, nasce l'esigenza di utilizzare una coda (buffer).

Nell'ATM il pacchetto si chiama *cella ATM*. Il traffico nella rete ATM non viene trasmesso come singoli bit, ma è organizzato in pacchetti di dimensione costante pari a 53 byte, di cui 5 di intestazione e 48 di *payload* (informazione vera e propria). La voce codificata è quella che viene messa nel payload, mentre l'intestazione serve ad indicare la qualità del servizio, la destinazione, etc. L'output della sorgente vocale è 64 Kbit/s, questo viene suddiviso in pacchetti di 48 byte che, insieme a 5 byte di intestazione, vanno a costituire la cella ATM.

In Internet la dimensione del pacchetto, a differenza dell'ATM, non è costante. La durata del periodo di attività non è costante, ma dipende dal parlatore.

All'uscita del VAD di Fig. 7.3-2, il segnale vocale viene codificato con impulsi PCM (Fig. 4.3) con una bit rate pari a 64 Kbit/s, per poter ottenere una buona qualità del segnale vocale.

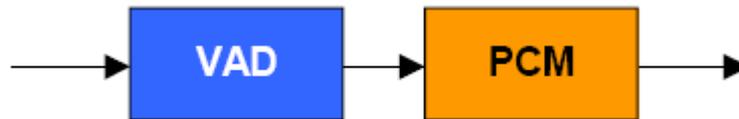


figura 4.3. Codifica PCM all'uscita del VAD

La trasmissione a 64 Kbit/s non è costante ma è relativa solo ai periodi di ON, in quanto le pause non vengono codificate. Dividendo i 64 Kbit per 48 byte (ATM) otteniamo il numero di celle emesse al secondo. La distanza fra le varie celle è costante ed essendo la dimensione di ognuna abbastanza grande è necessario introdurre dei ritardi per il riempimento. Questi ritardi rappresentano un problema per la trasmissione vocale che deve essere effettuata in *real-time*: a tal proposito si stanno facendo degli studi sulla convenienza di aspettare il riempimento della cella.

4.2.2 Traffico Video

Nel creare un modello per il traffico video si deve considerare che per un grande insieme di dati si deve avere una piccola perdita d'informazione, utilizzando un numero esiguo di parametri facilmente gestibile e semplice da stimare. I modelli markoviani, molte volte, comportano un gran numero di parametri oltre ad essere assai complicati da valutare.

Le sorgenti video sono generalmente di due tipi: videoconferenza e video codificato. Nelle videoconferenze i cambiamenti di scena sono molto limitati e quasi assenti le scene di azione. Nei video codificati, come "Star Wars" per fare un esempio, i cambiamenti sono molto più frequenti e le scene di azione si susseguono numerose. Tali differenze comportano tecniche di codifica differenti. Le sorgenti di videoconferenza hanno un'alta velocità di compressione ed utilizzano algoritmi di codifica relativamente semplice. Per i video codificati, il discorso cambia, perché sono necessari algoritmi più complicati per ridurre lo spazio e gestire in modo efficiente sequenze di frame differenti (si veda ad esempio le specifiche del formato di compressione video MPEG-2). Ciò