INDICE

- Motivazioni
  - Integrazione dei servizi
  - Vantaggi e problemi aperti
- Architettura di riferimento
- La codifica vocale
- Il trasporto
  - RTP e RTCP
  - QoS in reti IP e VoIP requirements
- La segnalazione
  - H.323
  - SIP
- Cenni su VoIP reliability
- *Problemi del VoIP con NAT e firewalls*
- Qualità della voce
- Valutazione soggettiva e oggettiva della qualità della voce
  - E-model

Premessa

- Il problema della qualità di una conversazione telefonica VoIP e della sua stima risultano completamente nuovi

- PRIMA
  - Commutazione di circuito
    - ✓ tecnologie assodate
    - ✓ canali a basso rumore, e buona qualità (in ambito cablato)

- DOPO
  - Commutazione di pacchetto
    - ✓ Grande varietà ed aleatorietà di network impairments
      - – Possono variare da chiamata a chiamata
      - – All'interno della medesima chiamata

Che cosa diviene necessario

- Gli operatori dei servizi di telecomunicazioni sentono come cruciale l'esigenza di avere a disposizione dei tool che consentano

  la valutazione della qualità associata alla chiamata VoIP

- QUALI GLI APPROCCI POSSIBILI?

  - Test soggettivi
  - Test oggettivi

Test soggettivi

- Prevedono l'impiego di ascoltatori opportunamente addestrati, il cui compito è valutare il MOS della chiamata in esame

- Tali procedure sono previste dalla stessa ITU nella raccomandazione ITU P.800, che codifica rigorosamente le modalità con cui si devono svolgere tali test.

  Prevede diversi tipi di test soggettivi

  - Absolute Category Rating (**ACR**) test
  - Degradation Category Rating (**DCR**) test
  - Comparison Category Rating (**CCR**) test

Continua

- ACR – Absolute Category Rating

  Test di solo ascolto

  - Prevede tre gruppi di almeno 8 persone, che sono invitati a dare un giudizio assoluto – unico riferimento è l'esperienza soggettiva - su scala da 1 a 5 circa la qualità della voce percepita
    - Valor medio fornisce il MOS
    - Viene valutato un *ulteriore MOS che quantifica il Listening effort*, lo sforzo richiesto per l'ascolto. Da:
      - Complete relaxation, no effort required ➔ **$MOS_{LE}=5$**
      - **...**
      - ...
      - fino a
      - Considerable effort required ➔ **$MOS_{LE}=2$**
      - No meaning understood with any feasible effort ➔ **$MOS_{LE}=1$**

Continua

- DCR – Degradation Category Rating

  Ai soggetti viene chiesto di esprimere un parere riguardante il degrado percepito su una chiamata vocale rispetto ad un'altra che rappresenta la qualità di riferimento

  - A seconda del diverso degrado percepito,
    - ✓ Degradation is inaudible ➔ punteggio 5
    - ✓ ...
    - ✓ Degradation is very annoying ➔ punteggio 1
  - Al valor medio viene assegnato il simbolo **DMOS**
- CCR – Comparison Category Rating

  Simile al DCR, ma l'ordine dei campioni da testare è casuale

  - In metà test il campione con la migliore qualità viene presentato per primo, nell'altra metà avviene il contrario
    - ✓ Much better ➔ 3
    - ✓ ...
    - ✓ Much worse ➔ -3
  - **CMOS**

Svantaggi

- Non sono oggettivamente ripetibili
  - Influenzati da una serie di parametri incontrollabili
- Sono estremamente costosi
- Sono inefficienti e di scarso utilizzo pratico al fine di effettuare test frequenti per
  - Progettazione o cambiamenti di configurazione di rete
  - Monitoraggio di routine della rete

Allora …

- Gli svantaggi dei test MOS soggettivi suggeriscono la necessità di

  Test oggettivi, ovvero
  - Automatizzati e
  - Ripetibili

  A loro volta ulteriormente classificabili in

  - Test di natura intrusiva, detti anche proattivi
  - Test di natura non intrusiva, o test passivi

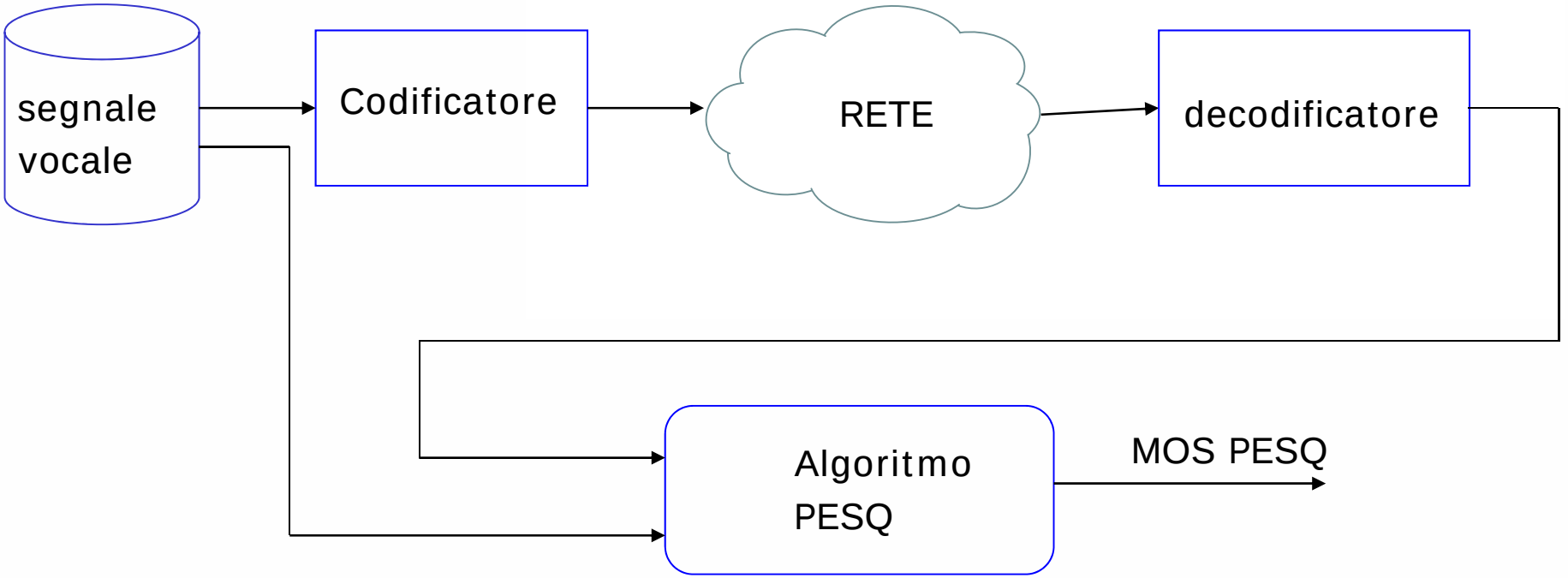
Monitoraggio attivo

- I sistemi che consentono di fare monitoraggio attivo prevedono

l'esecuzione di chiamate VoIP di test sulla rete

- Si trasmettono spezzoni di voce reale o artificiale (*)
  - Un algoritmo – sofisticato - (ad esempio il PESQ) provvede al paragone tra file trasmesso e ricevuto. Tipicamente incorpora i seguenti passi:
    i. Pre-processing: i segnali originale e degradato vengono allineati nel tempo e portati allo stesso livello di potenza
    ii. Modellazione percettiva: trasformazione dal dominio fisico al dominio psicofisico
    iii. Analisi percettiva: il modello percettivo viene utilizzato per valutare le differenze udibili tra i segnali sorgente e degradato

Lo schema a blocchi



Monitoraggio passivo

- Non prevede l'inserimento di dati di test nel sistema al fine di ottenere misure di prestazioni

- Il monitoring passivo esamina la caratteristiche operative di sistema per determinare il livello di prestazione
  - Esempi di caratteristiche operative esaminate:
    - ✓ Livelli di occupazione dei buffer dei router
    - ✓ Esame degli stream dati trasmessi attraverso la rete

E-model

- Nella categoria degli approcci al monitoraggio di tipo non-intrusivo si posiziona l'E-model, descritto nelle raccomandazioni ETSI ETR250 e ITU G.107
- Si tratta di un modello nato per la stima della qualità associata ad una chiamata telefonica sulle "tradizionali" reti telefoniche *narrow-band* e *hand-set terminated*

- Concetto di base: *"fattori psicologici su scala psicologica sono additivi"*, il che implica che
  - I fattori di degrado che influenzano una chiamata fonia possono essere computati separatamente, anche se sono tra loro correlati

Il dettaglio

- L'E-model consente la determinazione di un fattore trasmissivo R, con range 1 (poor) … 100 (excellent), che può in seguito essere convertito in un MOS

$$R = R_0 - I_S - I_d - I_e + A$$

dove

R_0 rappresenta l'effetto del rumore

I_S gli effetti dei disturbi simultanei che si sovrappongono al segnale di fonia

I_d i disturbi *ritardati* (delayed) rispetto al segnale di fonia ➔ eco

I_e gli effetti degli "equipments", come DCME (Digital Circuit Multiplication Equipments, tra cui i codec VoIP impiegati) **e le reti attraversate**

A è invece l'advantage factor, che tiene conto dell'attitudine dell'utilizzatore a tollerare una scarsa qualità a fronte di una qualche compensazione di altro tipo (ad esempio, impiegare un cellulare e non un telefono fisso)

Relazione tra R e MOS

For R < 0 MOS=1

For 0 <= R <= 100

MOS= 1 + 0.035 R + 7*10-6 R (R-60) (100-R)

For R > 100 MOS = 4.5

E-model e VoIP

- Per fare uso dell'E-model nei gateway VoIP, si osserva preliminarmente che non tutti i contributi che compaiono della corrispondente formula di R possono essere misurati attraverso dispositivi posizionati all'interno della rete
  - ESEMPIO: Parte iniziale della chiamata attuata su PSTN, con chiamata successivamente convertita in VoIP in un gateway

- Si suggerisce allora l'uso di valori di default per taluni di essi (G.107) e si impiega pertanto un valore pari a 94 per R_0-I_S

$$R = 94 - I_d - I_e$$

Calcolo di I_e e di I_d

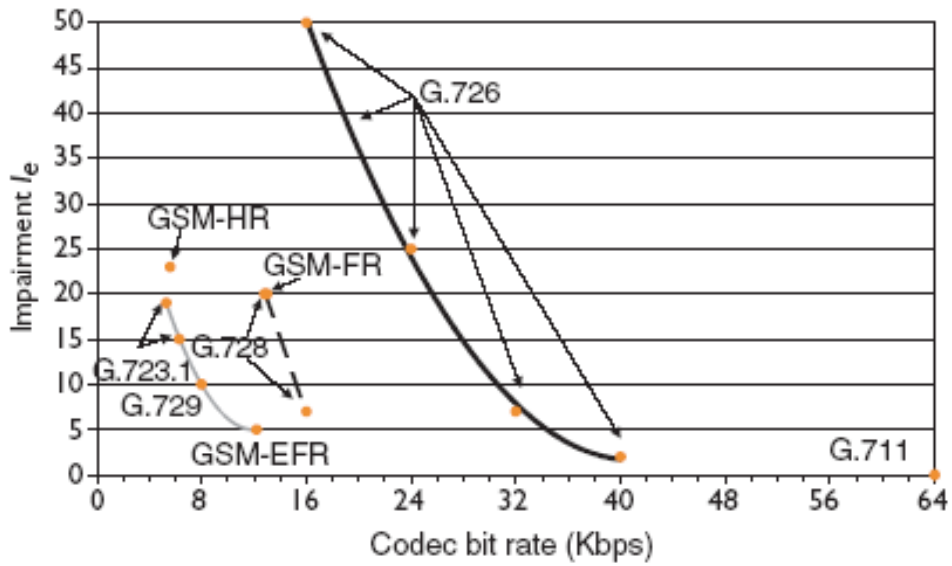
- La principale causa di degrado introdotta dalla rete è la PACKET LOSS, provocata a sua volta da
  - Buffer overflow
  - Discard deliberato di pacchetti per prevenire/arginare la congestione (meccanismo previsto da alcuni schemi di controllo di congestione, ad esempio il RED, Random Early Detection)
  - Errori di natura trasmissiva

  viene catturata nel termine I_e
- DELAY: messo in conto attraverso il termine I_d
- Quanto al JITTER,
  - si ipotizza l'adozione di un jitter buffer a livello applicazione
  - Se la packet loss viene misurata a valle del jitter buffer, i pacchetti che subiscono un ritardo non compensabile vengono a tutti gli effetti conteggiati tra quelli perduti

PACKET LOSS

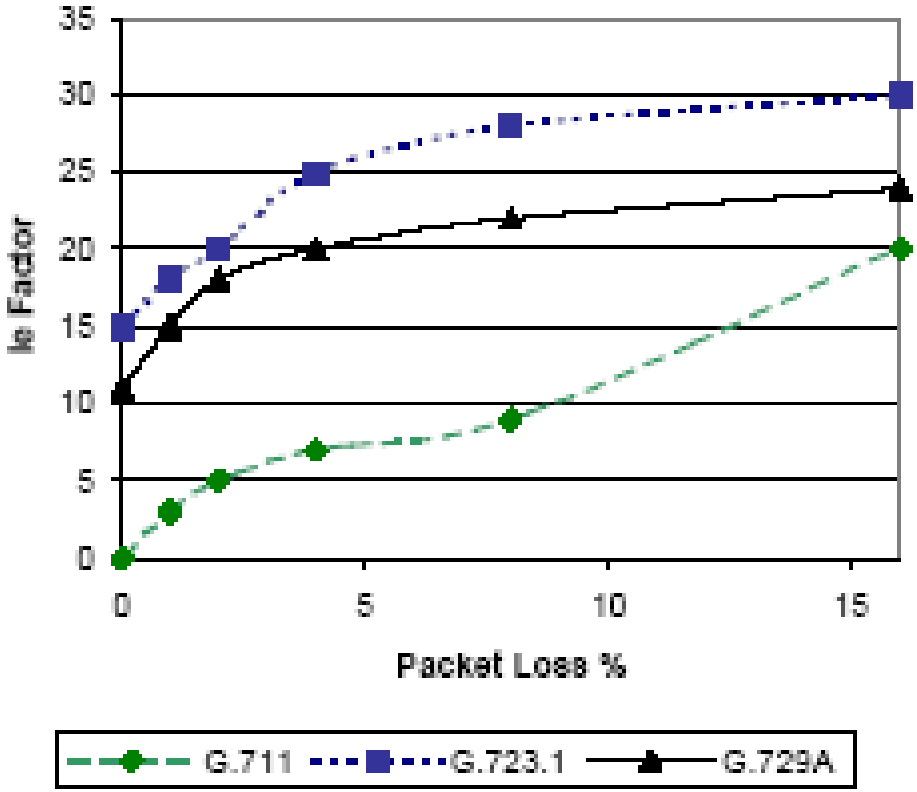
- È stato sperimentalmente osservato che per valori di packet loss significativi (almeno qualche percento) il MOS - attraverso il fattore I_e - dipende pesantemente
  - dalla modalità con cui si presentano le perdite
    - ✓ Random
    - ✓ Burst (caso peggiore) ←
  - dal tipo di CODEC impiegato

$$I_e = f_{CODEC}(\text{packet loss})$$



CODEC e packet loss

- Da test di natura soggettiva …



$I_e = f_{CODEC}(\text{packet loss}) =$
$= I_e(\text{CODEC}) + I_e(\text{packet loss})$

Estensioni proposte all'E-model

- Proposte nel 2001 da Clark [1], adottate dal gruppo ETSI come versione estesa (2003) al modello originariamente descritto nella raccomandazione G.107
- Mirano ad incorporare nel modello gli effetti di
  - Packet loss
  - Recency

- Presenti in un proposed standard per Internet (RFC 3611, di cu Clark è un coautore) in cui vengono impiegate per stime istantanee di R; queste sono realizzate facendo uso di RTCP e di alcune sue opzioni

[1] A.D. Clark "Modeling the Effects of Burst Packet Loss and Recency on Subjective Voice Quality", Columbia University IP Telephony Workshop, 2001.

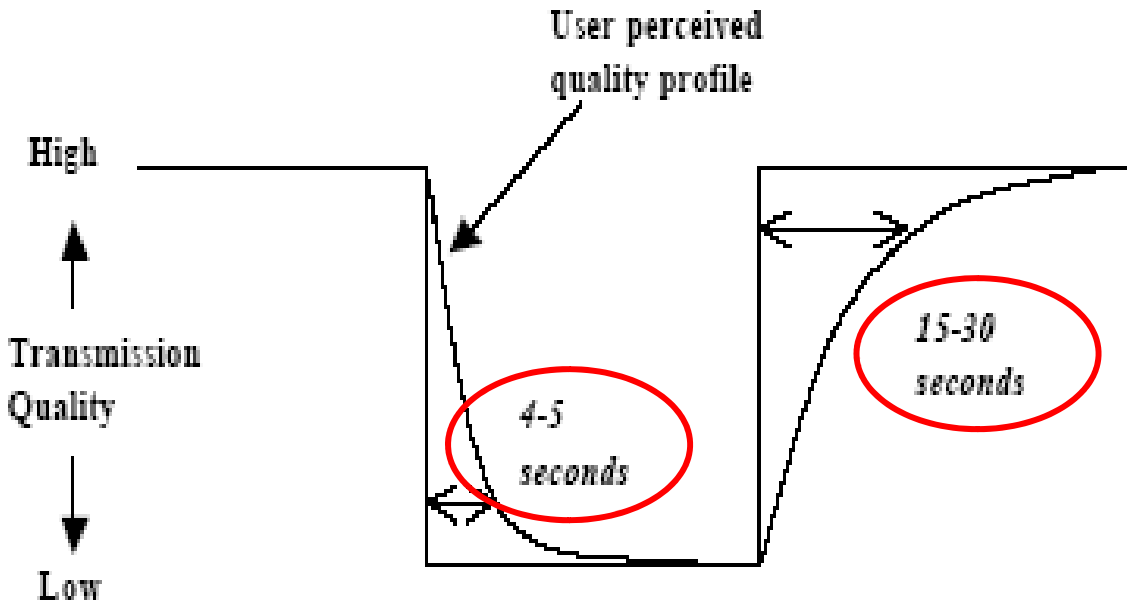
Continua …

- Nell'estensione di Clark viene adottato un modello markoviano a 4 stati per determinare una stima della durata dei periodi di burst (bassa qualità) e di gap (migliore qualità) sul canale, e delle corrispondenti probabilità di perdita dei pacchetti, nota che sia la packet loss della connessione
- Detti b e g le durate del burst e del gap, I_{eb} e I_{eg} il valore del fattore di impairment dovuto all'equipment rispettivamentte nel periodo di burst e di gap, il valore di I_e viene computato come

$$I_e = f\,(b, g, I_{eb}, I_{eg}, t_1, t_2)$$

dove t_1 è tipicamente pari a **5 s**, e t_2 a **15 s**

t_1 e t_2??? Effetto memoria



La qualità percepita non si modifica brutalmente, presenta invece un decadimento esponenziale da un livello all'altro

Inoltre, effetto della “recency”

- La qualità percepita varia a seconda della collocazione temporale del degrado
  - I disturbi che si verificano più tardi hanno un effetto maggiore rispetto a quelli che si danno ad inizio chiamata
- Con lo scopo di contenere la complessità computazionale, si propone pertanto il seguente aggiustamento

$$I_e(end\ of\ call) = I_e(av) + \{k[I_1 - I_e(av)]\}e^{-y/t_3}$$

dove I_1 è il valore di I_e al termine dell’ultimo burst, y è l’intervallo trascorso dall’ultimo burst, t_3 e k sono costanti, con t_3=30 s e k=0.7

Metriche suggerite

- Viene suggerita la determinazione del fattore R come metrica di qualità secondo due diverse modalità:
  - Fattore R che incorpora gli effetti del CODEC e della PACKET LOSS, ma non del DELAY e della RECENCY
    Si tratta di un valore maggiormente indicativo dell'impatto sulla qualità di quei fattori di rete che possono essere influenzati dalla configurazione della rete stessa
  - Fattore R che viceversa tiene conto di tali fattori
    Valore maggiormente indicativo della qualità che l'end-user sperimenta

Commenti critici

- Si tratta di **work in progress** …

- Riferimenti bibliografici
  - A.D. Clark *"Modeling the Effects of Burst Packet Loss and Recency on Subjective Voice Quality"*, Columbia University IP Telephony Workshop, 2001.
  - Document TIA1.1/2001-037
  - L. Carvalho, E. Mota, R. Aguiar, A.F. Lima, J.N. De Souza, A. Barreto, "An E-Model Implementation for Speech Quality Evaluation in VoIP Systems," *10th IEEE Symposium on Computers and Communications*, 2005

- ITU Study Group 12
  - *"… it is anticipated that a new Recommendation … can be produced in the 2005-2008 Study Period"*