

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA



105
ANOS
**REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA**
1909-2014

TELEFONIA IP

Fernando Rodrigues Santos

fernando.rodriques@ifsc.edu.br

2016-1



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

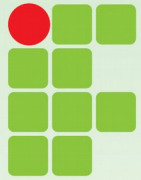


105
ANOS
**REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA**
1909-2014

Telefonia

Sistema de Sinalização

- Sistema de Sinalização Número 7



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

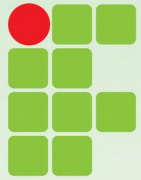


105
ANOS
**REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA**
1909-2014

Codificação Digital

Tópicos

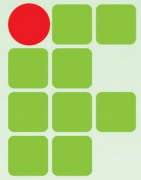
- Codificação Digital de Sinais
- Requisitos da Comunicação de Voz
- Medida de Qualidade da Voz



Codificação Digital na comunicação de voz

O processo de comunicação envolve todas as ações necessárias para transmitir uma ideia.

- 1 – geração de uma ideia, padrão ou imagem.
- 2 – descrição da ideia por um conjunto de símbolos
- 3 – codificação dos símbolos para a transmissão
- 4 – transmissão dos símbolos codificados ao destino
- 5 – decodificação e reprodução dos símbolos
- 6 – recriação da ideia transmitida



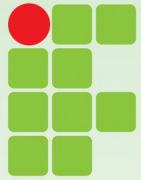
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA



Codificação Digital na comunicação de voz

Alguns requisitos da comunicação:

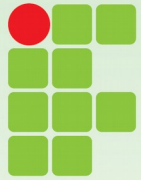
- Os símbolos utilizados para representar a ideia, e a codificação desses símbolos, devem ser conhecidos pelo decodificador.
- Importante criar formas de detecção de erros e formas de recuperação dos símbolos codificados que foram adulterados ou perdidos.



Codificação Digital

Codificação Digital de Sinais

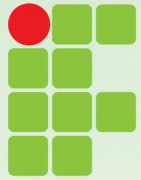
- Os seres humanos adquirem informações através de seus sentidos: visão, audição, olfato, paladar e tato – denominados de ***mídias de percepção***.
- Essas informações são adquiridas por meio de **sinais**.
- Sinais codificam as informações como se fossem estruturas de dados – ***mídias de representação***.
- Exemplos: texto, gráfico, áudio e vídeo.



Codificação Digital

Codificação Digital de Sinais

- Sinais são representações da variação de alguma característica física ao longo do tempo, e que são produzidos para se propagar como ondas através de algum meio físico, seja ele o ar ou par de fios telefônicos.
- Sinal pode ser distorcido durante a transmissão por ter em suas componentes de frequências atenuações diferentes devido a limitações do meio de transmissão. Também, perda ou deformação de parte do sinal por ruídos.



Codificação Digital

Codificação Digital de Sinais

- Ao transmitir uma informação, espera-se preservar seu significado e recuperar seu entendimento.
- O conceito de *qualidade de sinal* e *qualidade da informação transmitida*.
- **Exemplo:** video transmitido a 30 quadros por segundo e video transmitido a 10 quadros por segundo, para imagem com movimento e sem movimento.



Codificação Digital

Codificação Digital de Sinais

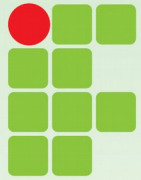
- Um sinal pode carregar muita informação redundante. Algumas técnicas de redução de redundância são denominadas *técnicas de compressão* e *de compactação*.
- Informações na mídia textual e gráfica são originalmente digitais, referidas como *mídias discretas*.
- Informações de fontes sonoras e de vídeo são denominados analógicos, referidas como *mídias contínuas*.



Codificação Digital

Codificação Digital de Sinais

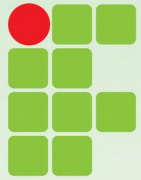
- A codificação digital de sinais analógicos é dividida em dois processos básicos: a ***codificação de onda*** e a ***redução de redundância de informação***.
- A primeira pode ser aplicada em qualquer tipo de mídia contínua.
- A segunda utiliza métodos elaborados para as características particulares de cada mídia.



Codificação Digital

Codificação de onda

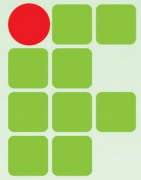
- O processo de codificação envolve uma transformação conhecida como ***conversão analógica digital*** ou ***conversão A/D***.
- No processo de reprodução, faz-se a transformação no sentido inverso, a ***conversão digital analógica*** ou ***conversão D/A***.



Codificação Digital

Codificação de onda

- O princípio de conversão A/D consiste em capturar amostras da informação original em pequenos intervalos de tempo, criando uma representação para cada amostra com base em um código de representação bem conhecido.
- A conversão D/A ocorre com base no mesmo código de representação e cada amostra é restaurada ao formato original e reproduzida.



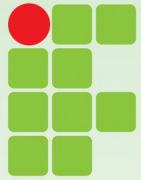
Codificação Digital

Codificação de onda

- **Teorema de Nyquist:** um sinal com frequência **N Hz** requer uma taxa de amostragem de **2N** vezes por segundo para ser recuperado.

$$f_a \geq 2F_s$$

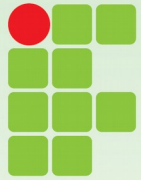
- Basta guardar os valores das amplitudes de suas amostras tomadas a intervalos regulares de $1/2N$ segundos pra se ter toda a informação necessária para reconstruir a informação original integralmente.



Codificação Digital

Codificação de onda

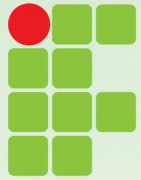
- O processo de amostragem no tempo em que são guardados os valores de amplitudes das amostras é conhecido como ***Pulse Amplitude Modulation (PAM)***.
- Um método utilizado para representar as amplitudes dos pulsos PAM é conhecido como ***quantização***, em que cada amostra PAM é aproximada de um inteiro de n bits. Esse método produz os pulsos ***PCM (Pulse Code Modulation)***.
- Exemplo: $n = 3$, oito níveis de quantização (2^3).



Codificação Digital

Codificação de onda

- Taxa gerada pela transmissão de informação analógica através de sinais digitais:
- Ex: sinal de voz com banda passante de 3100Hz, a taxa de amostragem é 6200 amostras por segundo. Normalmente se usa uma taxa maior, 8000 amostras por segundo. Logo, para uma codificação de 8 bits, temos uma taxa gerada de **$8000 \times 8 = 64 \text{ kbps}$** .
- Que é a taxa definida pelo padrão ITU-T G.711 para telefonia digital.



Codificação Digital

Codificação de onda

- Método de *quantização linear*: os níveis de quantização são igualmente espaçados com um *quantum* ΔQ constante.
- Os valores das amplitudes são aproximados um dos níveis de quantização e o erro máximo de quantização é dado por $\Delta Q/2$. Em termos proporcionais, esse erro penaliza as amostras pequenas do que as grandes. Isso pode comprometer a qualidade da mídia, proporcionando uma baixa fidelidade à informação original.



Codificação Digital

Codificação de onda

- **Quantização logarítmica:** o sinal primeiramente sofre uma transformação logarítmica de forma a manter o erro máximo de quantização aproximadamente constante, a despeito da amplitude da amostra.

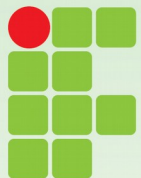
- **Lei A:** $A = 100$

$$y(x) = (1 + \ln Ax) / (1 + \ln A), \text{ com } 1/A < x < 1$$

$$y(x) = Ax / (1 + \ln A), \text{ com } 0 < x < 1/A$$

- **Lei μ :** $\mu = 255$

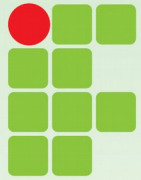
$$y(x) = \ln(1 + \mu x) / \ln(1 + \mu), \text{ com } 0 < x < 1$$



Codificação Digital

Codificação de onda

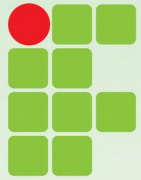
| SINAIS | BANDA PASSANTE | FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM | CODIFICAÇÃO BITS/AMOSTRA (B/A) | TAXA DE BITS |
|------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Voz | 300 – 3400 Hz | 8000 Hz | Log PCM (8 b/a) | 64 Kbps |
| Qualidade CD (estéreo) | 0 – 21 KHz | 44,1 KHz | Log PCM (16 b/a por canal) | 1,41 Mbps (2x720,6 Kbps) |
| Video | 0 – 4,2 MHz | 10 MHz | 8 b/a | 80 Mbps |



Codificação Digital

Codificação de onda

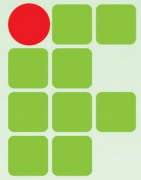
- Codificação **DPCM** (*Differential Pulse Code Modulation*) representa apenas a diferença entre o valor de uma amostra e o valor de sua antecessora.
- Quando os valores das amostras são próximos uns dos outros, é preciso um menor número de níveis para representar as diferenças e um menor número de bits para codificar todos os níveis.
- DPCM é um caso particular de codificação de preditiva, em que o valor predito da amostra corrente é o valor da amostra anterior, guardando-se a diferença de predição.



Codificação Digital

Codificação de onda

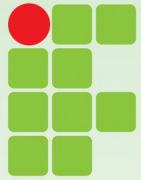
- **ADPCM (*Adaptive Differential Pulse Code Modulation*):** variando-se dinamicamente os níveis de quantização, dependendo se o sinal varia muito ou pouco. Prevê-se não apenas o valor da amostra corrente baseado na amostra anterior, mas também o valor do quantum, baseado em uma função bem conhecida, dos valores de amostras anteriores.



Codificação Digital

Codificação de onda

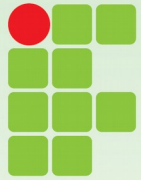
- **SBC (*Sub-Band Coding*)**: independe do tipo de sinal analógico. Na codificação por sub-bandas, o espectro de frequência do sinal é dividido em várias bandas de frequência. Cada banda é então tratada como se representasse um sinal distinto e nela é aplicado qualquer uma das técnicas anteriores.
- **Vantagem**: através da análise de um sinal, pode-se identificar suas bandas mais importantes no transporte da informação.



Codificação Digital

Redução de redundância de informação

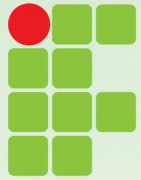
- Em geral, um sinal digital carrega muita informação redundante.
- Se essa redundância for eliminada, pode-se reduzir em muito a quantidade de bits gerados.
- Quando apenas se elimina a redundância de um sinal, não há perda de informação, caracterizando uma **compactação** ou **compressão sem perdas**.



Codificação Digital

Redução de redundância de informação

- Porém, pode-se diminuir a quantidade de bits com alguma perda de informação.
- Na redução de dados gerados, quando há perda de informação, caracteriza-se uma **compressão com perdas**, ou simplesmente **compressão**.
- **Exemplo:** perder a nitidez de um video em uma videotelefonia é aceitável, porém, é inadmissível a perda de qualidade do video de uma aplicação médica.



Codificação Digital

Redução de redundância de informação

- Existem várias técnicas de compressão sem perdas (compactação) que podem ser aplicadas a qualquer tipo de dados, independente da mídia representada.
- Exemplo: codificação por carreira, codificação de Shannon-Fano, codificação de Huffman, codificação de Lampel-Ziv-Welch e codificação aritmética.
- Técnicas de compressão (com perdas) de áudio, enfocando a voz humana.



Codificação Digital

Compressão de áudio – voz humana

- Um ser humano falando emite surtos de voz apenas durante 35% a 40% do tempo de fala, o restante do tempo é preenchido com silêncio que existe entre palavras e entre uma sentença e outra.
- Se for possível detectar e eliminar esse silêncio na codificação, de forma que ele possa ser recuperado na decodificação, pode-se reduzir muito a quantidade de dados gerados.
- **TASI (Time Assignment Speech Interpolation)**, aplicada na telefonia digital.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

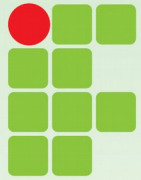


105
ANOS
REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA
1909-2014

Codificação Digital

Compressão de áudio – voz humana

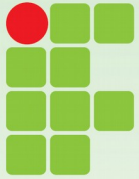
- A perda de surto de voz e de silêncio é muito diferente.
- São toleráveis perdas da ordem de 1% da informação do surto de voz e perda de até 50% do silêncio.



Codificação Digital

Compressão de áudio – voz humana

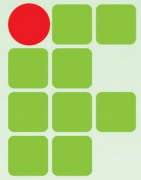
- Outra forma de comprimir a voz humana é codificar, em vez de amostras, os parâmetros de um modelo analítico do trato vocal capaz de gerar aquelas amostras.
- **LPC (*Linear Predictive Coding*)** codifica apenas os parâmetros que descrevem o melhor modelo que se adapta às amostras.
- Decodificador LPC usa esses parâmetros para geração sintética da voz, que é, usualmente, parecida com a original. Resultado: voz inteligível, mas com tonalidade de robô falando.



Codificação Digital

Compressão de áudio – voz humana

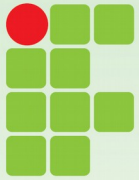
- **CELP (*Code Excited Linear Predictor*)**: gera os mesmos parâmetros do LPC, mas computa os erros entre a fala original e a fala gerada pelo modelo sintético.
- Os parâmetros do modelo analítico do trato vocal e a representação comprimida dos erros são codificados.
- O resultado é uma codificação com qualidade de voz muito boa, a uma taxa de bits bem baixa.



Codificação Digital

Padrões ITU-T para voz

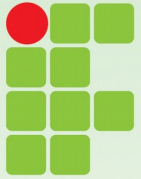
| PADRÃO | ALGORITMO | TAXA DE COMPRESSÃO (KBPS) | RECURSOS DE PROCESSAMENTO NECESSÁRIOS | QUALIDADE DE VOZ RESULTANTE | ATRASO ADICIONADO |
|--------|---------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| G.711 | PCM | 48, 56, 64 (sem compressão) | Nenhum | Excelente | Nenhum |
| G.722 | SBC/ ADPMC | 64 (faixa passante de 50 a 7 KHz) | Moderado | Excelente | Alto |
| G.723 | MP-MLQ | 5.3, 6.3 | Moderado | Boa (6.3) Moderado (5.3) | Alto |
| G.726 | ADPCM | 16, 24, 32, 40 | Baixo | Boa (40) Moderada (24) | Muito Baixo |
| G.728 | LD-CELP | 16 | Muito Alto | Boa | Baixo |
| G.729 | CS-ACELP | 8 | Alto | Boa | Baixo |



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

- As características e requisitos de comunicação exigidos pelos diversos tipos de mídia são muito diferentes.
- Várias características devem ser consideradas ao classificarmos fontes de tráfego.
- A **natureza** do tráfego gerado dá origem a três classes:
 - Tráfego contínuo com taxa constante (Constant Bit Rate - CBR).
 - Tráfego em rajadas (bursty).
 - Tráfego contínuo com taxas variáveis (Variable Bit Rate - VBR).



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

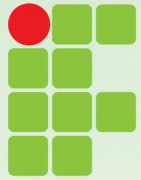


105
ANOS
REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA
1909-2014

Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

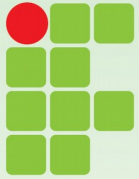
- **Classe de tráfego contínuo com taxa constante:** o tráfego é constante e a taxa média é igual à taxa de pico.
- Essa taxa é o único parâmetro para caracterizar tal fonte.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

- **Classe de tráfego em rajadas:** apresenta períodos ativos (*geração de informação pela fonte, que opera na sua taxa de pico*) intercalados com períodos de inatividade (*a fonte não produz tráfego algum*).
- Para caracterizar essa fonte, usa-se as informações sobre a distribuição de das rajadas ao longo do tempo, a duração das rajadas e a taxa de pico atingida durante as rajadas.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

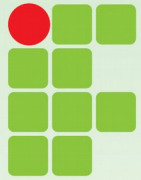
- Alguns parâmetros comumente utilizados para caracterização desse tipo de tráfego incluem:
- ***Duração média dos períodos de atividade;***
- ***Explosividade (burstiness)*** da fonte - razão entre taxa de pico e taxa média de utilização do canal.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

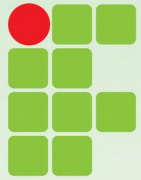
- **Classe de tráfego contínuo com taxa variável:** apresenta variação na taxa de transmissão ao longo do tempo.
- Parâmetros como a média e variância da taxa de transmissão podem ser utilizados para caracterizar o comportamento dessas fontes.
- O parâmetro de explosividade (*burstiness*) também é bastante utilizado.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

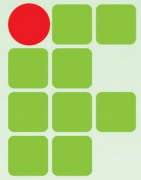
- A mídia de áudio tem características bem particulares, principalmente em aplicações de tempo real com interatividade, como o serviço de telefonia.
- Ela se caracteriza por gerar um tráfego contínuo com taxa constante.
- O tráfego gerado para comunicação dessa mídia é CBR, caso não seja empregada nenhuma técnica de compactação ou compressão. Caso contrário, ele se caracteriza como VBR e, às vezes, como no caso da voz com detecção de silêncio, como tráfego em rajadas.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

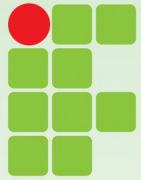
- A vazão média gerada pela mídia de áudio depende da qualidade do sinal, da codificação e da compactação ou compressão utilizadas.
- Exemplo, sinal de voz com técnica PCM gera 64 Kbps, utilizando 8 bits para codificar cada amostra. Com a codificação ADPCM, gera 32 Kbps e qualidade aproximadamente igual. Sinais de áudio de alta qualidade geram taxas bem superiores, por exemplo qualidade CD estéreo, com taxa de 1,411 Mbps.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

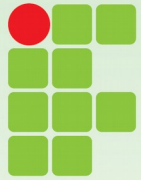
- Quanto às perdas, as taxas de erros de bits ou de pacotes podem ser relativamente altas, devido ao alto grau de redundância presente nos sinais de áudio.
- O único requisito é que os pacotes não sejam muito grandes (no caso da voz, menores que uma sílaba).
- Perdas da ordem de 1% da informação de voz são toleráveis.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

- Hoje em dia, as redes de alta velocidade utilizam meios físicos de alta confiabilidade (fibra óptica, taxa de erro típica de 10^{-9} ou menos).
- Neste caso, a detecção de erro nessas redes pode ser dispensada, em benefício de um maior desempenho.
- Porém, cuidado adicional devido às técnicas de compressão utilizadas no áudio, um erro pode se propagar para outros bits.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

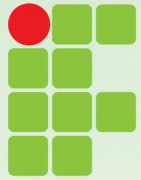


105
ANOS
REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA
1909-2014

Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

- No caso da voz, perdas nos intervalos de silêncio são muito mais toleráveis do que perdas durante os surtos de VOZ.
- Um sistema de comunicação deve poder identificar as porções mais sensíveis a perdas, caso seja necessário descarte de dados.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA



105
ANOS
REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA
1909-2014

Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

- Outro requisito importante para serviços como a telefonia é a garantia de um baixo retardo máximo de transferência.
- Assim, as técnicas de compensação do retardo podem ser utilizadas para permitir a interatividade entre os interlocutores.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

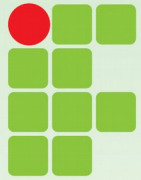
- Análise do retardo
 - O retardo de transferência máximo, introduzido pela rede de comunicação, é crítico para o áudio, principalmente em conversações.
 - Um dos motivos é devido o problema do eco, mas, mesmo quando o eco não causa problemas, ou canceladores de eco seja utilizados, o retardo de transferência máximo pode ser crítico.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

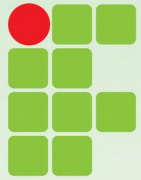
- Análise do retardo
 - Cada interlocutor em uma conversação, normalmente espera o fim do discurso para dar início à sua fala. Se o retardo de transferência for muito grande, começa-se a sentir um efeito de ruptura na conversação, que pode se tornar até inviável.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

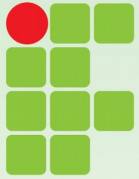
- Análise do retardo
 - Um retardo de transferência maior que 200 ms já começa a incomodar os interlocutores.
 - Os padrões de telefonia estipulam 40 ms para distâncias continentais e 80 ms para distâncias intercontinentais como limites de retardo máximo de transferência.
 - Lembrando que os problemas de retardo só são críticos em aplicação que exigem comunicação interativa em tempo real.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

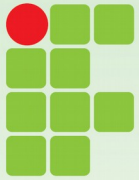
- Análise do retardo
 - A variação do estatística do retardo é introduzida não só pelo sistema de comunicação, mas por todos os módulos processadores envolvidos.
 - Ela é introduzida desde a interação da placa de áudio com sistema operacional da estação, passando pelos protocolos de comunicação, até chegar à transmissão.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

- Análise do retardo
 - No destino o caminho é semelhante, mas de ordem inversa, também pode introduzir aleatoriedade no retardo antes da reprodução.
 - Assim, embora muitas vezes a transmissão não introduza aleatoriedade no retardo, a compensação ainda deve ser feita.



**INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA**

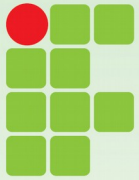


105
ANOS
**REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA**
1909-2014

Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

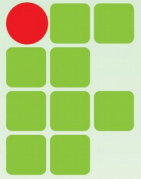
- Análise do retardo
 - Retardo do codec
 - Retardo de empacotamento, enfileiramento e serialização
 - Retardo de comutação de rede e propagação
 - Retardo variável (jitter)



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

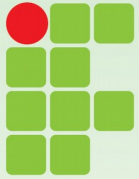
- Retardo do codec
 - Corresponde ao tempo que o processador digital de sinais (DSP – Digital Signal Processor) gasta para comprimir um bloco de amostras PCM, sendo conhecido como ***retardo de processamento***.
 - Esse retardo varia em função do algoritmo de codificação utilizado e a velocidade do processador.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

- Retardo do codec
 - Exemplo: codificador ACELP (*Algebraic Code Excited Linear Prediction*) primeiro analisa um bloco de 10 ms de amostras PCM para então fazer a compressão.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

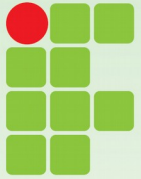
- Retardo do codec
 - Exemplo: O tempo de compressão do codificador CS-CELP (*Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction*) varia de 2,5 ms a 10 ms em função da carga do processador DSP.
 - Quando o processador está completamente carregado com quatro canais de voz, o retardo é 10 ms, e com apenas um canal de voz, o retardo é 2,5 ms.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

- Retardo do codec
 - Com relação à descompressão, o valor típico é 10% do tempo de compressão de cada bloco.
 - No entanto, o tempo de descompressão de uma quadro é proporcional ao número de amostras por quadro.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

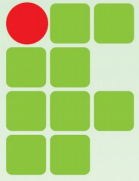


105
ANOS
REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA
1909-2014

Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

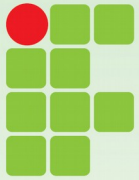
- Retardo do de empacotamento, enfileiramento e serialização
 - Ocorrem em função do tipo de equipamento e tecnologia utilizados na transmissão.
 - Esses valores variam muito, conforme o caso específico.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

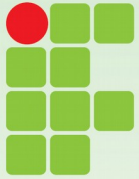
- Retardo de empacotamento, enfileiramento e serialização
 - O **retardo de empacotamento** está relacionado ao tempo gasto para se preencher a carga de um pacote de fala codificada e comprimida.
 - É uma função do tamanho do bloco de amostra determinado pelo codificador e do número de blocos posicionados em um único quadro.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

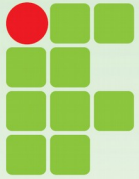
- Retardo de empacotamento, enfileiramento e serialização
 - O *retardo de empacotamento* também é conhecido como *retardo acumulativo*, tendo em vista que as amostras de voz se acumulam em um *buffer* antes de serem liberadas.
 - De forma geral, esse retardo não deve ultrapassar 30 ms.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

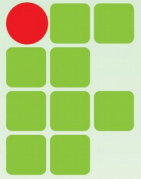
- Retardo de empacotamento, enfileiramento e serialização
 - Após a preparação de cada pacote, um cabeçalho é adicionado e o quadro é enfileirado para transmissão na conexão de rede apropriada.
 - Devido à prioridade do tráfego de voz, um quadro de voz deve esperar apenas pelo quadro de dados que está sendo serializado ou por um quadro de voz que esteja à sua frente.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

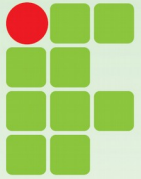
- Retardo de empacotamento, enfileiramento e serialização
 - O ***retardo de enfileiramento*** é um retardo variável que é dependente da velocidade das linhas de transmissão e do estado da fila.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

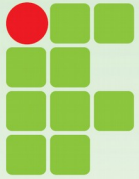
- Retardo de empacotamento, enfileiramento e serialização
 - O **retardo de serialização** é um atraso fixo necessário para transferir um quadro de voz ou dados para interface de rede.
 - Esse retardo está diretamente relacionado à taxa do relógio da linha de transmissão.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

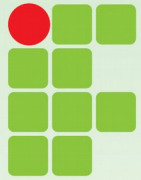
- Retardo de empacotamento, enfileiramento e serialização
 - O ***retardo de enfileiramento*** é um retardo variável que é dependente da velocidade das linhas de transmissão e do estado da fila.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

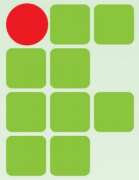
- Retardo de comutação de rede e propagação
 - O ***retardo de comutação de rede*** envolve os atrasos gerados por todos os elementos de rede que separam os elementos terminais.
 - Essa é a origem e o mais longo retardo das conexões de voz, sendo também o mais difícil de quantificar.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

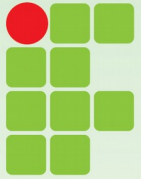
- Retardo de comutação de rede e propagação
 - Em muitos casos, é possível determinar os componentes individuais de retardo.
 - Os componentes fixos são gerados pelos **retardos de propagação** na rede e os retardos variáveis são gerados pelos **retardos de enfileiramento e serialização** dos quadros nos nós de comutação intermediários.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

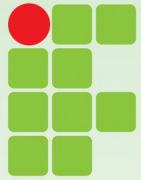
- Retardo de comutação de rede e propagação
 - Para se estimar os retardo de propagação, estima-se $10 \mu\text{s}/\text{milha}$ ou $6 \mu\text{s}/\text{km}$.
 - Porém, equipamentos de multiplexação intermediários, enlaces de micro-ondas e outros fatores podem afetar consideravelmente essa estimativa.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

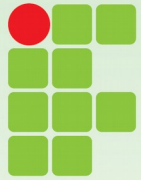
- Retardo variável (jitter)
 - No caso da utilização de redes de comunicação que apresentam variação estatística do retardo, como as redes de comutação de pacotes, tal variação deve ser compensada.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

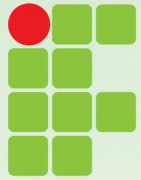
- Retardo variável (jitter)
 - **Exemplo:** surtos de voz divididos em pacotes, que são unidades que transmitirão na rede de comunicação.
 - Se os pacotes sofrem retardos variáveis, chegarão ao destino não mais preservando a continuidade, podendo gerar intervalos de silêncio dentro de um surto de voz, ou diminuir e eliminar intervalos de silêncio.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

- Retardo variável (jitter)
 - A estratégia utilizada pelos algoritmos de compensação baseia-se fundamentalmente em assegurar uma reserva de pacotes antes de dar início ao processo de reprodução, introduzindo um retardo inicial a cada surto de voz.



Codificação Digital

Requisitos de Comunicação de Voz

- Retardo variável (jitter)
 - Aparentemente o problema estaria resolvido se escolhêssemos um retardo inicial bem grande, porém, o valor desse retardo está limitado pelo máximo retardo de transferência (desde a geração até a reprodução) permitido para o sinal de voz, sem que haja perda da interatividade da comunicação.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA



105
ANOS
**REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA**
1909-2014

Codificação Digital

Medida de Qualidade da Voz

- A qualidade de um serviço de telefonia pode ser definida como a medida qualitativa e quantitativa da clareza do som, do grau de interatividade das chamadas e do desempenho da sinalização.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

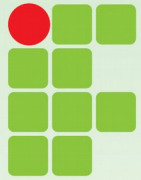


105
ANOS
REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA
1909-2014

Codificação Digital

Medida de Qualidade da Voz

- Parâmetros da *qualidade do som e a interatividade*:
 - Qualidade percebida pelo ouvinte;
 - Atraso no percurso (latência);
 - Qualidade percebida pelo falador (eco);
 - Jitter e perda de pacotes.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

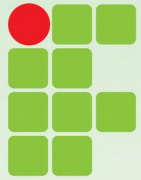


105
ANOS
REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA
1909-2014

Codificação Digital

Medida de Qualidade da Voz

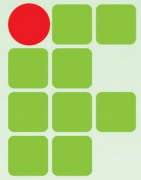
- Qualidade da sinalização:
 - Tempo de estabelecimento da chamada;
 - Retardo pós-discagem (PDD – Post Dialing Delay);
 - Atraso do sinal de discagem;
 - Proporção de chamadas completadas.



Codificação Digital

Medida de Qualidade da Voz

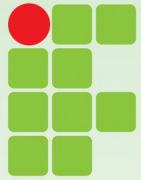
- Algumas recomendações para medida de qualidade de voz foram especificadas por órgãos de padronização.
- O ITU-T especificou as recomendações:
 - ITU-T P.800, que define o método MOS (Mean Opinion Score).
 - ITU-T P.861, que define o método PSQM (Perceptual Speech Quality Measurement).
 - ITU-T P.862, que define o método PESQ (Peceptual Evaluation of Speech Quality).



Codificação Digital

Medida de Qualidade da Voz

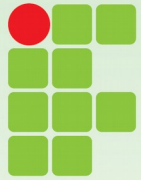
- O ITU-T P.800 é um meio convencional de medir a qualidade de voz com base em teste auditivos subjetivos.
- As medidas são derivadas da avaliação de várias amostras de voz pré-selecionadas sobre meios de transmissão diferentes, reproduzidas sobre condições controladas, para um grupo misto de homens e mulheres que julgam a qualidade da voz das amostras com base em uma escala numérica de 1 a 5.



Codificação Digital

Medida de Qualidade da Voz

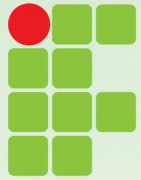
- Uma pontuação 4 ou maior no MOS indica uma voz adequada para o serviço de telefonia.
- Vantagem: avaliação diretamente derivada dos indivíduos que utilizam a rede de comunicação de voz.
- Desvantagem: submeter inúmeros indivíduos a um teste controlado, sempre novos equipamentos e métodos de codificação de voz são criados, torna a execução custosa em termos de tempo e esforço.



Codificação Digital

Medida de Qualidade da Voz

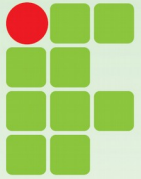
- O ITU-T P.861 define um algoritmo capaz de determinar uma pontuação, derivada de um processo computacional automatizado, que é muito próxima da pontuação MOS correlata.
- O PSQM avalia se um sinal de voz particular está distorcido de acordo com o que um ser humano acharia incômodo e confuso.



Codificação Digital

Medida de Qualidade da Voz

- O PSQM foi desenvolvido originalmente para redes de comutação de circuitos, não levando em consideração vários aspectos importantes, como *jitter* e perda de pacotes, que são relevantes apenas em redes baseadas em pacotes, como na tecnologia VoIP.
- Por isso, essa recomendação foi substituída pela ITU-T P.862 PESQ.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA



105
ANOS
**REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA**
1909-2014

Telefonia IP

To be continued...