

# Capítulo 8



Roberto Willrich  
INE- CTC-UFSC  
E-Mail: willrich@inf.ufsc.br

# Plano do Capítulo

1. Introdução a VoIP
2. PSTN versus VoIP: Comparativo com a telefonia clássica
3. Benefícios da VoIP e seus obstáculos
4. Protocolos de Sinalização
  - H.323 e SIP
5. Protocolo de transmissão de mídia
  - RTP e RTCP
6. Componentes VoIP
  - Etapas e equipamentos necessários para implantação de VoIP
7. Qualidade de Serviço em VoIP
  - Um dos desafios é a qualidade da voz

# 1. Introdução



- **Definições**

- **VoIP**

- Termo geral que referencia transmissão de voz na forma digital em pacotes IP
    - Conjunto de tecnologias que usa a Internet ou as redes IP privadas para a comunicação de voz
      - substituindo ou complementando os sistemas de telefonia convencionais cuja voz é transportada através de conexões dedicadas de circuito comutado (*Public Switched Telephone Network -PSTN*)

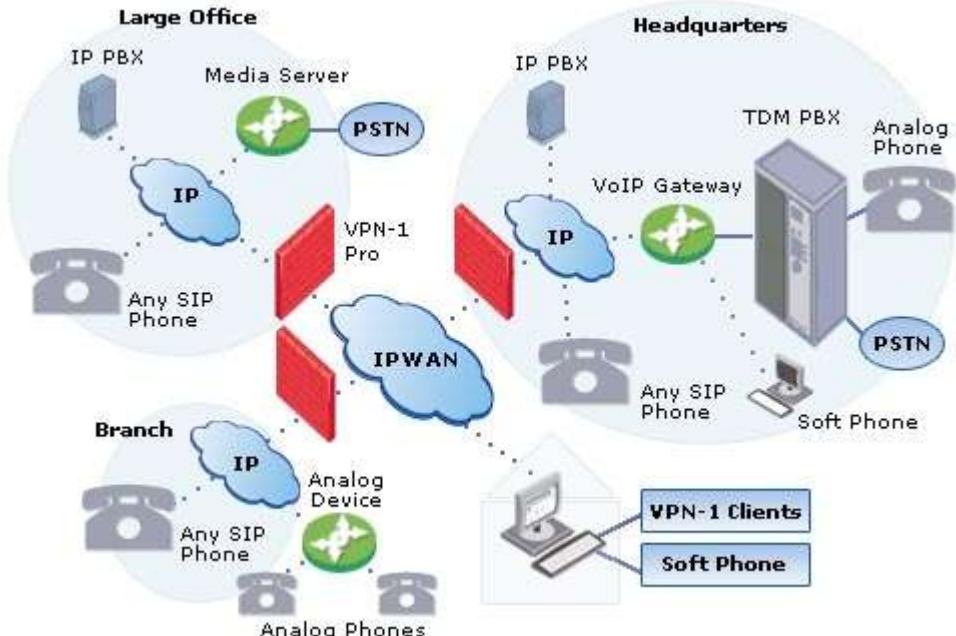
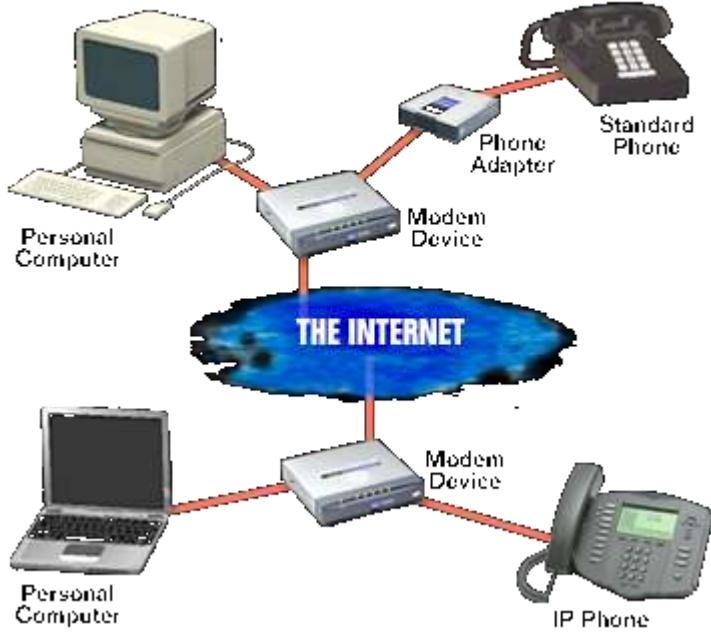
- **Telefonia IP**

- Modalidade de VoIP onde o serviço fornecido apresenta qualidade e funcionalidades equivalentes aos serviços telefônicos convencionais

# 1. Introdução

- **Usuários**

- Podem usar telefones convencionais e o sistema internamente usa um rede de telefonia IP
- Podem usar um telefone IP (ou adaptador IP para um telefone convencional) e uma conexão IP de banda larga para se conectar a rede de telefonia IP
- Podem acessar o serviço usando um computador com um software (Softphone) e hardware adequados.



# 1. Introdução

- Por que voz sobre IP?

- Inicialmente: referia-se à utilização de um software em conjunto com uma placa de som e um microfone, para prover aos usuários de PC a habilidade de iniciar e receber chamadas pela Internet de graça
- Na seqüência: representou uma revolução na maneira em que chamadas telefônicas de longa distância poderiam ser conduzidas
- Hoje: engloba muito mais do que ligações mais baratas de longa distância para amigos e familiares
  - motivação final da VoIP é a integração de várias formas de comunicação (voz, vídeo, fax, dados) permitindo implantar a colaboração melhorada (comunicação unificada)

# 1. Introdução

- Por que voz sobre IP?
  - VoIP possibilita o desenvolvimento de novas aplicações impossíveis de serem implementadas na telefonia tradicional
    - Permite integrar sistemas de telefonia e de informações
      - Exemplo: consultar um sistema de relacionamento com o cliente para verificar onde redirecionar a chamada do cliente

# 1. Introdução

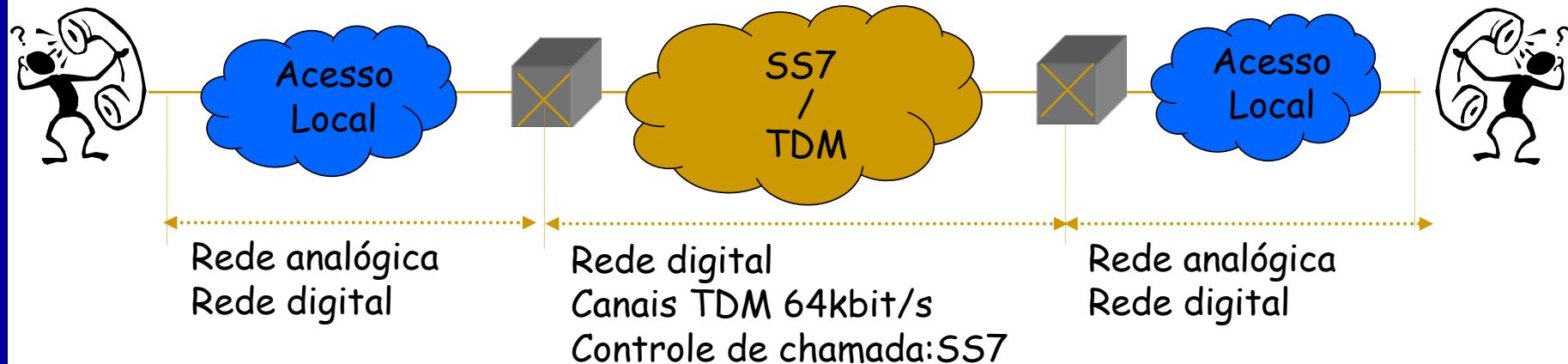
## • Desafios da VoIP

- Existem ainda alguns desafios para o uso extensivo da VoIP
- Investimentos para a implementação da VoIP são altos
- Existe o risco da mudança em uma área tão estratégica como a telefonia
  - Desafio da VoIP é o de entregar um fluxo de pacotes de voz de forma confiável ao cliente
- Vários executivos concordam em que a implantação de uma infra-estrutura de telefonia IP não é mais uma questão de "se" mas de "quando" será implementada



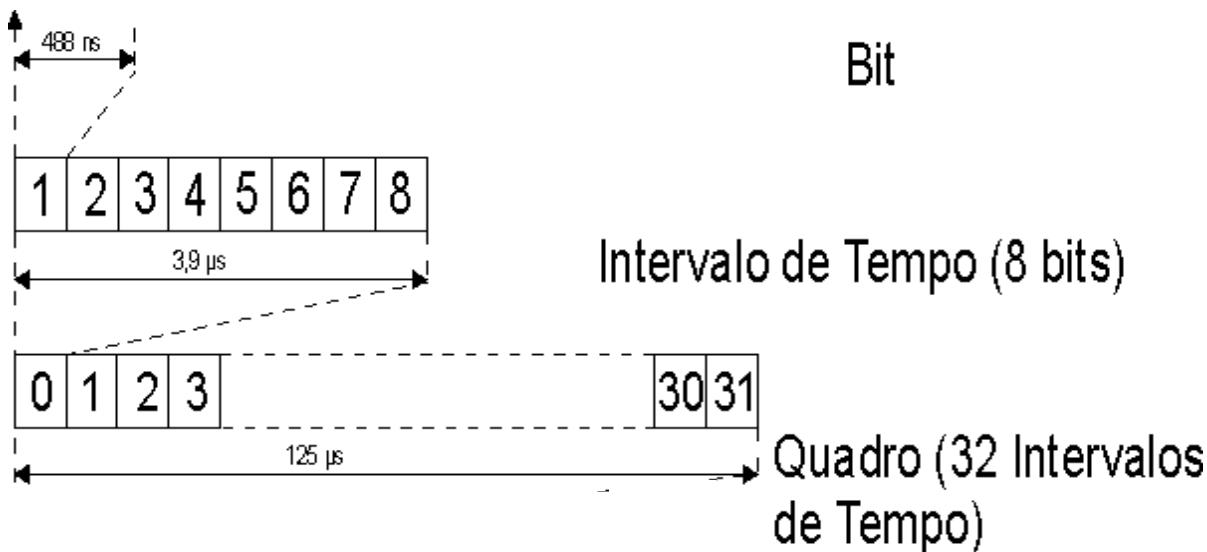
## 2. PSTN x VoIP: Telefonia Tradicional

- Rede telefônica tradicional usa canais TDM para transporte da voz
  - PSTN usa conexões por comutação de circuito
  - Uma conexão de voz G.711 = 64 Kbps
  - Um canal E1
    - Sistema de comunicação PCM a 2,048 Mbps
    - Permite 30 conexões de voz (+ 2 canais de sinalização e sincron.)



## 2. PSTN x VoIP: Telefonia Tradicional

- Multiplexação por divisão de tempo síncrona (STDM) no E1
  - Tempo é dividido em quadros de tamanho fixo que por sua vez são divididos em intervalos de tamanho fixo
    - Intervalo => 8 bits uma amostra transmitida a  $3,9\mu s$
    - Quadro tem 32 intervalos => 256 bits =>  $125\mu s$
  - Canal
    - conjunto de intervalos, um em cada quadro e com posição fixa no quadro
      - canal 3 é o terceiro intervalo de cada quadro
    - Oferece uma taxa de 64kbps



## 2. PSTN x VoIP: Telefonia Tradicional

- **Vantagem da PSTN**

- Quando uma chamada é feita
  - É estabelecido um circuito dedicado de um telefone até o outro
  - Recursos de rede reservados (garantidos) por chamada
  - Garante taxa de bits, atraso limitado e constante (sem variação)
- Décadas de conhecimento e experiência
  - Permitiram ao serviço fornecido pela PSTN alcançar a alta qualidade e a disponibilidade que possui hoje
  - Nível de qualidade esperada da rede PSTN é denominado de "cinco-noves"
    - a rede como um todo deve estar disponível e funcional para 99,999% do tempo

## 2. PSTN x VoIP: Telefonia Tradicional

- Desvantagens da PSTN

- Custo elevado

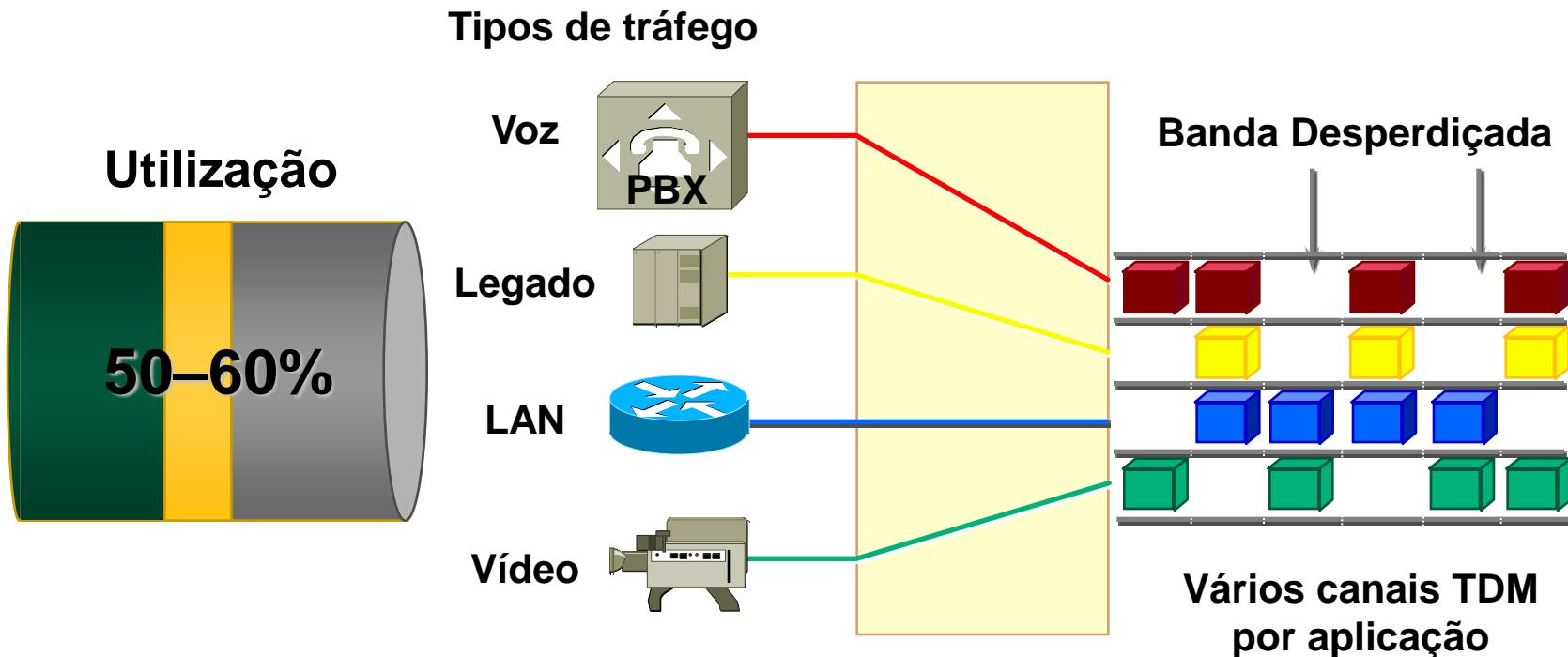
- alocação de recursos entre os dois extremos da comunicação, durante toda a duração da chamada

- Uso ineficiente de recursos de rede

- Na telefonia a circuito é alocado um canal de 64 kbps para a chamada
    - Durante uma chamada telefônica não falamos todo o tempo, em média, falamos apenas 35% da duração da chamada.
      - mesmo que os usuários fiquem em silêncio, ainda assim é alocado recursos na rede para garantir o 64 kbps

## 2. PSTN x VoIP

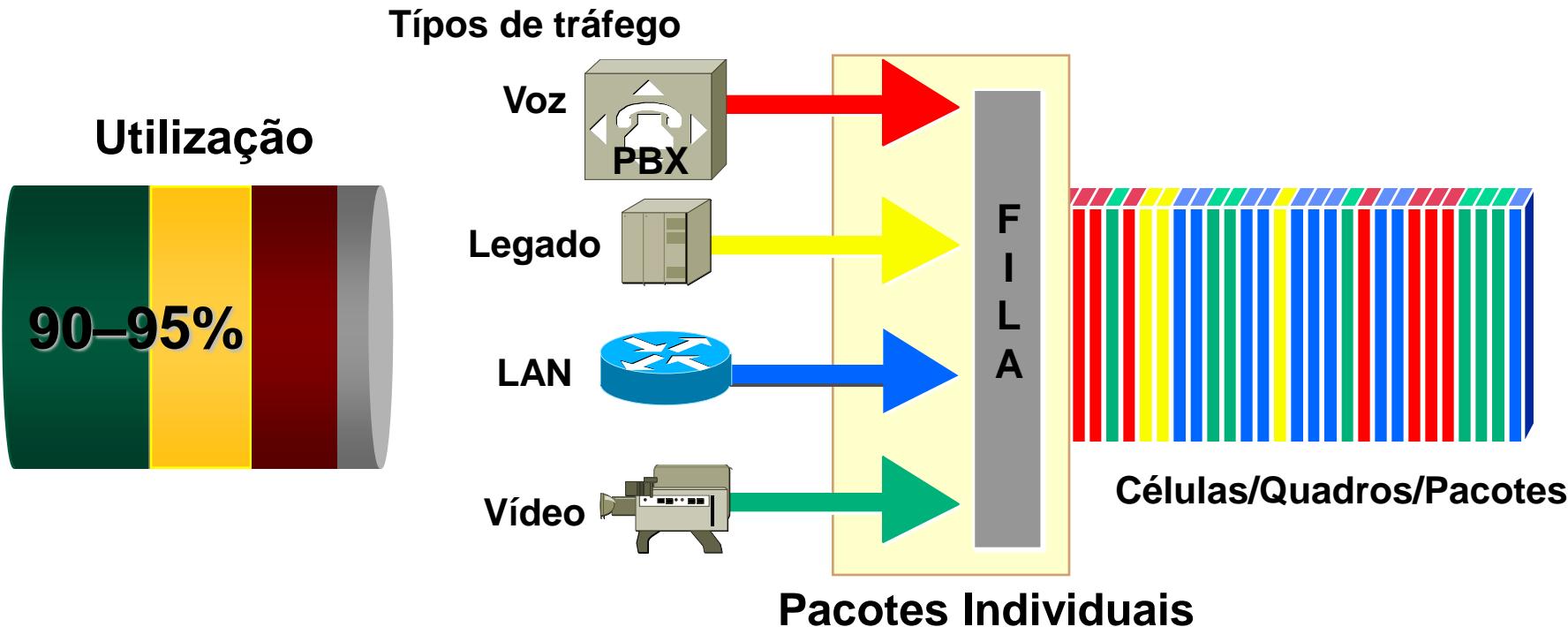
### Eficiência do Transporte TDM



- Desperdício de banda
- Sem congestionamento, banda garantida

## 2. PSTN x VoIP

### Eficiência do Transporte por Pacotes



- Alta eficiência de banda
- Banda compartilhada, atrasos variáveis, necessidade de controle

## 2. PSTN x VoIP: VoIP

- Usa Redes IP
  - Faz a transferência de voz como dados em uma rede IP
    - onde múltiplos dispositivos computacionais compartilham uma rede de dados
  - Na telefonia a circuito é alocado um canal de 64 kbps para a chamada independente da presença ou não de fala
    - Na VoIP, quando nós não falamos, nós não ocupamos recursos de rede
      - pois a maioria dos codificadores de voz possui detector de silêncio
  - Outros codecs podem ser usados além do G.711
    - permitindo a redução da taxa de bits.

## 2. PSTN x VoIP: VoIP

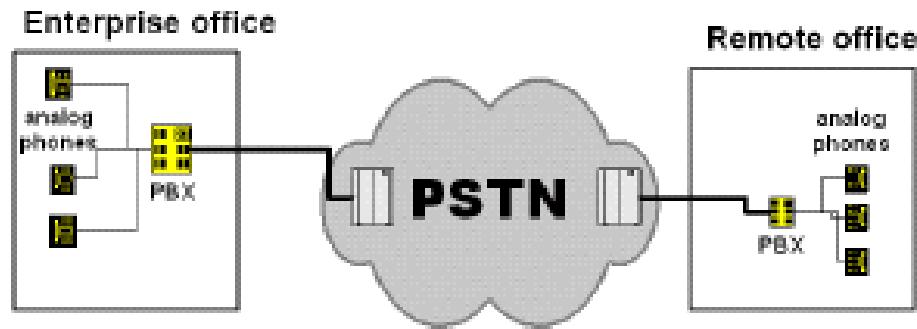
- **VoIP produz economia de banda**
  - Redes de telefonia usam uma codificação de voz fixa (G.711)
    - 8 bits a 8 kHz = 64Kbps
  - VoIP pode usar outras codificações
    - Alta e baixa qualidade são possíveis
    - G.729a pode compactar uma chamada típica a ~8Kbps na "qualidade PSTN" (embora overheads de pacotes sejam grandes)
  - Supressão de silêncio



### 3. Benefícios da VoIP

- Redução de Custos

- Visão inicial: "Chamadas telefônicas grátis"
- Chamadas de longa distância podem ser um dos maiores itens no orçamento de uma organização
- Empresa já paga uma ISP então VoIP utilizaria a infra-estrutura que já é paga
- Não utilizando a rede PSTN e sim a rede IP existe uma redução de custos
  - Em VoIP não existem chamadas de longa distância



### 3. Benefícios da VoIP

- Novas operadoras de serviços de voz
  - tem instalação fácil, rápida e de baixo custo
- Segurança
  - autenticação (quem pode usar o sistema)
  - autorização (o que pode fazer no sistema)
- Manutenção e adições de novos usuários
  - VoIP torna a adição, movimentação ou trocas de usuários e serviços fáceis de serem realizados
  - DHCP permite que telefones IP sejam automaticamente reconfigurados quando movidos de um local para outro
- VoIP pode prover um custo incremental reduzido da rede
  - Adicionando um usuário adicional ao sistema PBX tradicional pode requerer um upgrade para um novo PBX com maiores capacidades, assim incrementando o custo por usuário para o sistema
  - Muitas LANs campus tem uma boa escalabilidade, permitindo a adição de um novo usuário VoIP a custos reduzidos.

### 3. Benefícios da VoIP

- **Redes Convergentes**

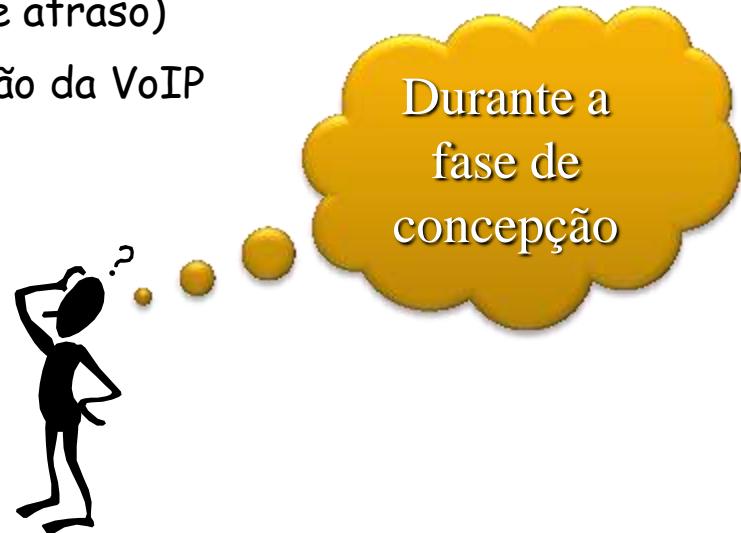
- Manter duas infra-estruturas de redes separadas de telefonia e de comunicação de dados não é simples nem barato
  - VoIP oferece uma infra-estrutura de rede única, a rede IP.
- Uma única rede pode reduzir os custos de mantê-la
  - Em vez de comprar um PBX e uma infra-estrutura de rede para chamadas PSTN, pode-se investir na infra-estrutura de rede IP
    - Tanto a chamada de voz e tráfego de dados pode tomar vantagem desta melhora
- Economia no suporte e gerenciamento
  - Em um sistema de PBX tradicional é necessário ter uma equipe para gerenciar o sistema de telefonia e outra para gerenciar a rede de dados.
  - Em VoIP estes funcionários normalmente são unidos
    - Pode-se reduzir a equipe interna necessária para suporte e gerenciamento.
    - Mas pode requerer um mais alto custo inicial de treinamento.

### 3. Benefícios da VoIP

- Novas Funcionalidades
  - Mais fácil de adicionar novas características
    - Novas características podem ser adicionadas à implementação de VoIP muito mais rápido e fácil que em um PBX tradicional
  - Sistema de mensagem Unificado
    - Muitos vendedores estão oferecendo a integração de VoIP, correios de voz, e-mail e fax.
    - Habilidade de se obter mensagens a qualquer hora, em qualquer lugar, e em qualquer modo tornam os sistemas unificados de mensagens interessantes para o aumento da produtividade
  - Roteamento de chamadas avançado
    - Um empregado que está trabalhando em casa pode ter sua chamada de negócios roteada para o seu telefone residencial.
    - Roteamento de chamada pode incluir integração com o sistema CRM (Gerenciamento de Relacionamento com o Cliente)
      - para verificar as informações do cliente e rotear a chamada para um grupo de suporte técnico apropriado.

### 3. Obstáculos

- As vantagens da mudança...
  - Solução econômica
  - Gestão eficiente de largura de banda
  - Convergência entre voz e dados
- As dificuldades da mudança...
  - Serviço oferecido pela rede geralmente é do tipo melhor esforço
    - não fornece garantias de qualidade (não garante taxa de bits, taxa de perda de pacotes, atraso e variação de atraso)
    - gerando um problema na implementação da VoIP



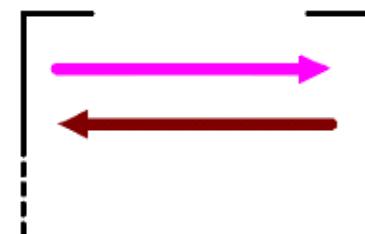
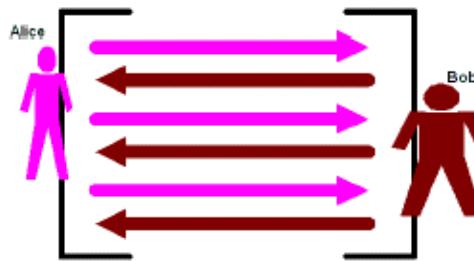
### 3. Obstáculos



# 4. Protocolos de Sinalização

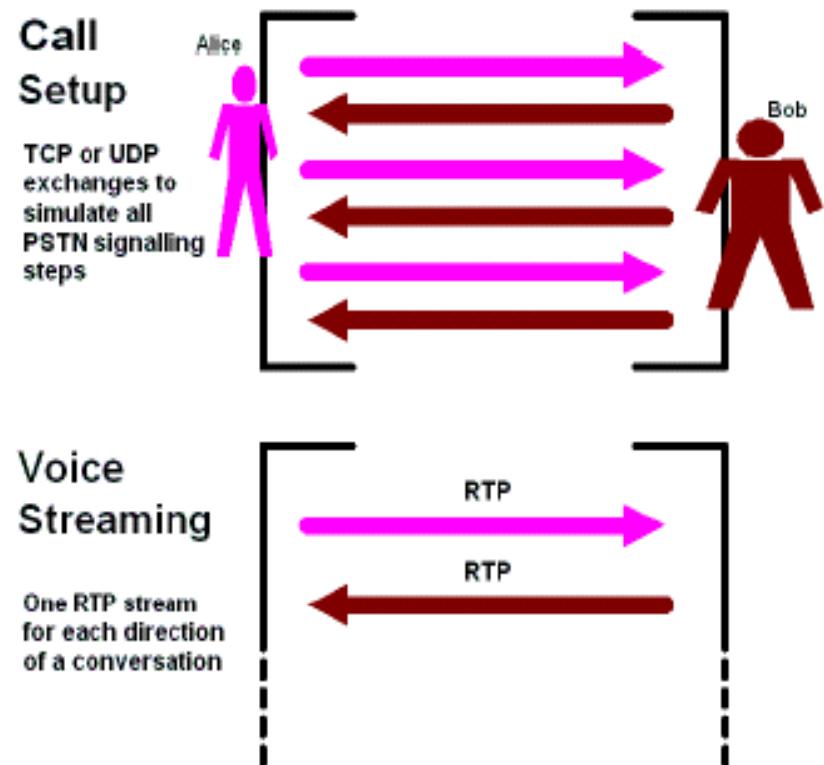
- **Objetivo**
  - Protocolo de controle no nível aplicativo para criação, modificação e finalização de sessões multimídia com um ou mais participantes.
    - Os participantes podem ser convidados para sessões do tipo unicast e multicast
  - Sessão Multimídia
    - VoIP, Conferência, Jogos, ...

Estabelecimento da sessão



# Protocolos de Sinalização

- Exemplo no contexto de VoIP
  - Configuração de chamada
    - Equivalente VoIP da obtenção do tom de chamada da telefonia, digitação do número do telefone, sonar o telefone ou um sinal de ocupado, e tirar o fone do gancho no outro lado
    - Existem algumas opções: H.323, SIP.
  - Troca de dados de voz codificados
    - Usado o protocolo RTP (Real-time Transport Protocol)
      - que é encapsulado em datagramas UDP e IP para transferência

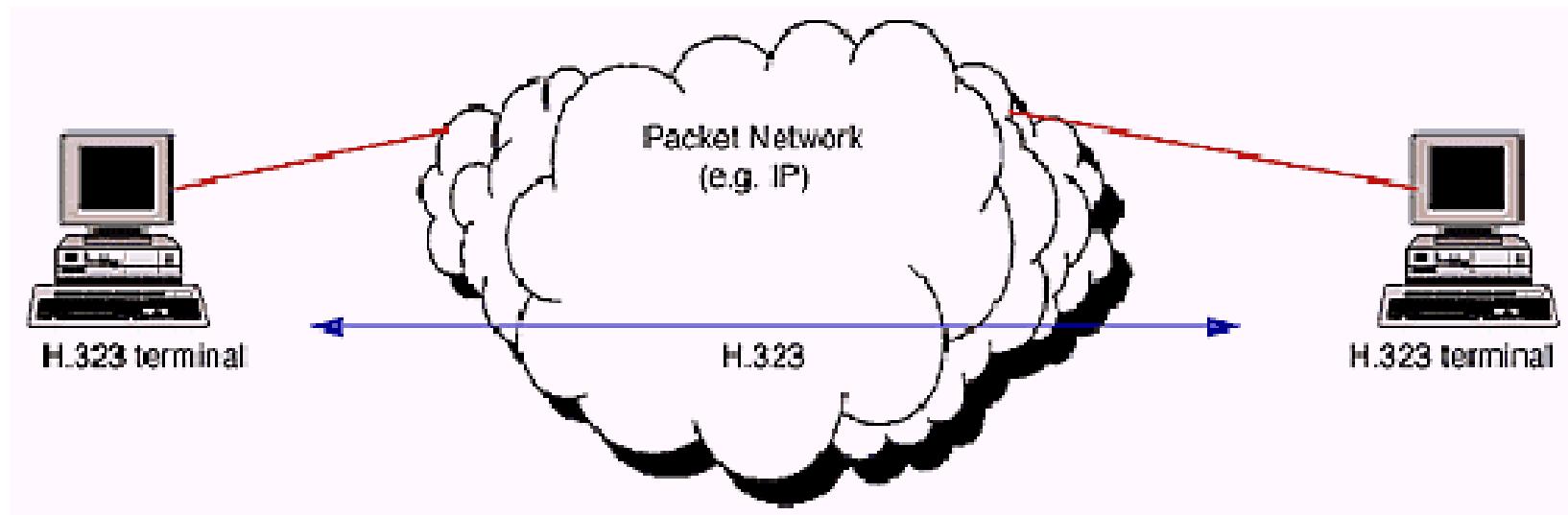


# Protocolos de Sinalização

- Existem duas famílias de protocolos de configuração de chamadas
  - H.323 oriundo da comunidade da telefonia
    - H.323 é na realidade uma família de padrões baseados em telefonia para multimídia, incluindo voz e videoconferência
  - SIP (*Session Initiation Protocol*) protocolo leve desenvolvidos pela IETF (comunidade de redes)
    - SIP é um protocolo bem mais leve (que o H.323) e praticamente faz a mesma coisa (suportado pela Cisco e pela Nortel). Microsoft tem iniciado o desenvolvimento de interfaces clientes SIP com o Windows XP

# Protocolos de Sinalização: H.323

- H.323
  - Recomendação da ITU que fornece um framework de comunicação para áudio, vídeo e dados através de redes a comutação a pacotes



# Protocolos de Sinalização: H.323

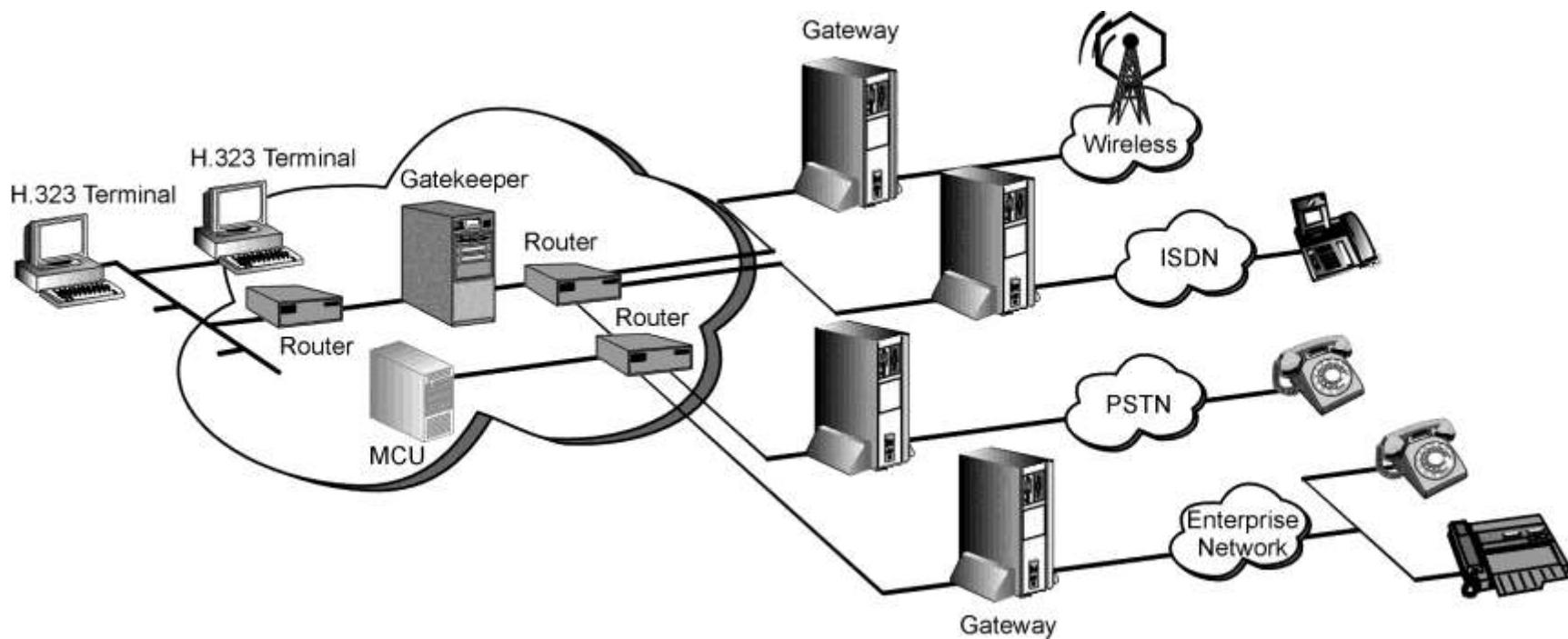
- H.323 é parte de uma família de padrões habilitando videoconferência sobre vários tipos de rede
  - H.320: Videoconferência sobre redes ISDN
  - H.323: Extensão do H.320 para videoconferência em redes locais sem QoS
  - H.324: Videoconferência sobre redes PSTN
  - H.322: Serviço de comunicação multimídia sobre LAN com suporte de QoS
  - Q.931: Serviço de sinalização de chamadas para estabelecimento e terminação de chamadas.
  - T.120: Protocolo de conferência de dados tempo-real.

# Protocolos de Sinalização: H.323

- H.323 define uma família de protocolos
  - H.225: protocolo de controle de chamada RAS (Registration, Admission and Status)
    - especifica mensagens para controle de chamada incluindo sinalização, registro e admissão, empacotamento e sincronização de fluxos multimídia
  - H.245: protocolo de controle de mídia
    - especifica mensagem para abertura e fechamento de canais para fluxos de mídias e outros comandos
  - H.261: codificação de vídeo a taxa  $\geq 64$  kbps.
  - H.263: codificação de vídeo a taxa  $< 64$  kbps.
  - G.711: codificação de áudio PCM 56/64 kbps
  - G.722: codificação de áudio para 7 KHz a 48/56/64 kbps
  - G.723: codificação de voz para 5.3 e 6.4 kbps
  - G.728: codificação de voz para 16 kbps
  - G.729: codificação de voz para 8/13 kbps
  - Referencia a especificação T.120 para conferência de dados

# Protocolos de Sinalização: H.323

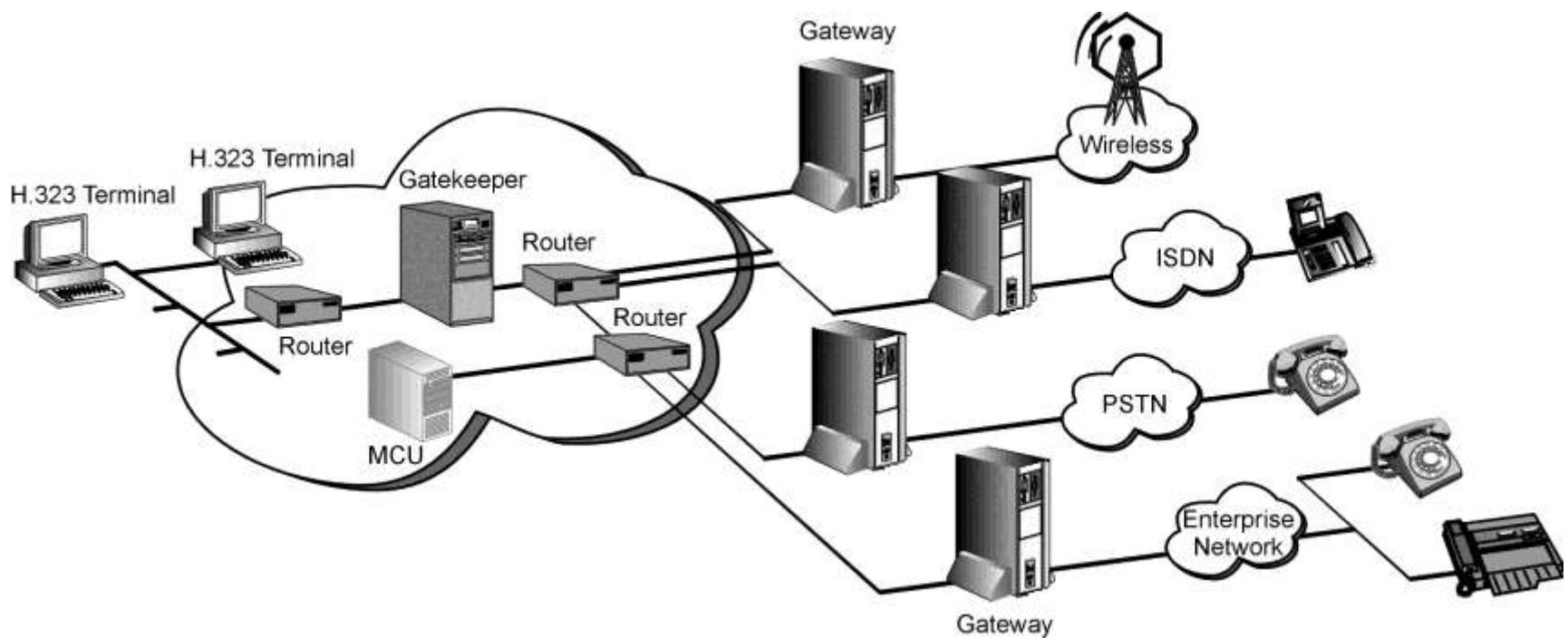
- Componentes da arquitetura H.323
  - Terminais, Gateways, Gatekeepers e Multipoint Control Units
    - Dispositivos terminais: Terminais, Gateways e MCUs
      - podem iniciar e receber chamadas



# Protocolos de Sinalização: H.323

- Terminais H.323

- São clientes que provêem comunicação multimídia bidirecional em tempo real
  - executando a pilha H.323 e as aplicações multimídia

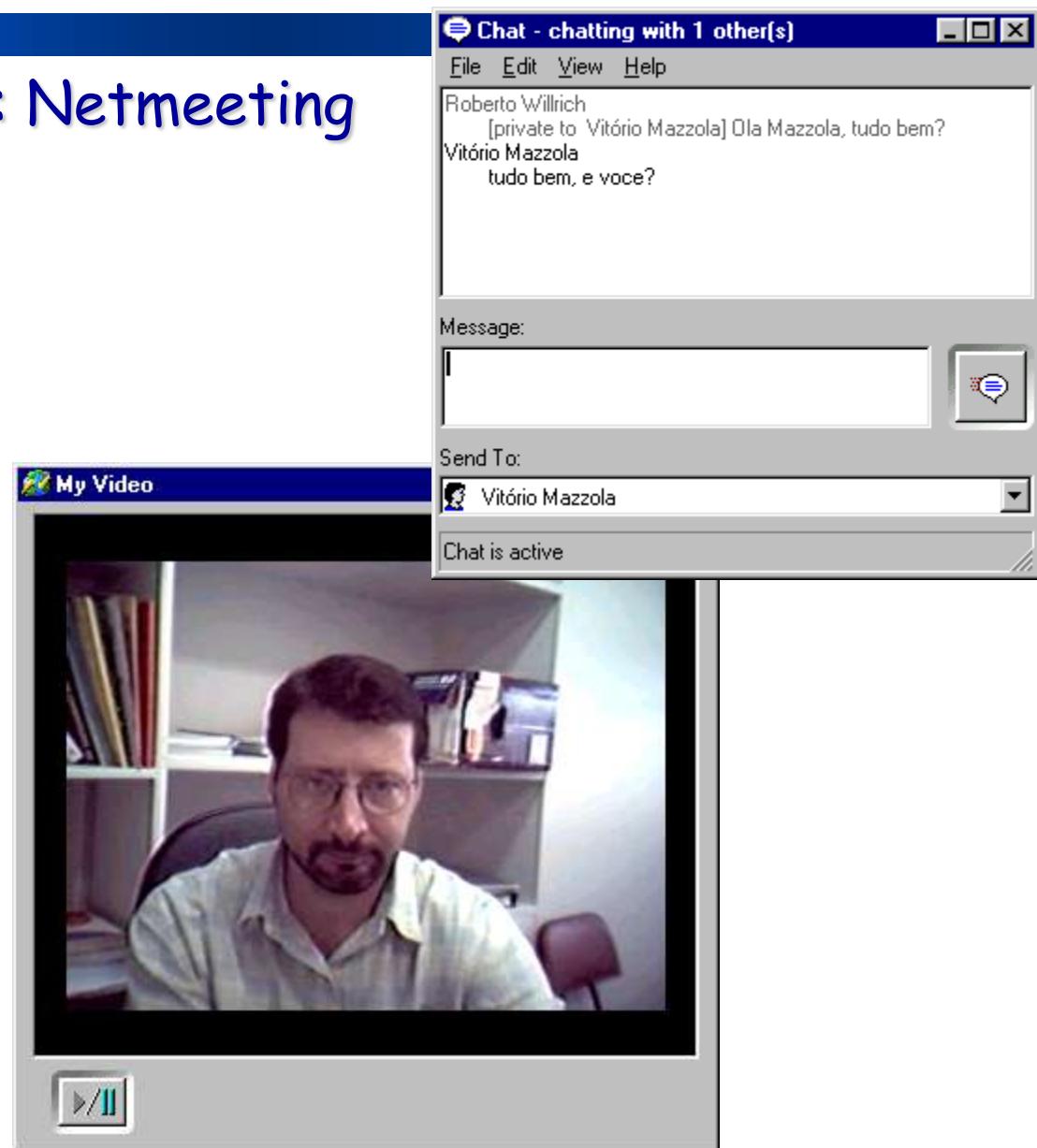
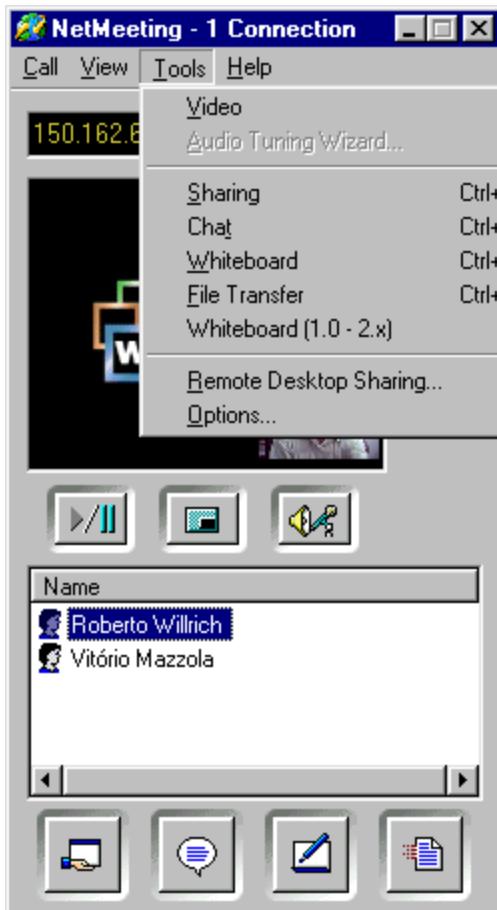


# Protocolos de Sinalização: H.323

- Terminais H.323
  - Suporta a comunicação de áudio e pode opcionalmente suportar a comunicação de vídeo e dados ( "chat", Quadro Branco compartilhado)
    - terminal H.323 é um elemento importante nos serviços de telefonia IP
  - Podem ser implementados como softwares baseados em PCs ou em dispositivos stand-alone tais como vídeo fones, ou Internet fones
    - a grande maioria dos terminais são implementados como software de PCs
    - PCs normalmente usam uma placa de som, microfone e alto-falantes ou fones de ouvido
    - existem muitos fabricantes que fornecem placas de PC onde pode ser conectado um telefone padrão

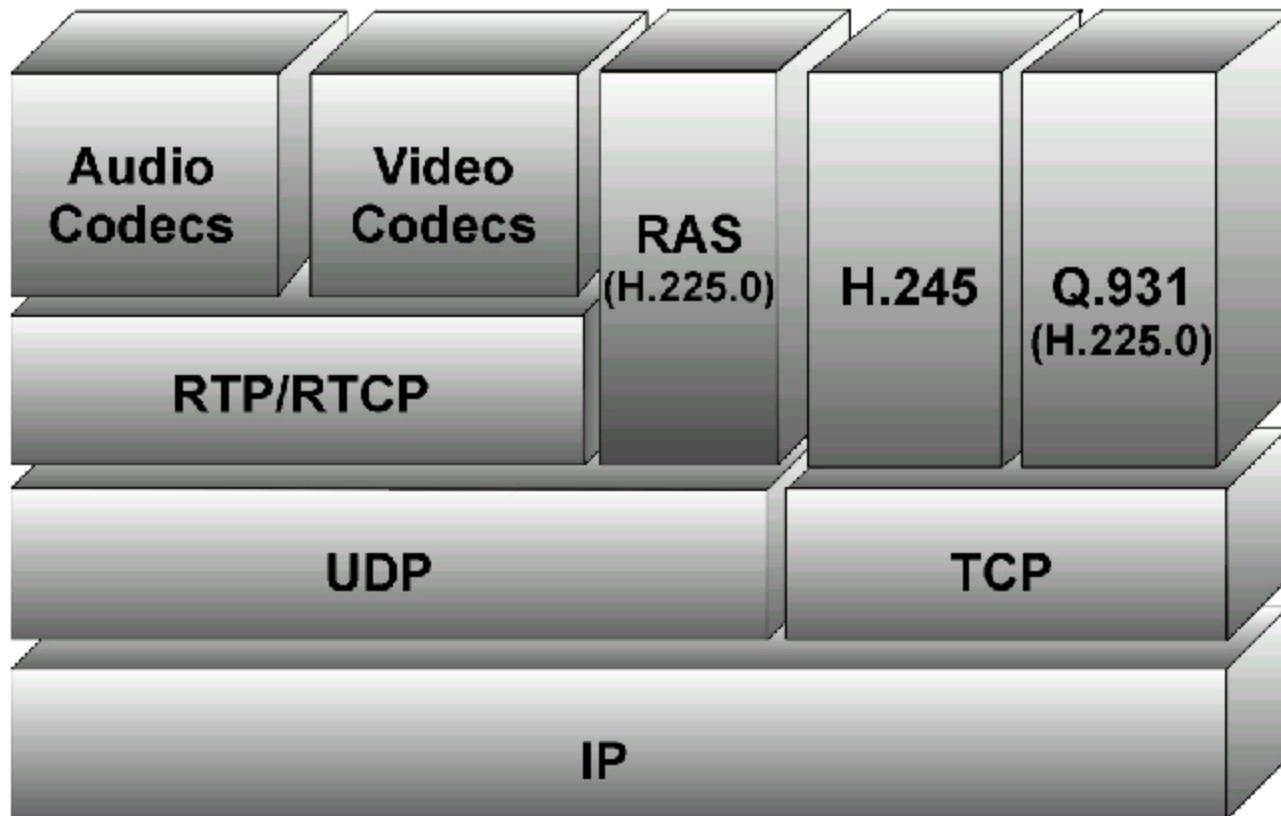
# Protocolos de Sinalização: H.323

- Terminais H.323: Netmeeting



# Protocolos de Sinalização: H.323

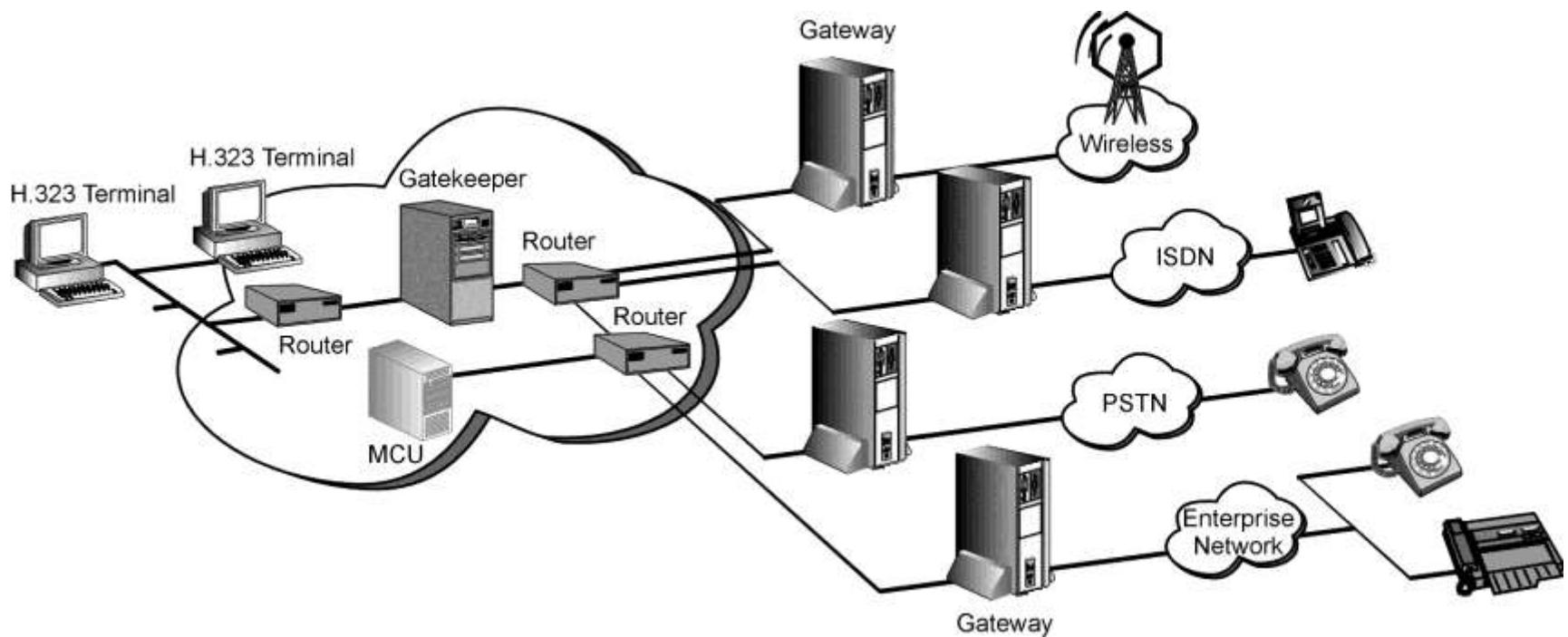
- Terminais: Pilha de protocolos na rede IP
  - Usa os serviços seguros de conexão de fim-a-fim do (TCP)
    - para o Canal de Controle H.245, Canais de Dados T.120 , Canal de Sinalização da Chamada



# Protocolos de Sinalização: H.323

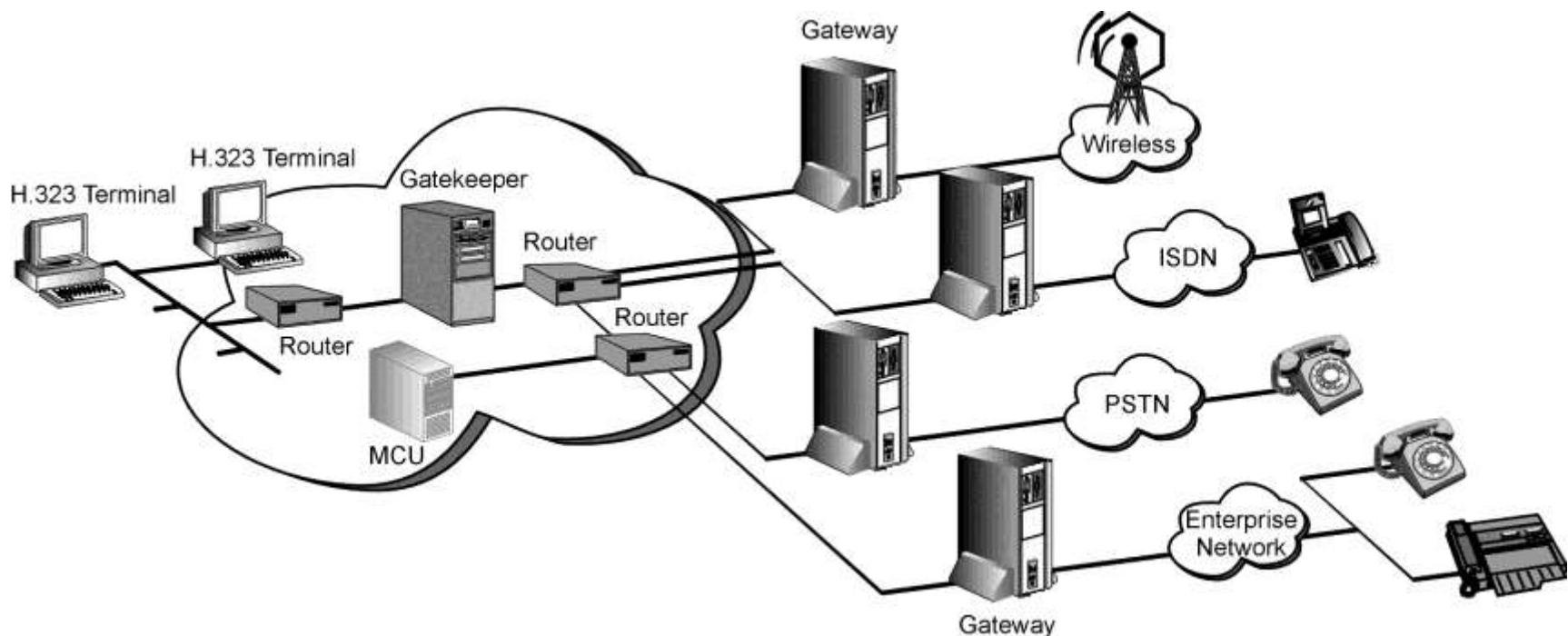
- **Gateways H.323**

- Endpoint que provê comunicação bidirecional em tempo-real entre terminais H.323 e outros terminais padrão ITU ou outro Gateway H.323



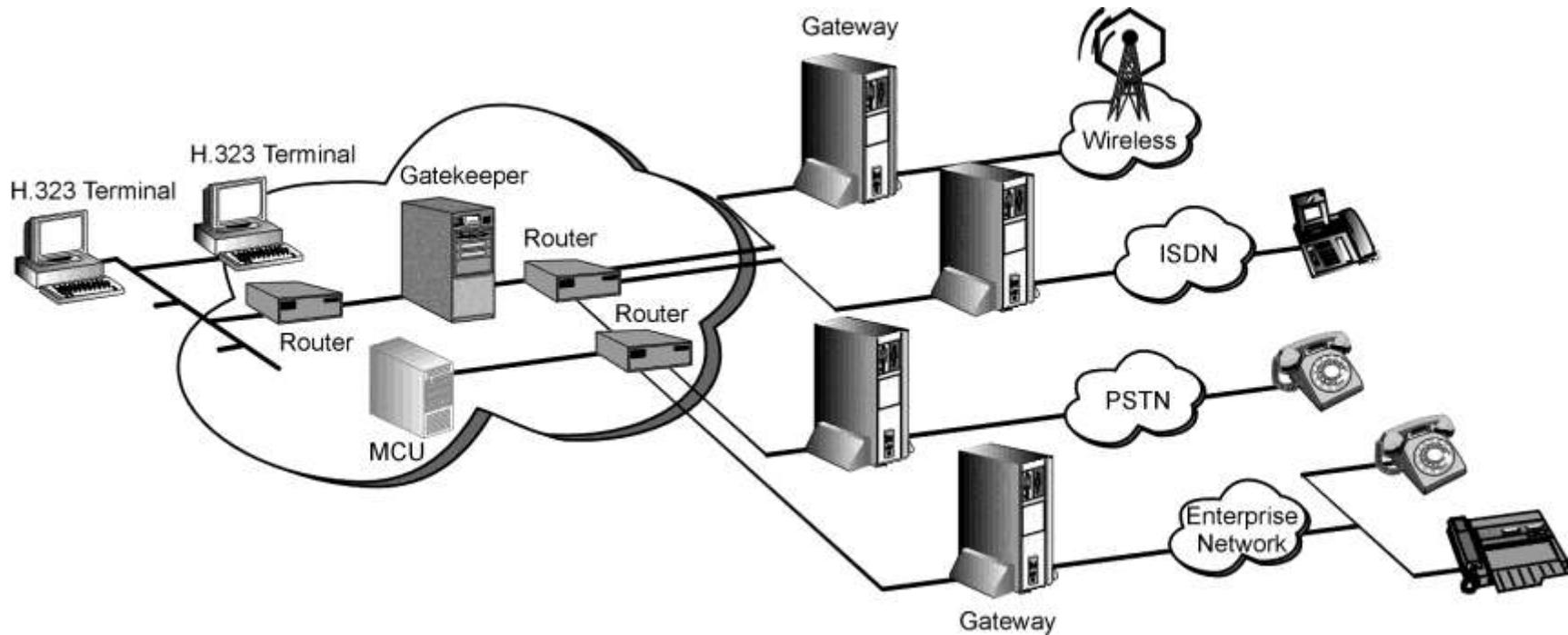
# Protocolos de Sinalização: H.323

- Gateways H.323: Executam a tradução de controle de chamada e de conteúdo
  - necessária nas chamadas para converter uma chamada da rede de comutação de pacotes formato H.323 para o formato das outras redes e vice-versa
  - Gateways são componentes opcionais na rede



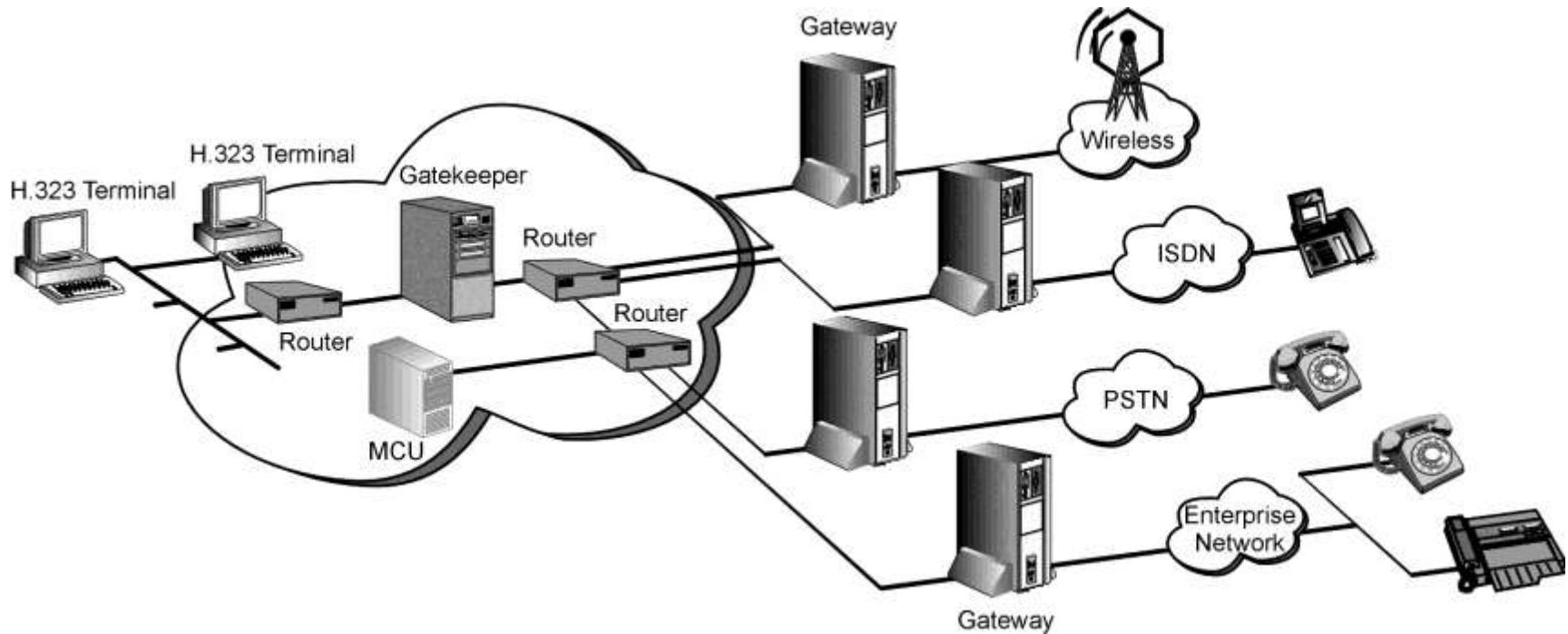
# Protocolos de Sinalização: H.323

- **Gatekeeper: Cérebro da rede H.323**
  - é ponto de foco para todas as chamadas dentro da rede H.323
  - não são necessários
    - fornecem serviços importantes: endereçamento, autorização e autenticação de terminais e gateways; gerenciamento de largura de banda; contabilidade; faturamento; e debitação.



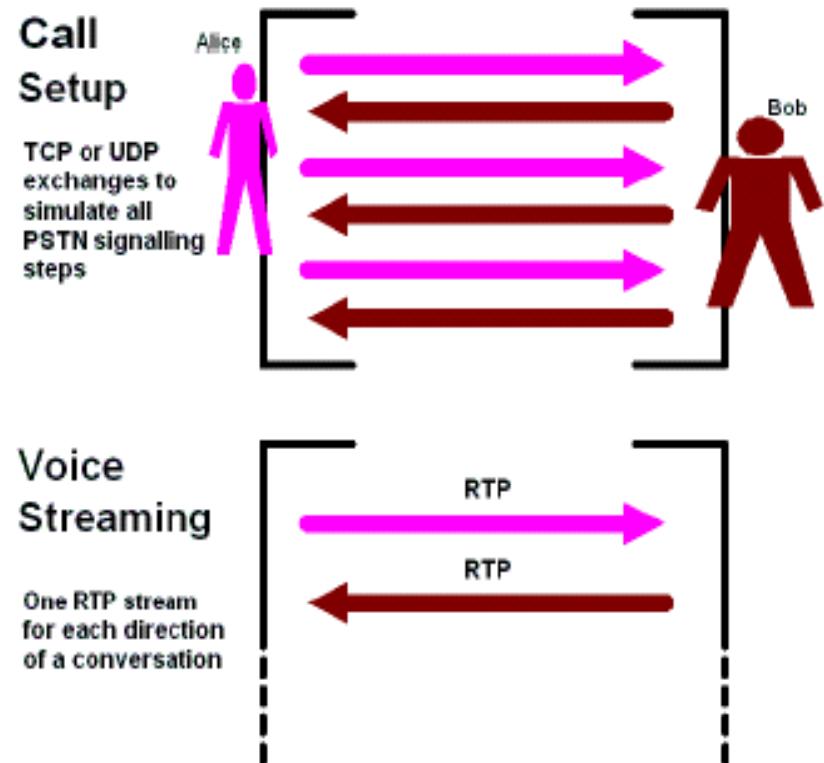
# Protocolos de Sinalização: H.323

- **Multipoint Control Units (MCUs)**
  - Fornecem suporte para conferências de 3 ou mais terminais
    - todos os terminais participantes na conferência estabelecem uma conexão com o MCU
    - MCU gerencia recursos de conferencia, negocia entre terminais para solicitar o CODEC (codificador/decodificador) de áudio e vídeo a ser usado, e manipula o fluxo multimídia



# Protocolos de Sinalização

- Exemplo no contexto de VoIP
  - Configuração de chamada
    - Equivalente VoIP da obtenção do tom de chamada da telefonia, digitação do número do telefone, sonar o telefone ou um sinal de ocupado, e tirar o fone do gancho no outro lado
    - Existem algumas opções: H.323, SIP.
  - Troca de dados de voz codificados
    - Usado o protocolo RTP (Real-time Transport Protocol)
      - que é encapsulado em datagramas UDP e IP para transferência



# Protocolos de Sinalização: SIP

- **SIP (*Session Initiation Protocol*) [RFC 2543]**
  - Proposta IETF (*Internet Engineering Task Force*) para suporte à telefonia na Internet
    - É para toda aplicação exigindo o conceito de sessão de comunicação
  - Um mecanismo simples para sinalização multimídia e mensagens instantâneas na rede IP
    - Desenvolvido para estabelecer, modificar e terminar sessões multimídia, pedir e transmitir informações de presença (status do usuário) e mensagens instantâneas
    - Sessões podem ser conferências multimídia, aulas pela Internet, telefonia sobre Internet, distribuição multimídia, entre outras
  - SIP incorpora elementos de dois protocolos Internet muito usados
    - HTTP (*HyperText Transport Protocol*)
      - SIP copiou o paradigma cliente-servidor e o uso de URLs e URIs
    - SMTP (*Simple Mail Transport Protocol*)
      - SIP copiou o esquema de codificação de texto e o estilo do cabeçalho
      - SIP reusa alguns cabeçalhos SMTP, como To, From, Date, e Subject.

# Protocolos de Sinalização: SIP

- Serviços do SIP para o estabelecimento e o encerramento de sessões multimídia incluem:
  - Localização de usuário
    - Usuário pode se movimentar por toda a rede
    - Ele precisa ser localizado antes de efetivamente iniciar uma comunicação
  - Disponibilidade do usuário
    - Após um usuário ser localizado é preciso saber se ele está disponível para uma nova comunicação
    - Determina se o usuário possui recursos disponíveis para iniciar uma nova comunicação
  - Configuração da chamada
    - É o processo de definição dos parâmetros que serão usados para o estabelecimento da chamada
  - Capacidades do usuário
    - Para determinar as capacidades de mídia dos softwares/equipamentos envolvidos na comunicação
    - Para determinar os parâmetros de mídia a serem usados;
  - Controle de chamada
    - Gerenciamento da chamada, incluindo processos de transferência de ligações e encerramento da mesma.

# Protocolos de Sinalização: SIP

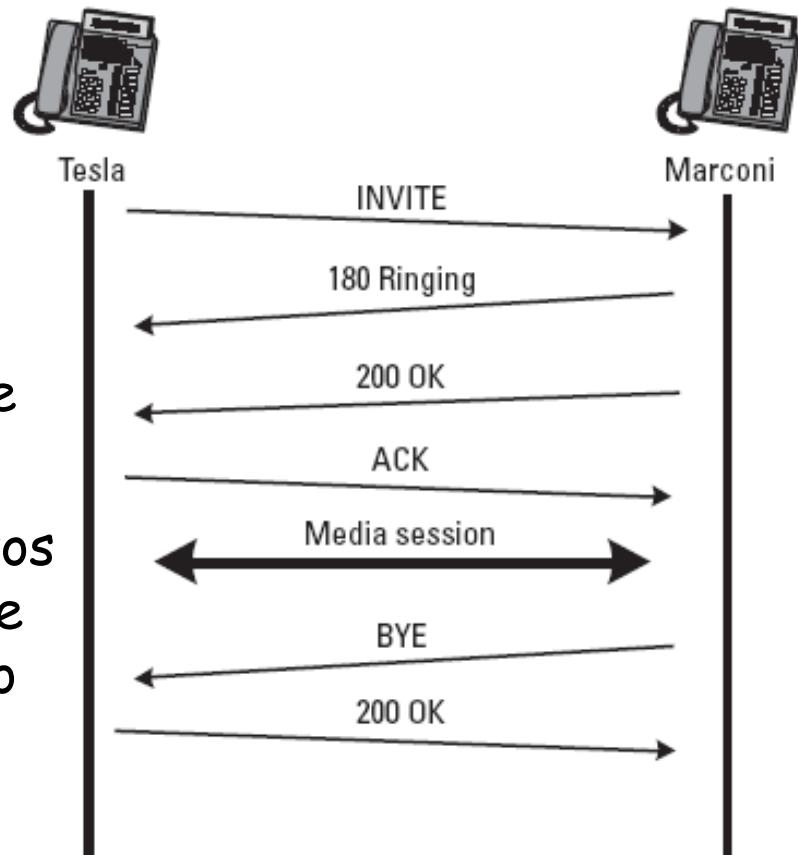
- Veremos alguns conceitos gerais para o entendimento do protocolo SIP
  - Dada através da apresentação de alguns exemplos de uso do protocolo SIP
  - Exemplo 1: troca de mensagens entre dois dispositivos SIP para estabelecer e encerrar uma sessão
  - Exemplo 2: registro SIP e troca de mensagens quando um SIP proxy é usado

# Protocolos de Sinalização: SIP

## Visão Geral: Configuração de chamada simples

- **Exemplo 1**

- Mensagens SIP trocadas para o estabelecimento de uma sessão entre dois dispositivos SIP (fone SIP, softphone, etc)
- Assumindo que os dois dispositivos estejam conectados em uma rede IP e ambos conhecem o endereço IP do outro

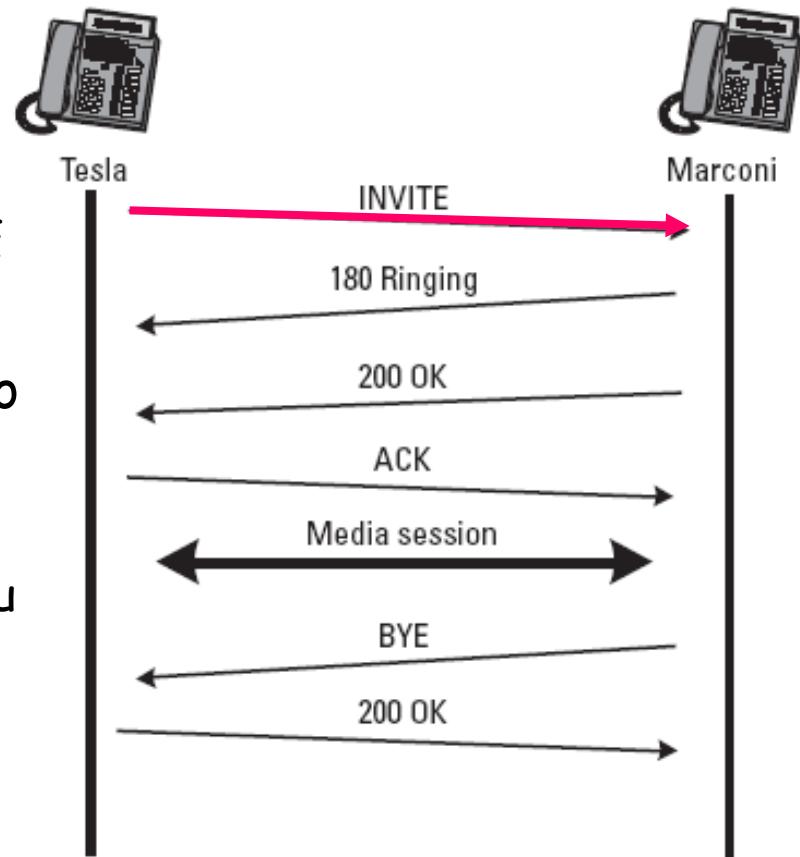


# Protocolos de Sinalização: SIP

## Visão Geral: Configuração de chamada simples

- **INVITE**

- Tesla inicia a chamada
  - envio da mensagem SIP INVITE para Marconi
- INVITE contém detalhes do tipo de sessão pedida
  - Pode ser de voz simples, uma sessão multimídia (videoconf.) ou de jogo
- Corpo da mensagem pode conter uma descrição da sessão
  - Utilizando o protocolo de descrição de sessão SDP (*Session Description Protocol*)



# Protocolos de Sinalização: SIP

## INVITE sip:marconi@radio.org SIP/2.0

Via: SIP/2.0/UDP lab.high-voltage.org:5060;branch=z9hG4bKfw19b

Max-Forwards: 70

To: G. Marconi <sip:Marconi@radio.org>

From: Nikola Tesla <sip:n.tesla@high-voltage.org>;tag=76341

Call-ID: 123456789@lab.high-voltage.org

CSeq: 1 INVITE

Subject: About That Power Outage...

Contact: <sip:n.tesla@lab.high-voltage.org>

Content-Type: application/sdp

Content-Length: 158

v=0

o=Tesla 2890844526 2890844526

s=Phone Call

c=IN IP4 100.101.102.103

t=0 0

m=audio 49170 RTP/AVP 0

a=rtpmap:0 PCMU/8000

- Campos listados na mensagem INVITE são chamados de campos de cabeçalho
- Tem a forma **Campo: Valor CRLF**

### Linha de partida

- Lista o método, a URI, e o número da versão SIP
- Todos separados por espaços
- Cada linha termina com CRLF

# Protocolos de Sinalização: SIP

INVITE sip:marconi@radio.org SIP/2.0

Via: SIP/2.0/UDP lab.high-voltage.org:5060;branch=z9hG4bKfw19b

Max-Forwards: 70

**To: G. Marconi <sip:Marconi@radio.org>**

**From: Nikola Tesla <sip:n.tesla@high-voltage.org>;tag=76341**

Call-ID: 123456789@lab.high-voltage.org

CSeq: 1 INVITE

Subject: About That Power Outage...

Contact: <sip:n.tesla@lab.high-voltage.org>

Content-Type: application/sdp

Content-Length: 158

v=0

o=Tesla 2890844526 2890844526

s=Phone Call

c=IN IP4 100.101.102.10

t=0 0

m=audio 49170 RTP/AVP 0

a=rtpmap:0 PCMU/8000

## Campos To e From

- Indicam o originador e destino do pedido SIP
- Quando um nome é usado: URI SIP é colocado entre "< >" e é usado para rotear o pedido
- Nome poderia ser apresentado durante o alerta (aviso da chamada), mas não é usado pelo protocolo.

# Protocolos de Sinalização: SIP

INVITE sip:marconi@radio.org SIP/2.0

Via: SIP/2.0/UDP lab.high-v

Max-Forwards: 70

To: G. Marconi <sip:Marconi@radio.org>

From: Nikola Tesla <sip:n.tesla@lab.hig

Call-ID: 123456789@lab.hig

CSeq: 1 INVITE

Subject: About That Power

Contact: <sip:n.tesla@lab.high-voltage.org>

## Corpo da mensagem

- Contém informações da mídia que são necessárias para estabelecer a chamada
- Content-Type e Content-length indicam que o corpo é SDP e contém 158 bytes
- Descreve os atributos de mídia que o chamador (Tesla) deseja usar na chamada

**Content-Type: application/sdp**

**Content-Length: 158**

**v=0**

**o=Tesla 2890844526 2890844526 IN IP4 lab.high-voltage.org**

**s=Phone Call**

**c=IN IP4 100.101.102.103**

**t=0 0**

**m=audio 49170 RTP/AVP 0**

**a=rtpmap:0 PCMU/8000**

# Protocolos de Sinalização: SIP

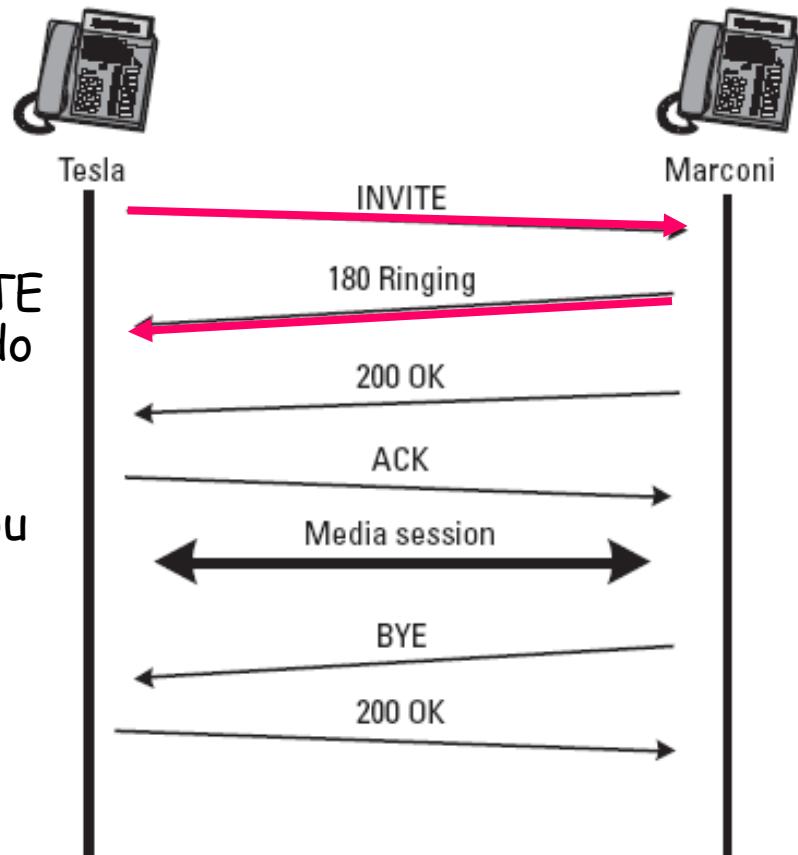
Parâmetro SDP	Nome do Parâmetro
v=0	Número da versão do protocolo
<b>o=Tesla 2890844526 2890844526 IN IP4 lab.high-voltage.org</b>	Nome da origem e identificador da sessão <i>o=username session-id version network-type address-type address</i> Session-id: marca temporal RTP ou número único quer. Version: valor numérico que incrementa a cada troca na sessão (ou marca temporal RTP)
<b>s=Phone Call</b>	Assunto (Nome da sessão)
<b>c=IN IP4 100.101.102.103</b>	Informações da conexão de mídia <i>c=network-type address-type connection-address</i>
<b>t=0 0</b>	Tempo de partida e parada da sessão <i>t=start-time stop-time</i> (Zero significa permanente)
<b>m=audio 49170 RTP/AVP 0</b>	Informações da mídia <i>m=media port transport format-list</i> Media: {audio, video, application, data, telephone-event, control} transport: tipo de protocolo udp ou RTP/AVP (Audio video profiles). format-list: tipos de payloads usados (0 - PCMU).
<b>a=rtpmap:0 PCMU/8000</b>	Linha de atributo: mais informações sobre a mídia.

# Protocolos de Sinalização: SIP

## Visão Geral: Configuração de chamada simples

- **180 Ringing**

- Enviada em resposta a mensagem INVITE
- Indica que o participante que foi chamado, Marconi, recebeu o INVITE e que o agente usuário está alertando a chamada ao usuário
- Alerta poderia ser tocar um fone, apresentar uma mensagem na tela, ou qualquer outro método que chame a atenção do usuário chamado



# Protocolos de Sinalização: SIP

## Visão Geral: Configuração de chamada simples

### SIP/2.0 180 Ringing

Via: SIP/2.0/UDP lab.high-voltage.org:5060;branch=z9hG4bKfw19b;  
received=100.101.102.103

To: G. Marconi <sip:marconi@radio.org>;tag=a53e42

From: Nikola Tesla <sip:n.tesla@high-voltage.org>;tag=76341

Call-ID: 123456789@lab.high-voltage.org

CSeq: 1 INVITE

Contact: <sip:marconi@tower.radio.org>

Content-Length: 0

#### Linha de partida

- Contém a versão do SIP, código da resposta e texto explicativo

#### Construção da resposta

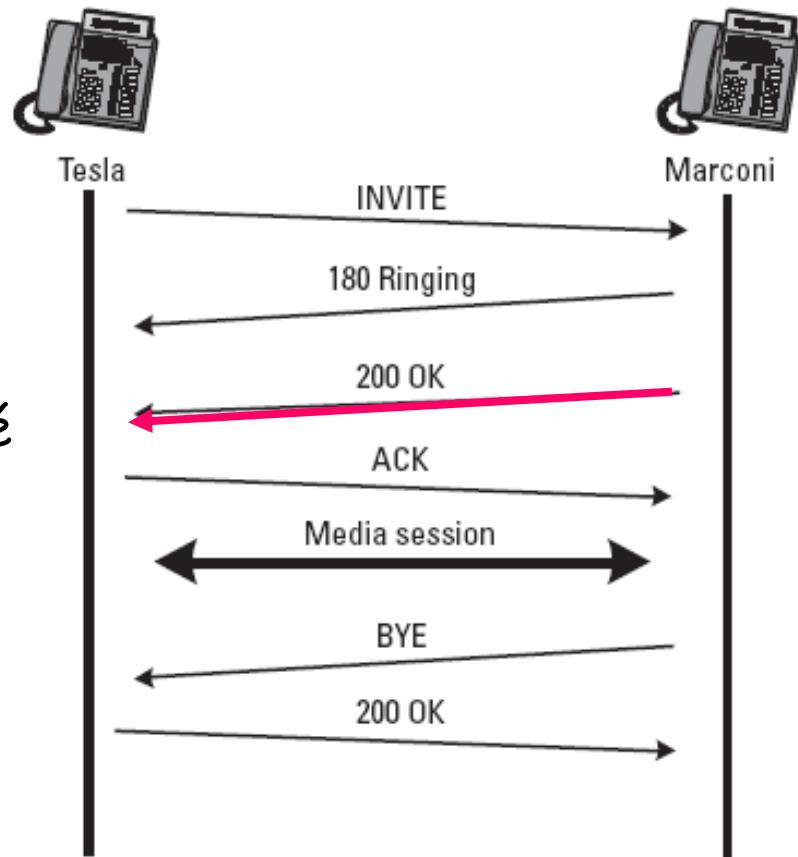
- Criada copiando vários campos do cabeçalho da mensagem INVITE, incluindo os campos Via, To, From, Call-ID e CSeq
- Abordagem que simplifica o processamento da mensagem para respostas

# Protocolos de Sinalização: SIP

## Visão Geral: Configuração de chamada simples

- **200 OK**

- Enviada quando o participante chamado Marconi aceita a chamada
- Indica que o tipo de mídia da sessão proposta pelo chamador é aceitável



# Protocolos de Sinalização: SIP

## Visão Geral: Configuração de chamada simples

SIP/2.0 200 OK

Via: SIP/2.0/UDP lab.high-voltage.org:5060;branch=z9hG4bKfw19b;  
received=100.101.102.103

To: G. Marconi <sip:marconi@radio.org>;tag=a53e42

From: Nikola Tesla <sip:n.tesla@high-voltage.org>

Call-ID: 123456789@lab.high-voltage.org

CSeq: 1 INVITE

Contact: <sip:marconi@tower.radio.org>

Content-Type: application/sdp

Content-Length: 155

v=0

o=Marconi 2890844528 2890844528 IN IP4 tower.radio.org

s=Phone Call

c=IN IP4 200.201.202.203

t=0 0

m=audio 60000 RTP/AVP 0

a=rtpmap:0 PCMU/8000

### SDP

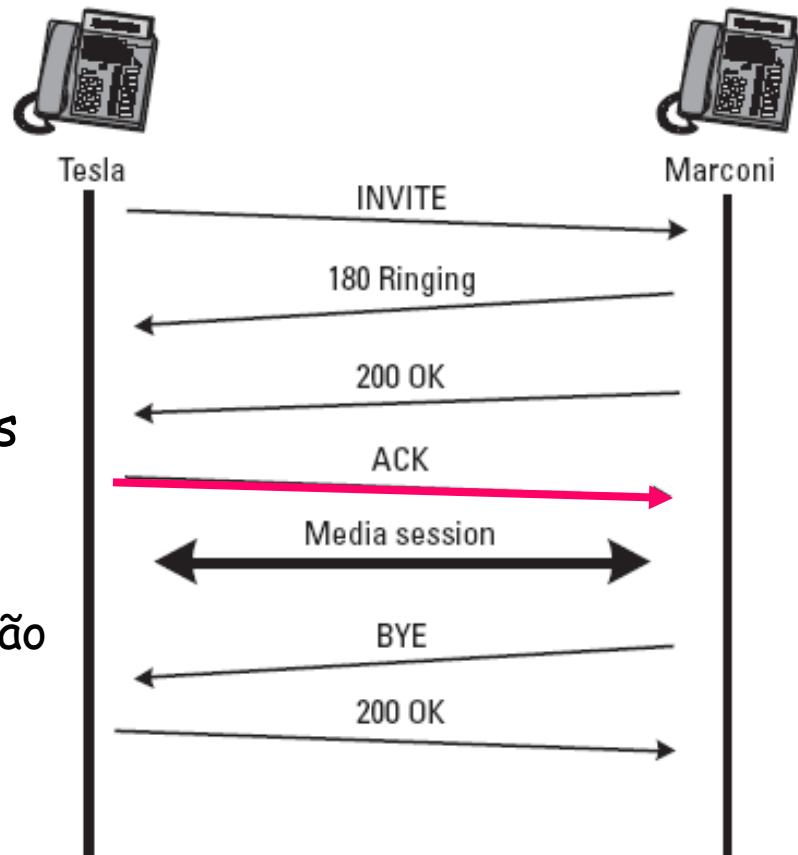
- Endereço IP da conexão de mídia (200.201.202.203);
- Formato da mídia (áudio);
- Número da porta (60000);
- Protocolo de transporte de mídia (RTP);
- Codificação de mídia (PCM  $\mu$ -Law);
- Taxa de amostragem (8 kHz).

# Protocolos de Sinalização: SIP

## Visão Geral: Configuração de chamada simples

- **Ack**

- Confirmação que Tesla recebeu com sucesso a resposta de Marconi
- Pode conter o SDP de descrição da sessão negociada entre ambos os clientes
  - Se não contiver o SDP o usuário chamado pode assumir a descrição dada pelo primeiro INVITE



# Protocolos de Sinalização: SIP

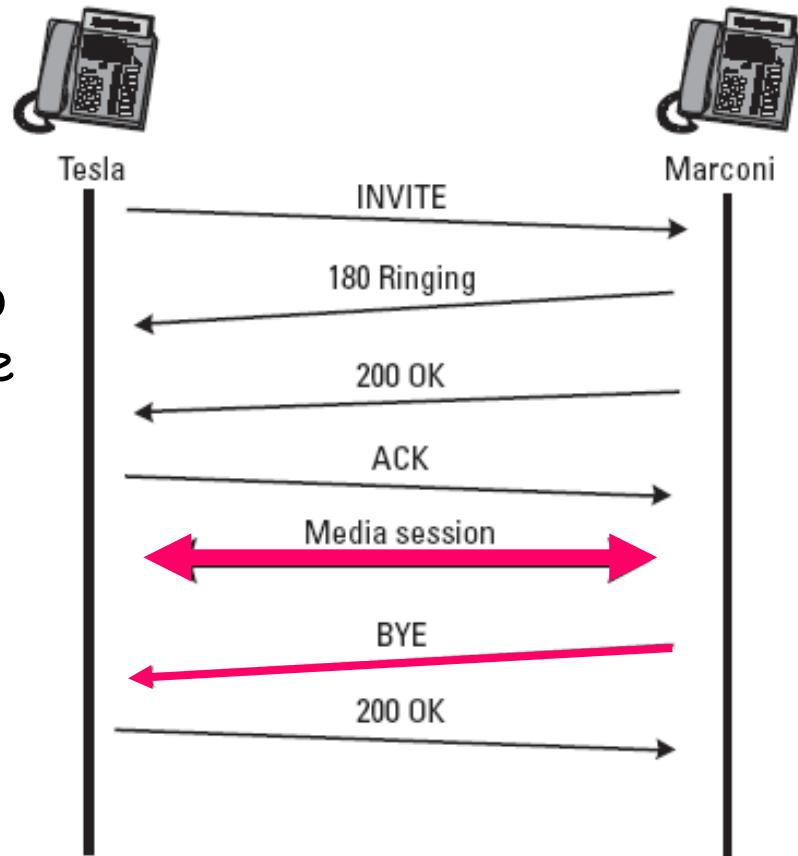
## Visão Geral: Configuração de chamada simples

- **Sessão de mídia**

- Ocorre a comunicação de voz entre Tesla e Marconi
- Usando normalmente o protocolo RTP para transportar pacotes de voz

- **Bye**

- Enviado pelo Marconi para terminar a sessão e liberar os recursos alocados

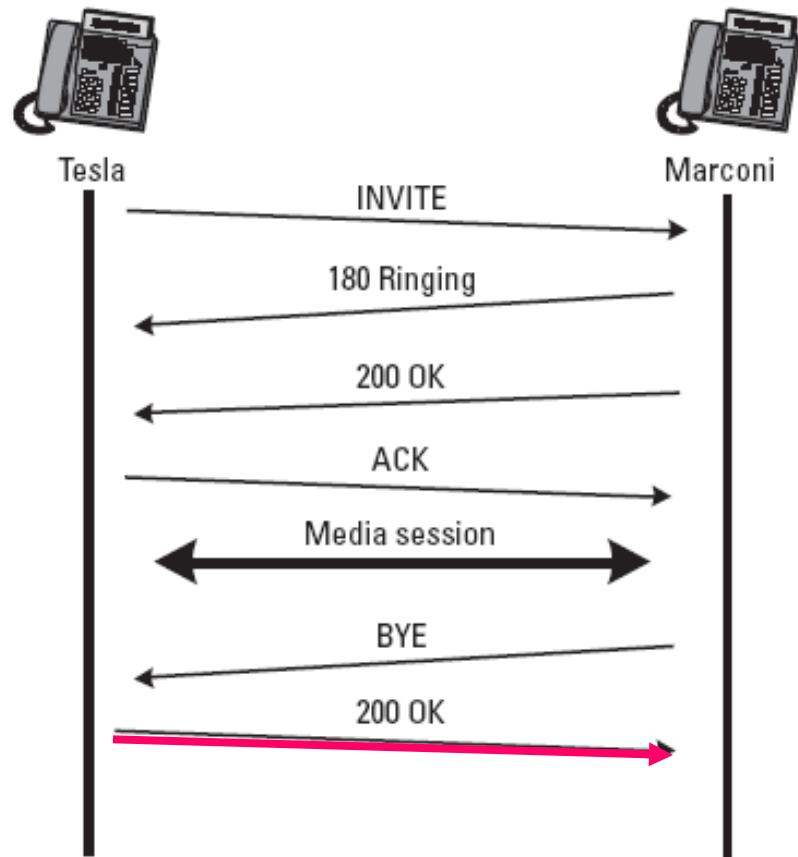


# Protocolos de Sinalização: SIP

## Visão Geral: Configuração de chamada simples

- **200 OK**

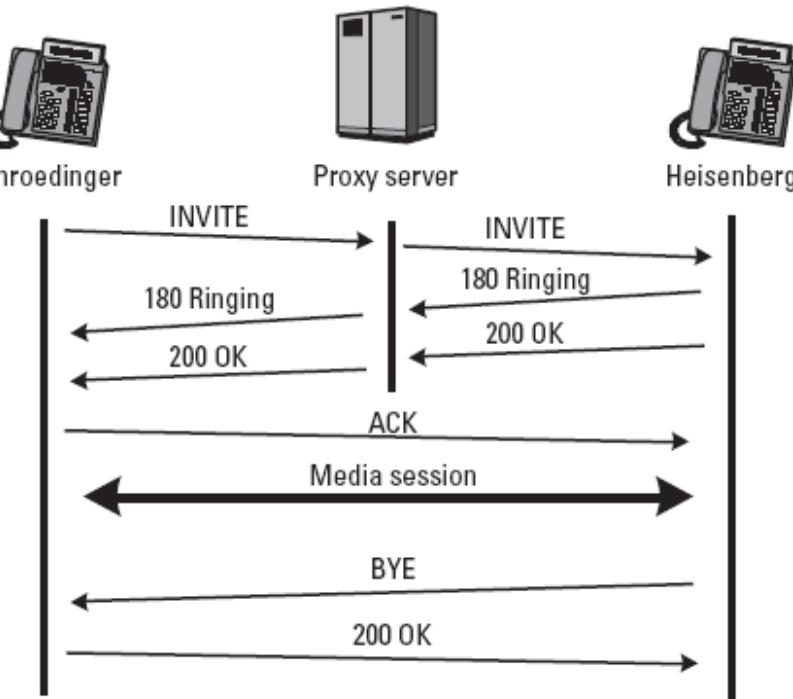
- A resposta de confirmação para o BYE



# Protocolos de Sinalização: SIP

## Visão Geral: Chamada com servidor SIP proxy

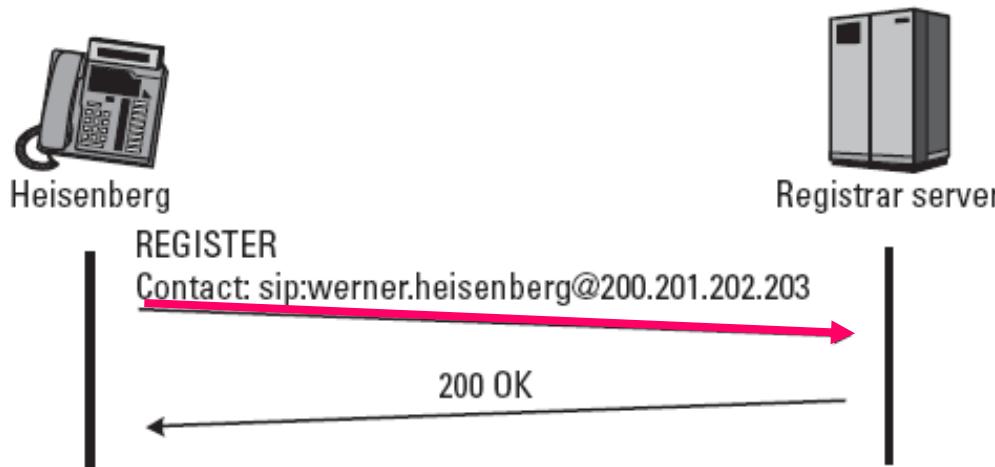
- **Exemplo 2**
  - Chamador Schroedinger chama Heisenberg através de um servidor SIP proxy
- **Proxy SIP**
  - Opera de maneira similar a um proxy no HTTP e outros protocolos da Internet
  - Não configura ou termina sessões
    - mas está no meio de uma troca de mensagens SIP
    - recebendo mensagem e repassando mensagens
  - Podem existir múltiplos proxies no caminho da sinalização



# Protocolos de Sinalização: SIP

## Visão Geral: Exemplo de registro

- Heisenberg envia um pedido SIP REGISTER para um servidor de registro
  - Servidor SIP de registro recebe a mensagem e usa as informações no pedido para atualizar a base de dados usada pelos proxies para rotear os pedidos SIP
    - Campo To contém URI SIP “bem conhecido” de Heisenberg
    - Campo Contact contém URI SIP do dispositivo atual (e seu endereço IP) onde Heisenberg está logado

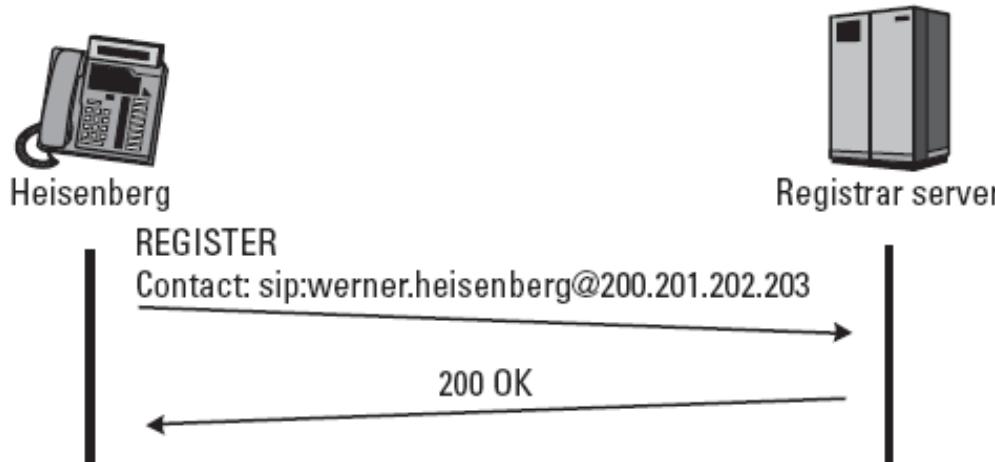


# Protocolos de Sinalização: SIP

## Visão Geral: Exemplo de registro

- **Servidor SIP de registro**

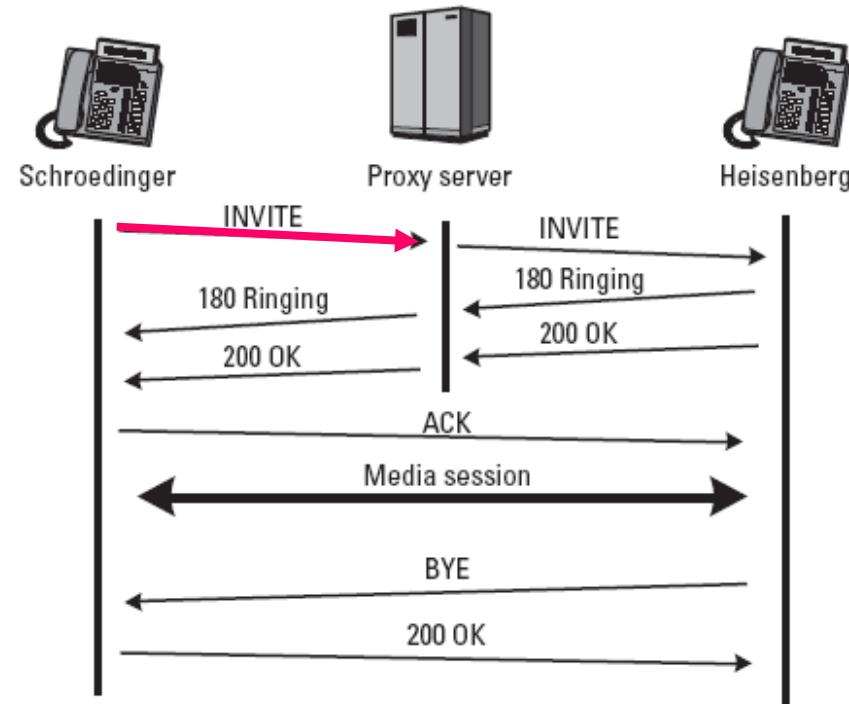
- Associa a SIP URI de Heisenberg e o endereço IP do dispositivo na base de dados
- Base de dados que pode ser usada pelo servidor proxy para localizar Heisenberg
- Quando um servidor proxy com acesso a base de dados recebe um pedido INVITE endereçado ao URI de Heisenberg
  - Pedido será reencaminhado para o dispositivo que Heisenberg está usando no momento.



# Protocolos de Sinalização: SIP

## Visão Geral: Chamada com servidor SIP proxy

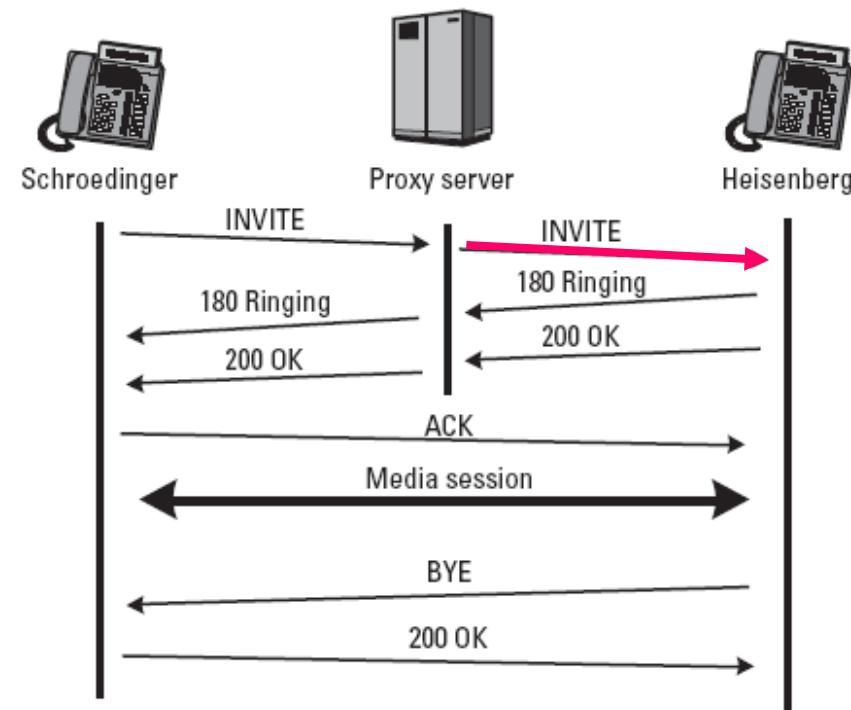
- Schroedinger envia INVITE para o SIP proxy
  - Schroedinger não conhece exatamente onde Heisenberg está atualmente logado e que dispositivo ele está usando atualmente
    - Apenas conhece seu endereço SIP werner.heisenberg@munich.de
  - Servidor SIP proxy é usado para rotear o INVITE
    - INVITE é então enviado para o endereço IP atual de Heisenberg



# Protocolos de Sinalização: SIP

## Visão Geral: Chamada com servidor SIP proxy

- Servidor SIP proxy redireciona INVITE
  - INVITE é então repassado para o endereço IP de Heisenberg
    - com a adição de um segundo campo Via com o endereço do proxy

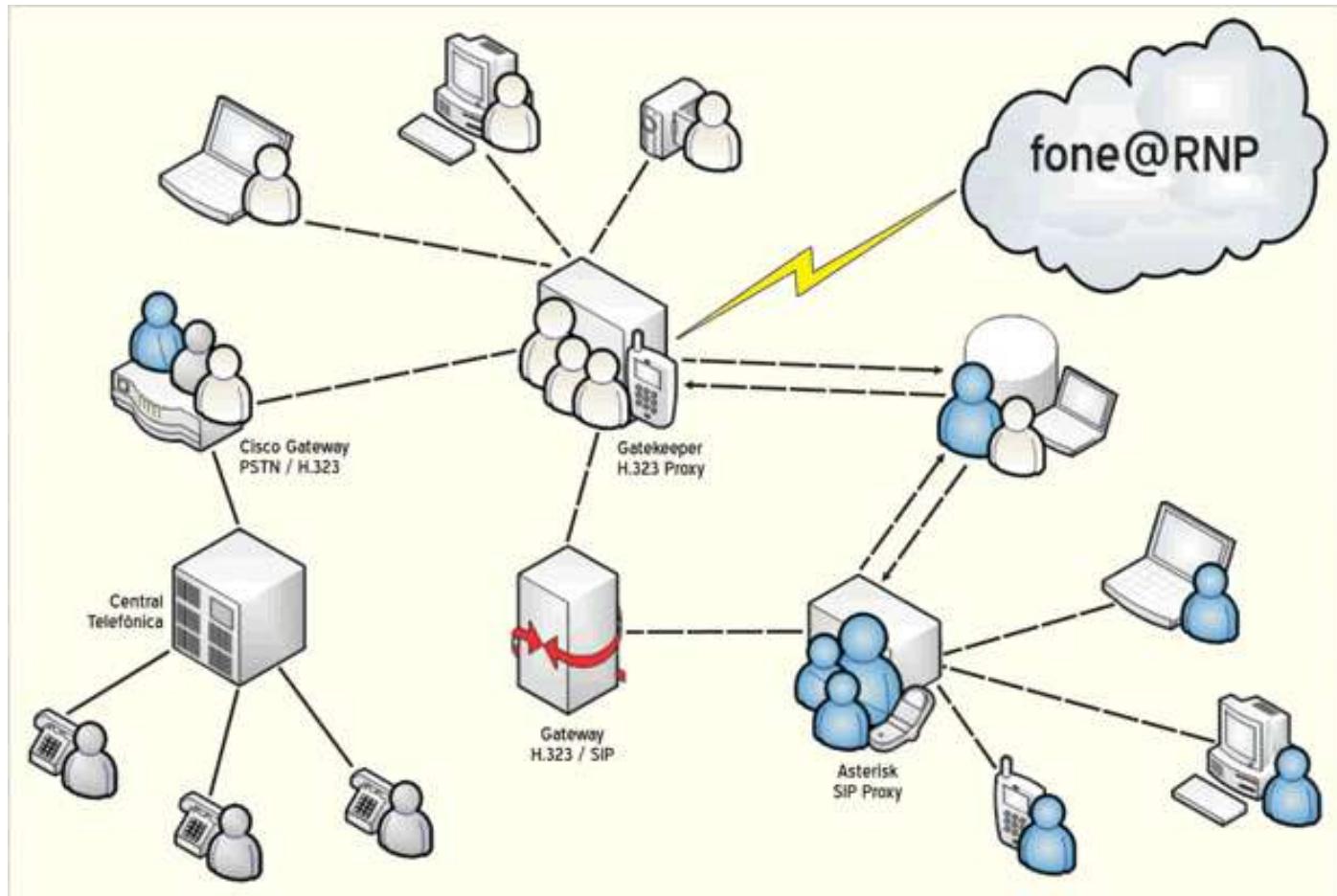


# Protocolos de Sinalização: H.323 vs. SIP

- H.323 e SIP competem pela sinalização da telefonia IP
  - Existem muitos debates na indústria para saber qual protocolo é o melhor
    - SIP está vencendo este debate....

# Protocolos de Sinalização: H.323 vs. SIP

- Podem existir sistemas híbridos

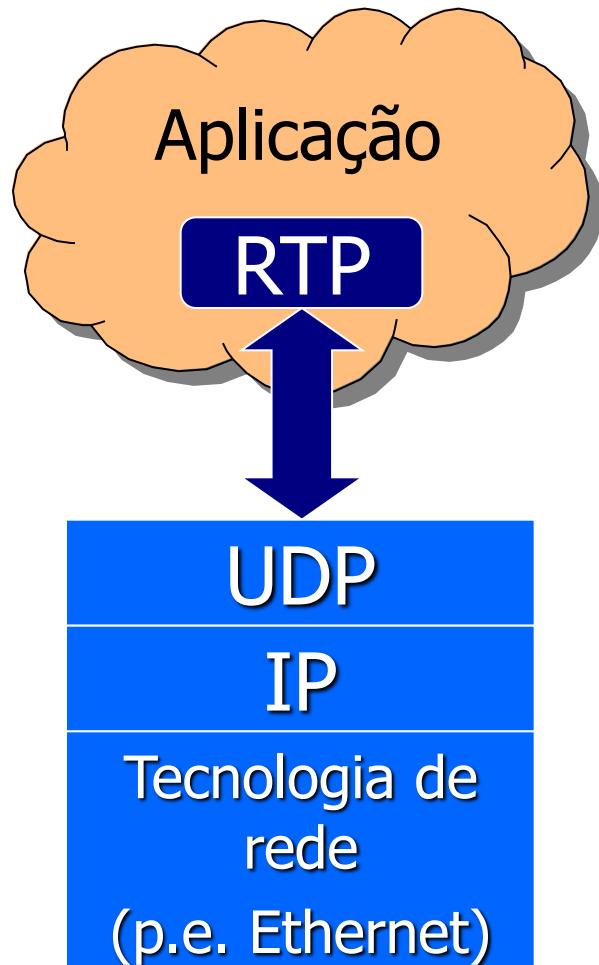


# Protocolos de Sinalização: H.323 vs. SIP

	H.323	SIP
Filosofia	Desenvolvido para gerenciar chamadas de voz, multimídia e serviços suplementares através de recomendações específicas para cada tipo de serviço	Desenvolvido para estabelecer uma sessão entre dois pontos finais, sem nenhum relacionamento específico com algum tipo de mídia.
Complexidade	Mais complexo	Relativamente mais simples
Formato das mensagens	Representação binária ASN (Abstract Syntax Notation)	Representação textual http
Transporte de mídia	RTP/RTCP	RTP/RTCP
Protocolo de transporte	TCP ou UDP	TCP ou UDP
Endereçamento	Entende URLs e H.164	Só URL
Escalabilidade	Não é muito escalável	Altamente escalável
Suporte a Firewall	Pode ser provido por um gateway H.323	Pode ser provido por um SIP Proxy
Autenticação	Através de H.235	Via http, ssl, pgp e outros
Encriptação	Via H.235	Via ssl, PGP e outros

# Protocolos RTP/RTCP

- Localização do RTP
  - RTP é parte do código da aplicação
    - pode ser usado com qualquer protocolo de transporte ou tecnologia de rede
  - Normalmente transportado no UDP
    - Fazendo uso dos serviços de multiplexação e checksum do UDP
  - Objetivo do RTP é fornecer uma comunicação fim-a-fim, para aplicações tempo-real sobre a Internet



# Protocolos RTP/RTCP

- RTP garante requisitos tempo-real?
  - RTP não oferece nenhum mecanismo para assegurar a transmissão tempo-real, nem oferece garantias de QoS
    - isto depende do suporte de rede utilizado
  - RTP não garante confiabilidade, não evita a entrega fora de ordem dos pacotes, nem assume que a camada de rede ofereça confiabilidade e entrega de pacotes em seqüência
    - Número de seqüência incluído no RTP permite ao receptor reconstruir a seqüência de pacotes como enviada pelo emissor

# Protocolos RTP/RTCP

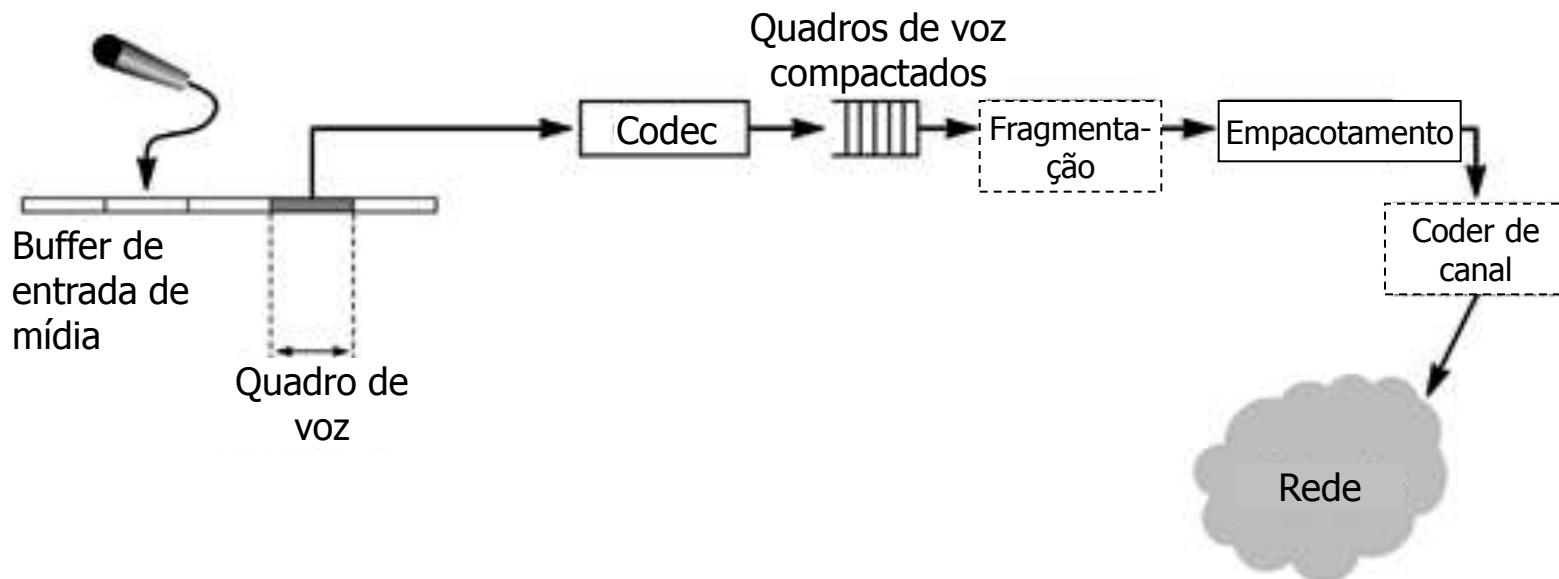
- **RTP na realidade define dois protocolos**
  - Protocolo de dados RTP
    - para transportar dados tempo-real
  - Protocolo do Controle RTP (RTCP)
    - para monitorar a qualidade de serviço
    - para distribuir informações acerca dos participantes de uma sessão

# Protocolos RTP/RTCP

## Visão de uma implementação RTP

- **Comportamento do emissor RTP**

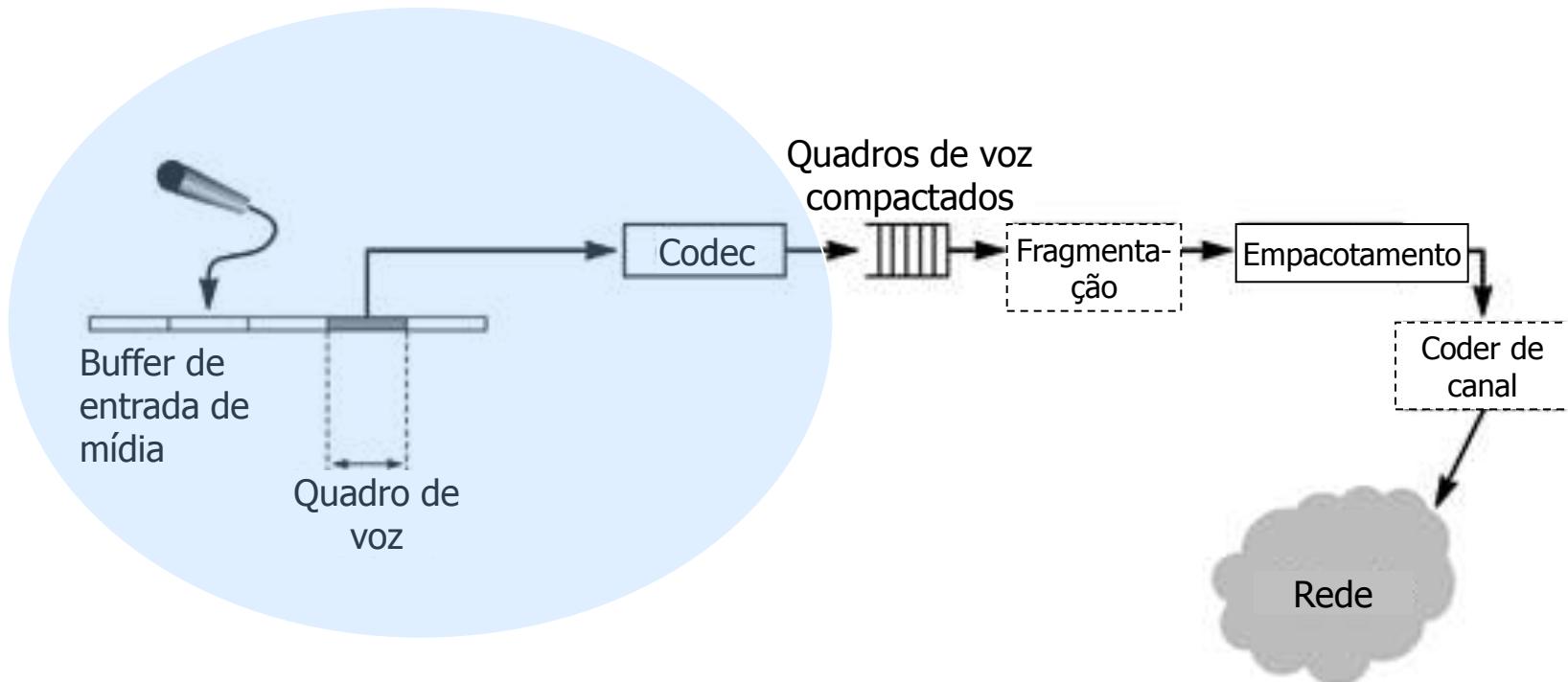
- É responsável pela captura e transformações de dados audiovisuais, geração de pacotes RTP e transmissão
- Pode também participar na correção de erros e controle de congestionamento
  - adaptando o fluxo de mídia transmitido em resposta a realimentações enviadas pelo receptor



# Protocolos RTP/RTCP

## Visão de uma implementação RTP

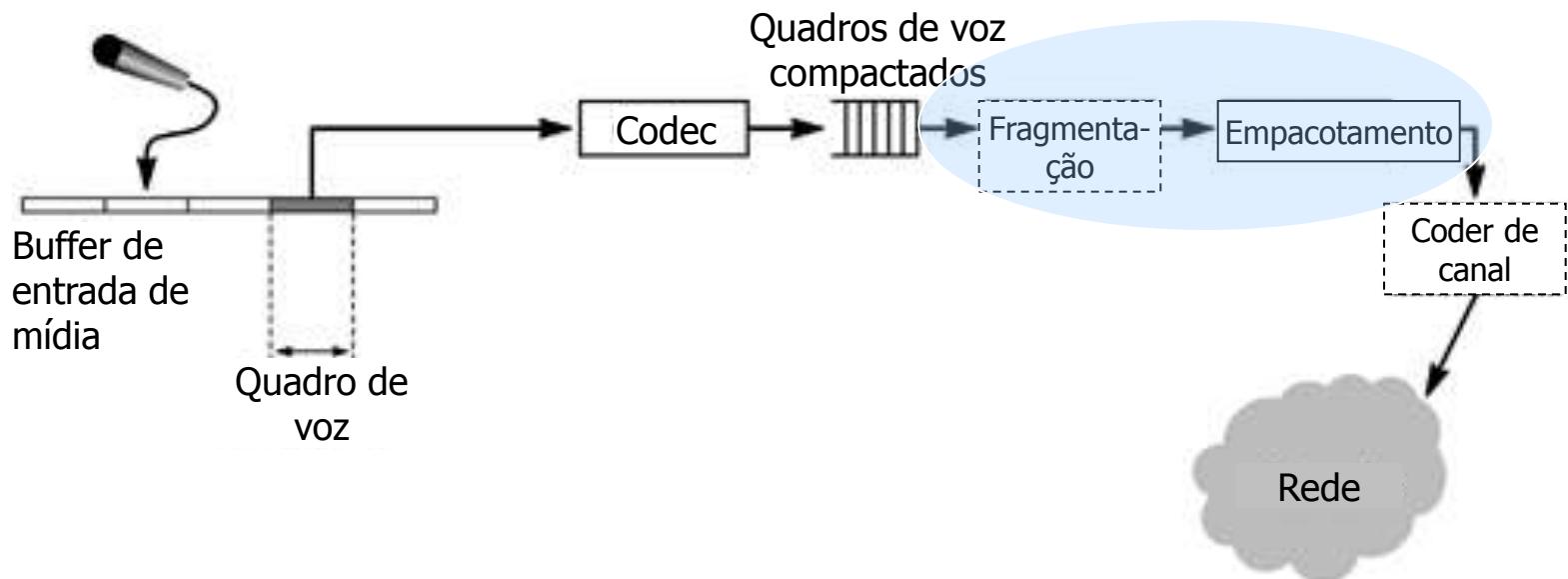
- Comportamento do emissor RTP
  - Buffer de entrada de mídia
    - Onde amostras de áudio ou vídeo não compactadas são bufferizadas
  - Codec
    - Quadros descompactados são compactados



# Protocolos RTP/RTCP

## Visão de uma implementação RTP

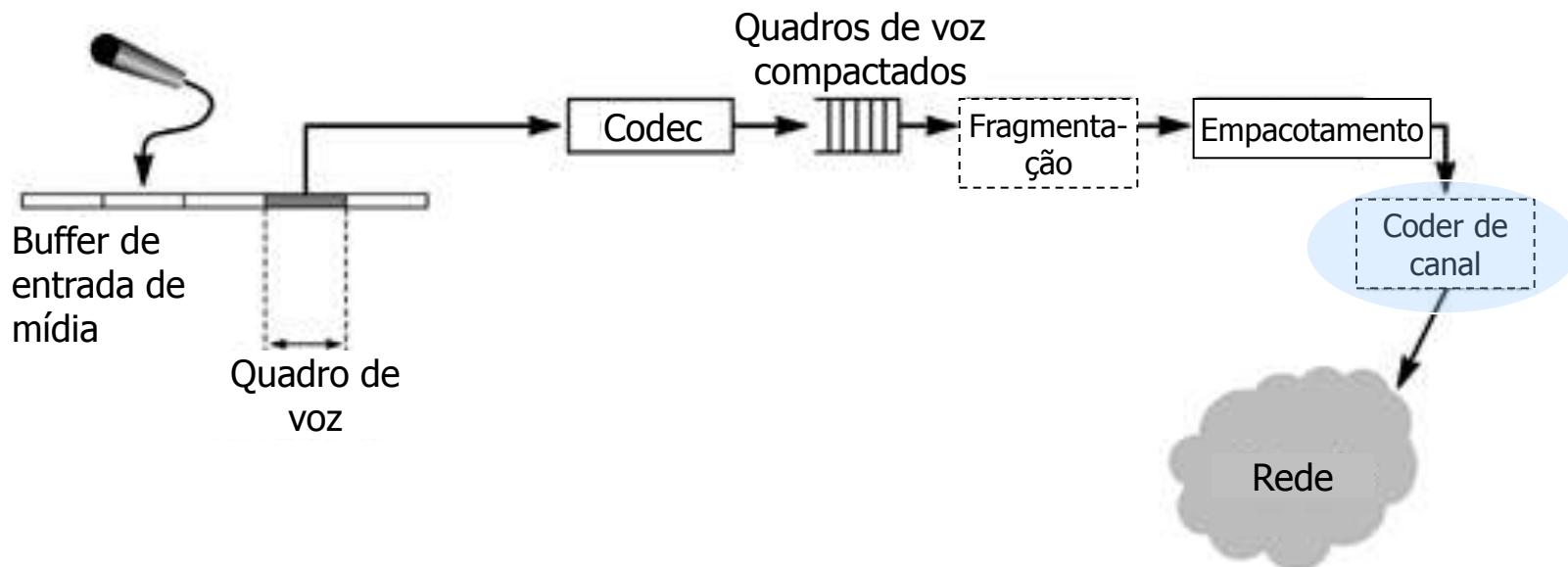
- Comportamento do emissor RTP
  - Empacotamento
    - Quadros compactados são carregados em pacotes RTP
    - Se os quadros são grandes, eles podem ser fragmentados em vários pacotes RTP (como é o caso do vídeo)
    - Se eles são pequenos, vários quadros podem ser juntados em um mesmo pacote RTP



# Protocolos RTP/RTCP

## Visão de uma implementação RTP

- Comportamento do emissor RTP
  - Codificador de canal (channel coder)
    - Pode ser usado para gerar pacotes de correção de erros ou rearranjar os pacotes antes da transmissão.



# Protocolos RTP/RTCP

## Visão de uma implementação RTP

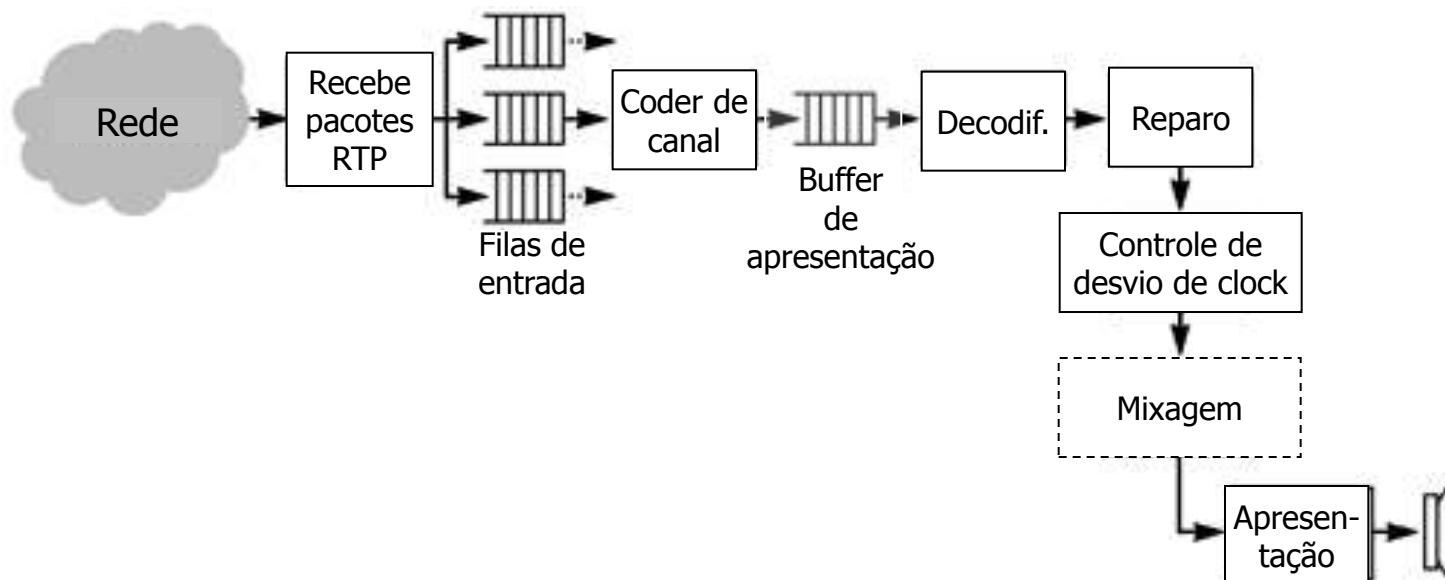
- Comportamento do emissor RTP
  - É responsável também pela geração de relatórios periódicos do estado do emissor
    - Um relatório para cada um dos fluxos de mídia que ele está gerando
    - Neste relatório são incluídas informações necessárias à sincronização labial
  - Recebe relatórios do receptor
    - Que são realimentações quanto à qualidade de recepção e podem ser úteis para adaptar sua transmissão

# Visão de uma implementação RTP

- **Responsabilidades do receptor RTP**
  - Apresentar as mídias
    - coletar pacotes RTP da rede,
    - corrigir qualquer perda,
    - reordenar no tempo as mídias,
    - descompactar as mídias, e
    - apresentar o resultado ao usuário.
  - Enviar relatórios de qualidade ao emissor
    - Permitindo que o emissor realize operações de adaptações na mídia transmitida para o receptor
  - Manter uma base de dados dos participantes da sessão.

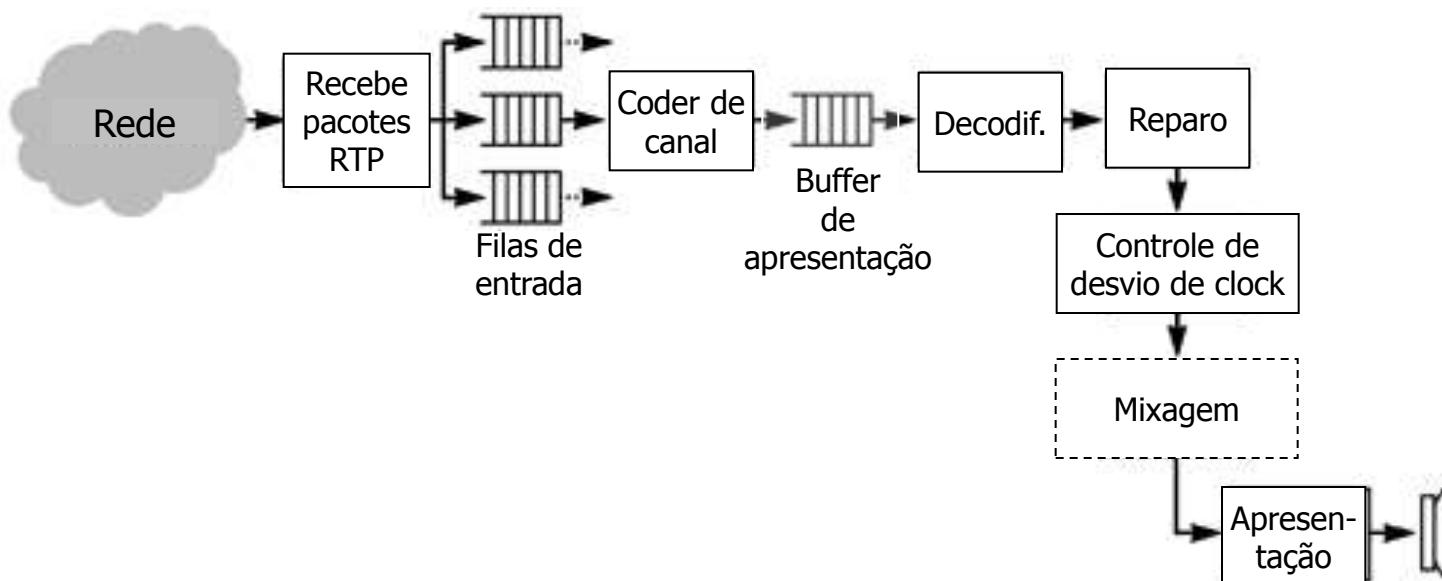
# Visão de uma implementação RTP

- Comportamento do receptor RTP
  - Primeiros passos
    - coletar pacotes da rede, validar e inseri-los em uma fila de entrada específica do emissor
  - Codificador de canal
    - Rotina de codificação de canal opcional para corrigir perdas
    - Após os pacotes são inseridos em um buffer de apresentação específico da fonte



# Visão de uma implementação RTP

- Comportamento do receptor RTP
  - No buffer de apresentação
    - Pacotes são ordenados através das suas marcas temporais
      - Corrigindo quaisquer perdas de ordenamento introduzido durante o transporte
    - Pacotes permanecem no buffer de apresentação até que os quadros completos tenham sido recebidos
    - Pacotes são adicionalmente bufferizados para remover qualquer variação de atraso causada pela rede

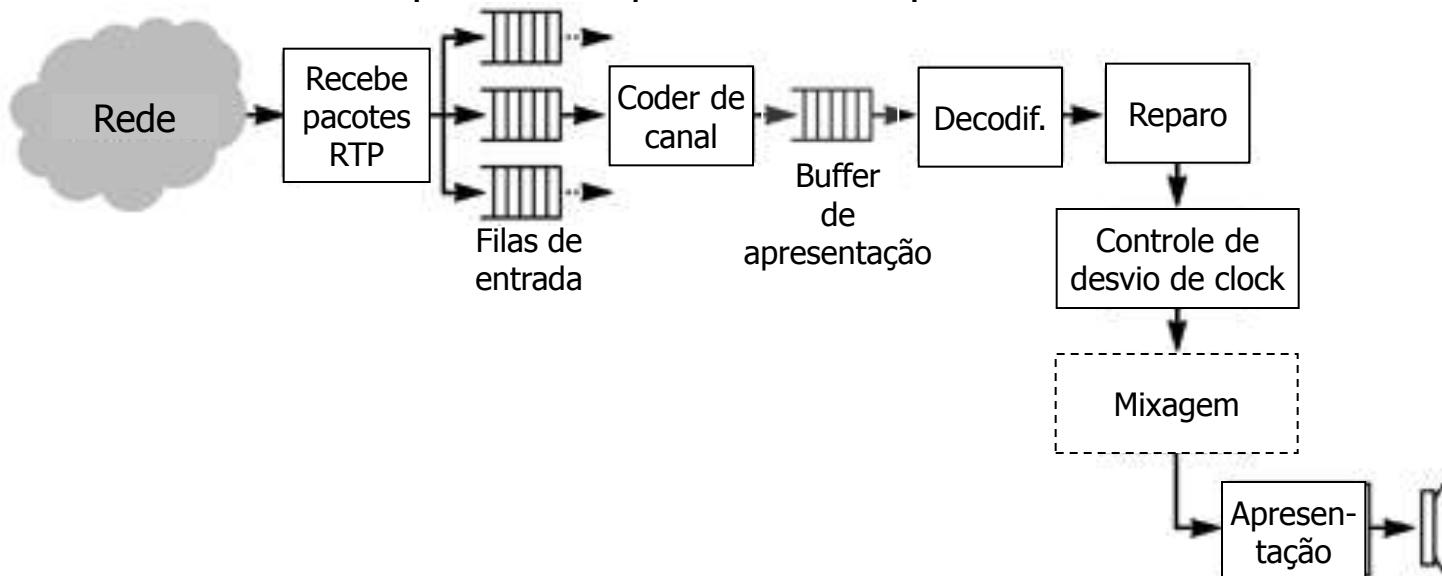


# Visão de uma implementação RTP

- Comportamento do receptor RTP

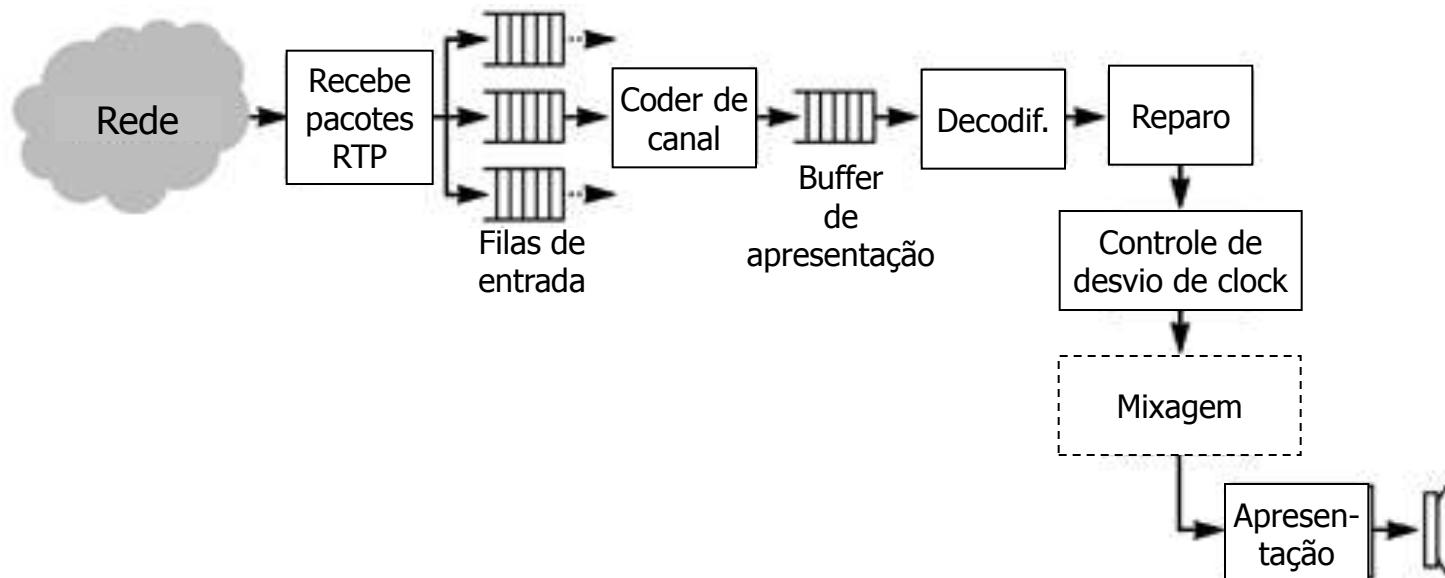
- Buffer de apresentação

- Cada pacote é marcado com um tempo de apresentação desejado para o quadro correspondente
      - Cálculo do atraso a ser adicionado é um dos aspectos mais críticos no projeto de uma implementação RTP
    - Quando o tempo de apresentação é alcançado
      - Pacotes são agrupados para formar quadros completos, e qualquer falha ou perdas de quadros são reparadas



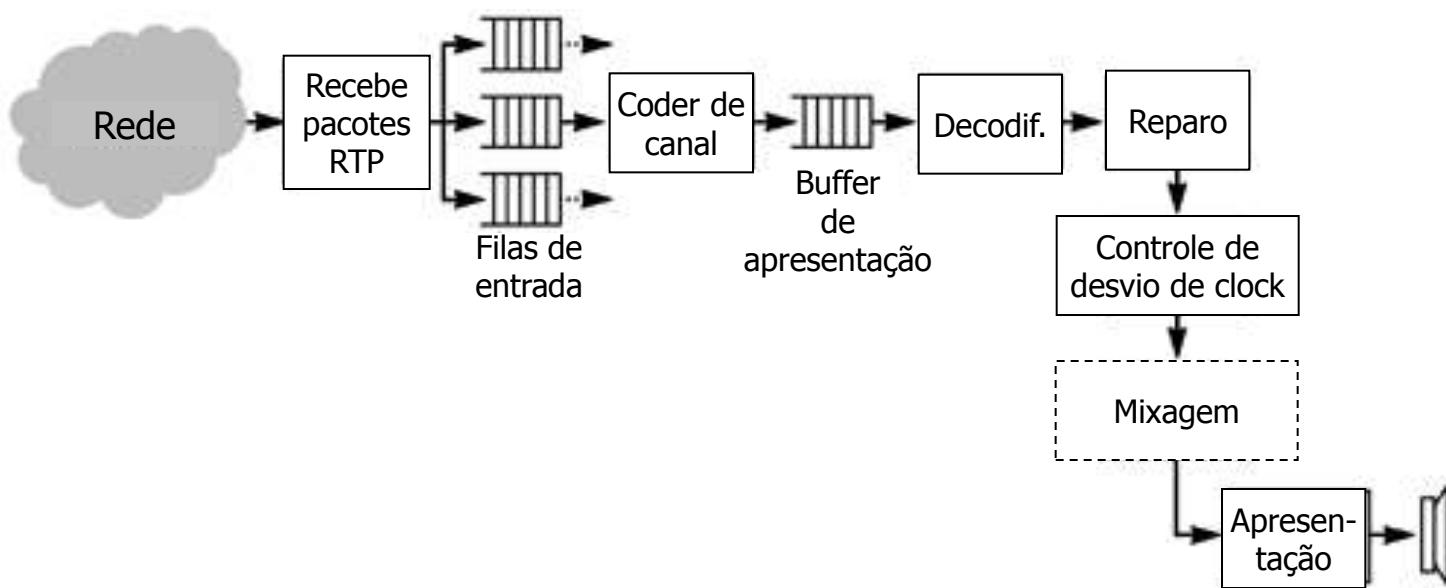
# Visão de uma implementação RTP

- Comportamento do receptor RTP
  - Reparos
    - Realizam correções nos quadros
  - Correção de desvios de relógio
    - Pode ser observável diferenças na taxa do relógio nominal no emissor e no receptor
      - se manifestam como diferenças no valor do relógio de mídia RTP e o clock de apresentação.
    - Receptor deve compensar este desvio para evitar lacunas na apresentação



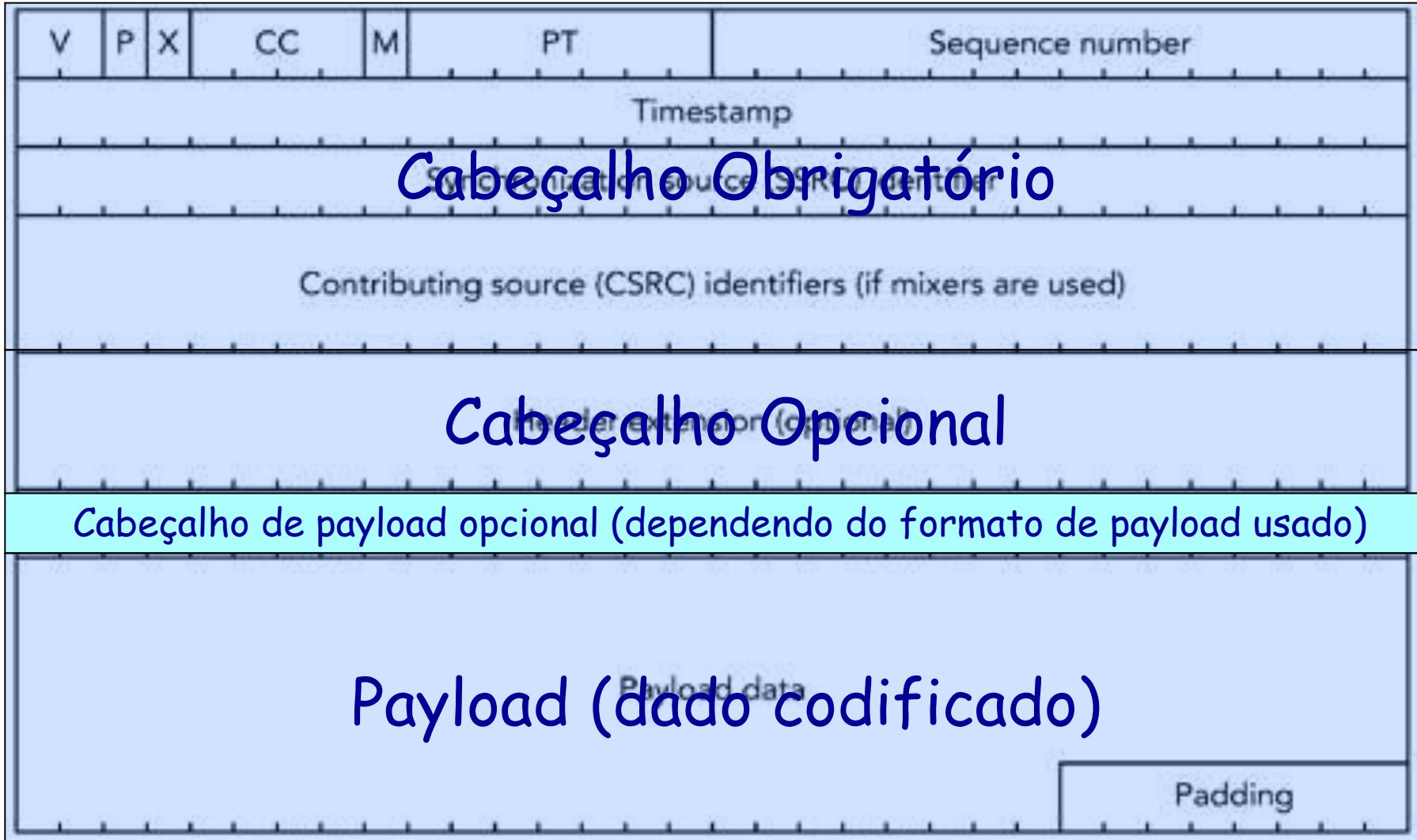
# Visão de uma implementação RTP

- Comportamento do receptor RTP
  - Apresentação ao usuário
    - Pode ser possível apresentar cada uma das mídias independentemente
      - Dependendo do formato da mídia e do dispositivo de saída
      - Vários fluxos de vídeo são apresentados em diferentes janelas
    - Pode ser necessário mixar a mídia de todas as fontes em um único fluxo para apresentação
      - Combinando várias fontes de áudio para apresentação em um único conjunto de alto-falantes.



# Protocolo de Transferência de Dados RTP

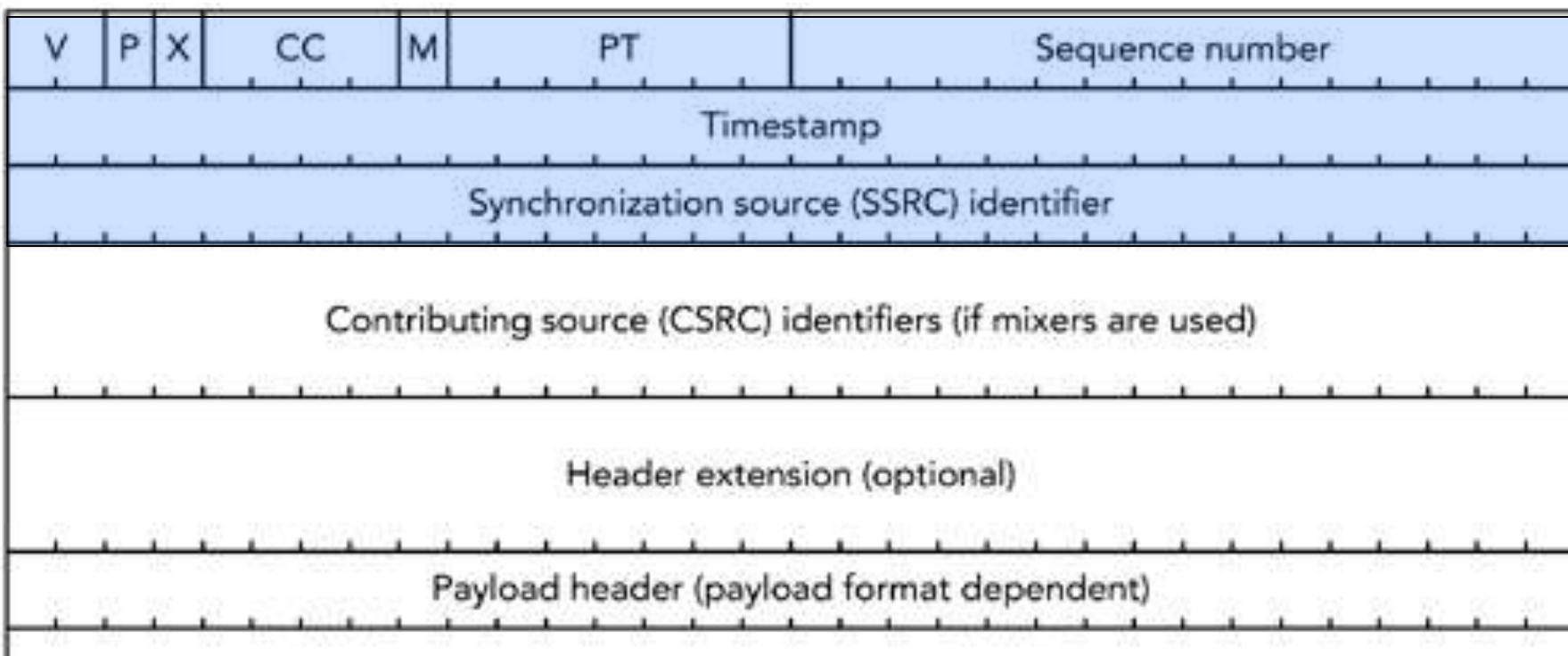
- Cabeçalho RTP



# Protocolo de Transferência de Dados RTP

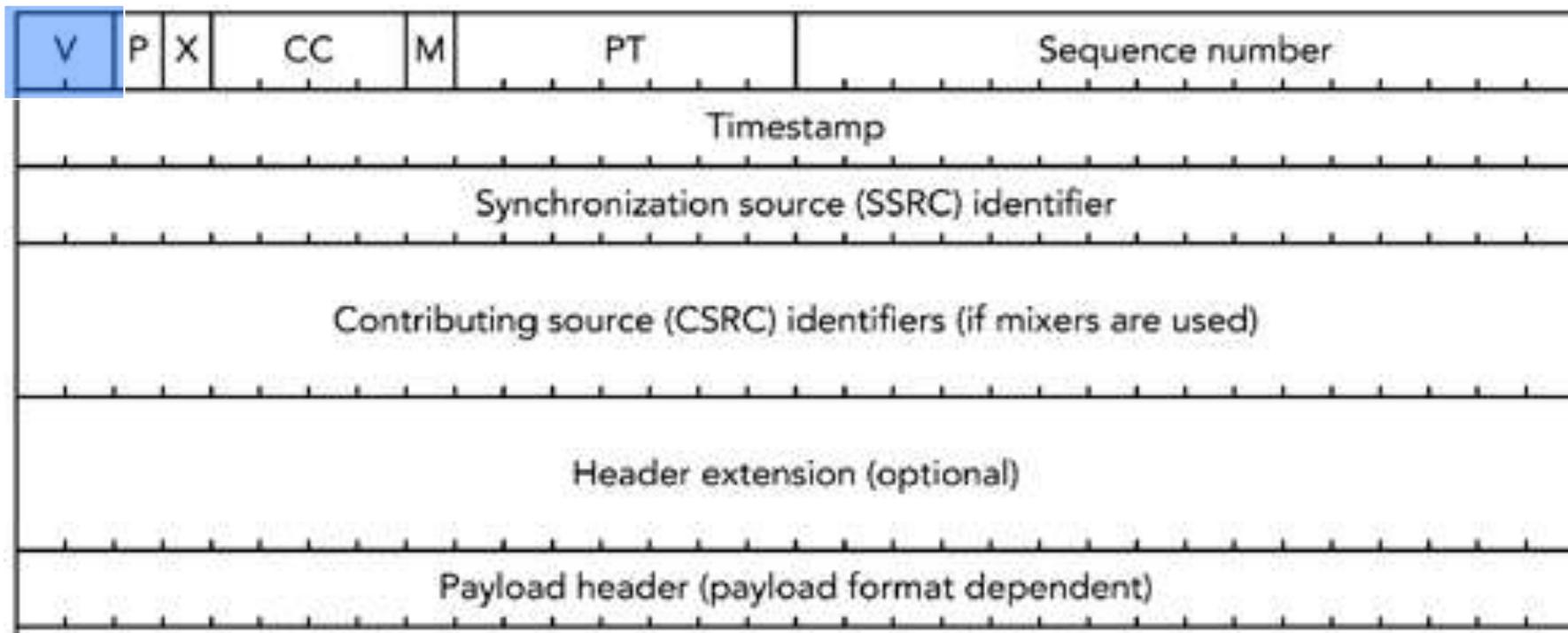
- Cabeçalho RTP

- Tem um tamanho típico de 12 bytes
  - Embora ele possa conter uma lista de fontes contribuintes que pode estender este tamanho de 4 a 60 bytes
  - Mas na VoIP em geral este campo não é usado



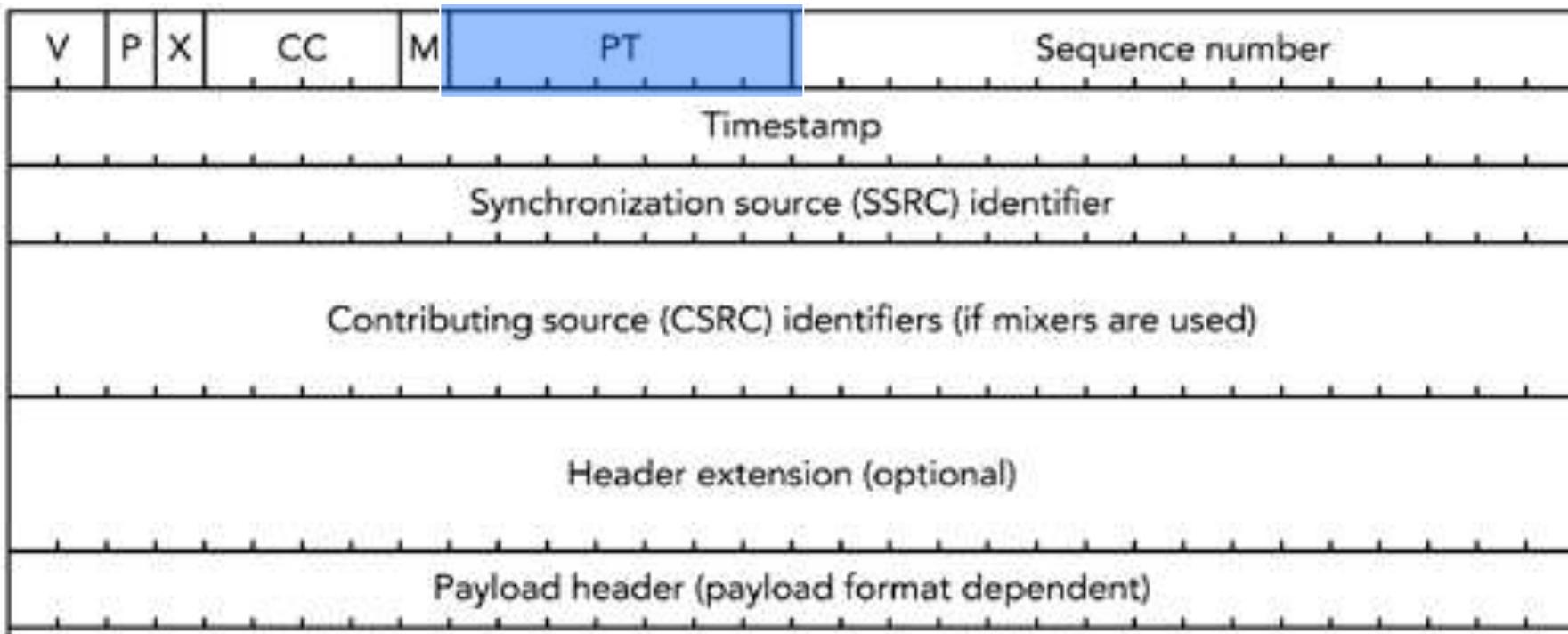
# Protocolo de Transferência de Dados RTP

- **Version (V, 2 bits)**
  - Identifica a versão utilizada do padrão RTP
    - Valor 2 é a versão atual
    - Valor 1 é a primeira versão do draft
    - Valor 0 é a versão inicialmente implementada pela ferramenta de áudio vat



# Protocolo de Transferência de Dados RTP

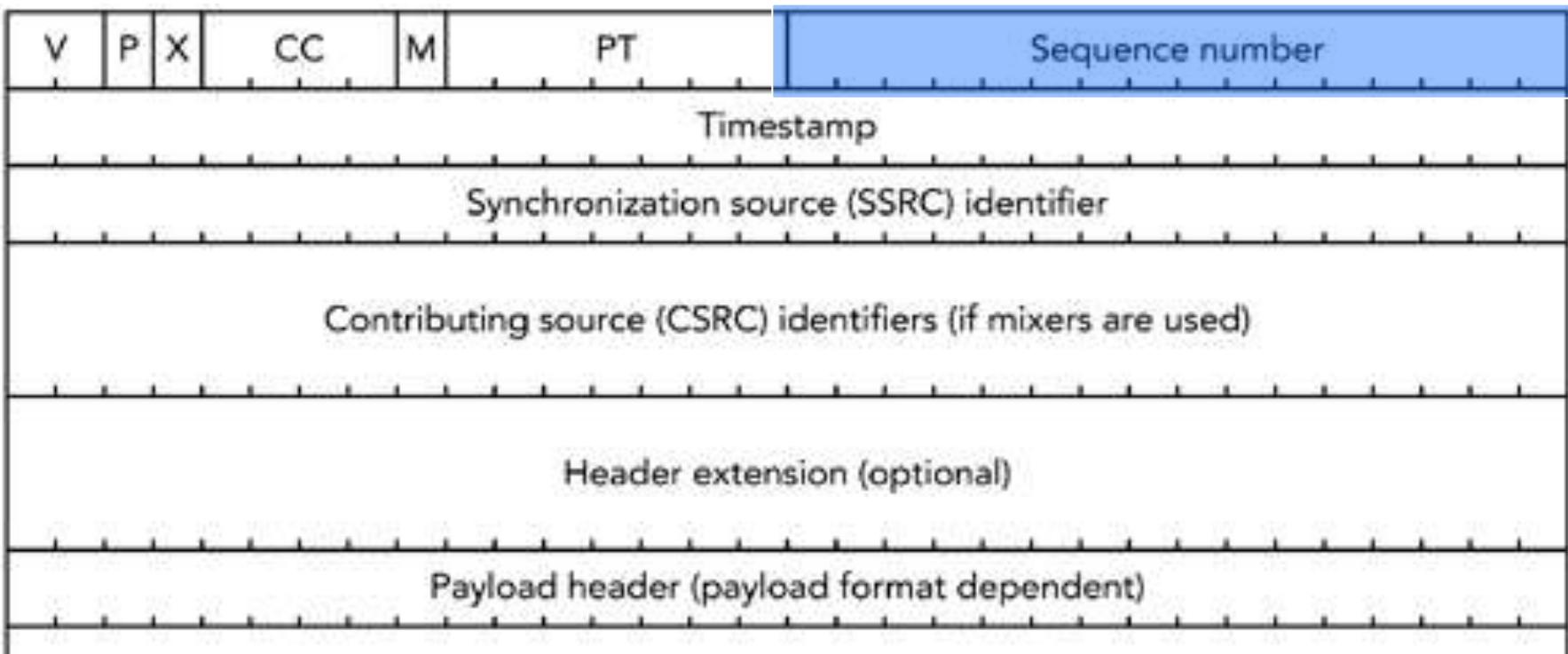
- **Payload type (PT, 7 bits)**
  - Identifica o tipo de mídia transportada no pacote RTP
  - Aplicação receptora examina o tipo de payload para determinar como tratar o dado
    - passando este para um decodificador adequado



# Protocolo de Transferência de Dados RTP

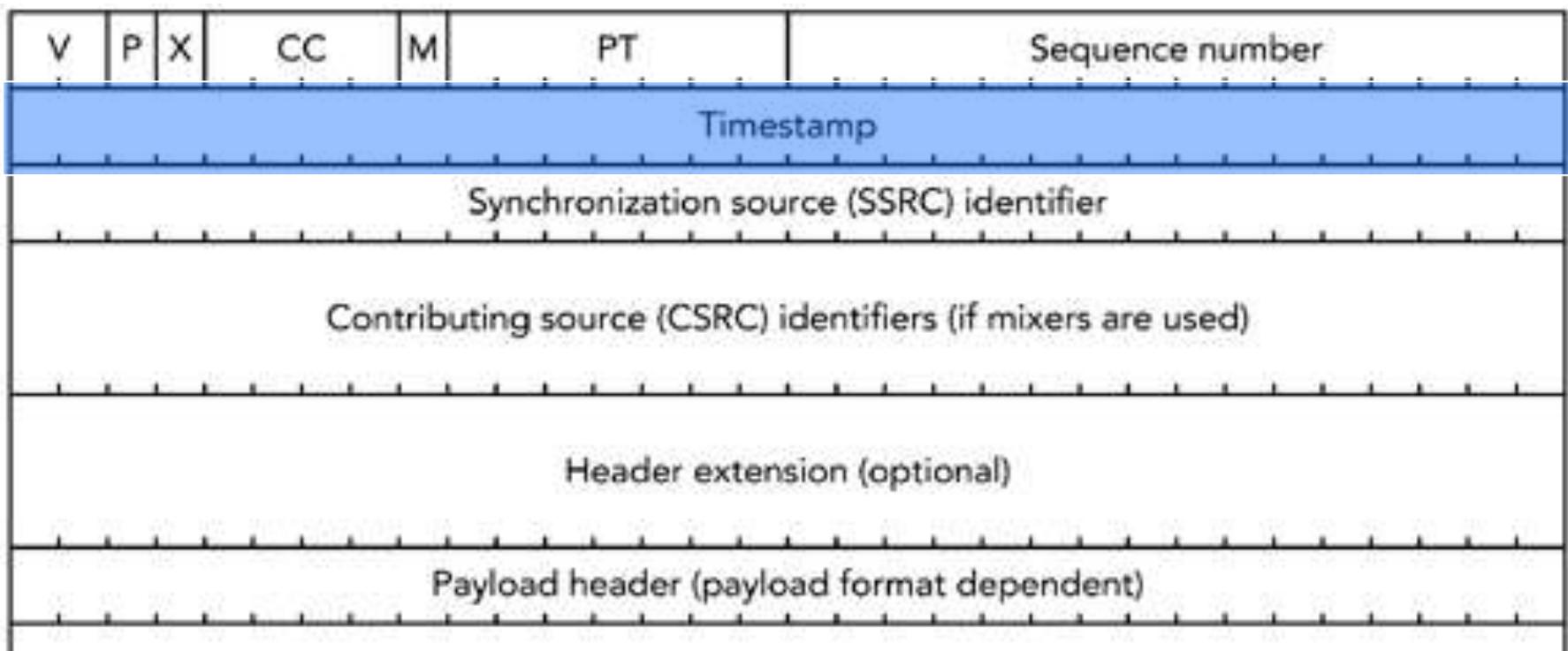
- **Sequence Number (16 bits)**

- Contém o contador de número de seqüência dos pacotes RTP
  - é incrementado por um para cada pacote enviado
- Usado para ao receptor identificar
  - O pacote
  - A perda de pacote



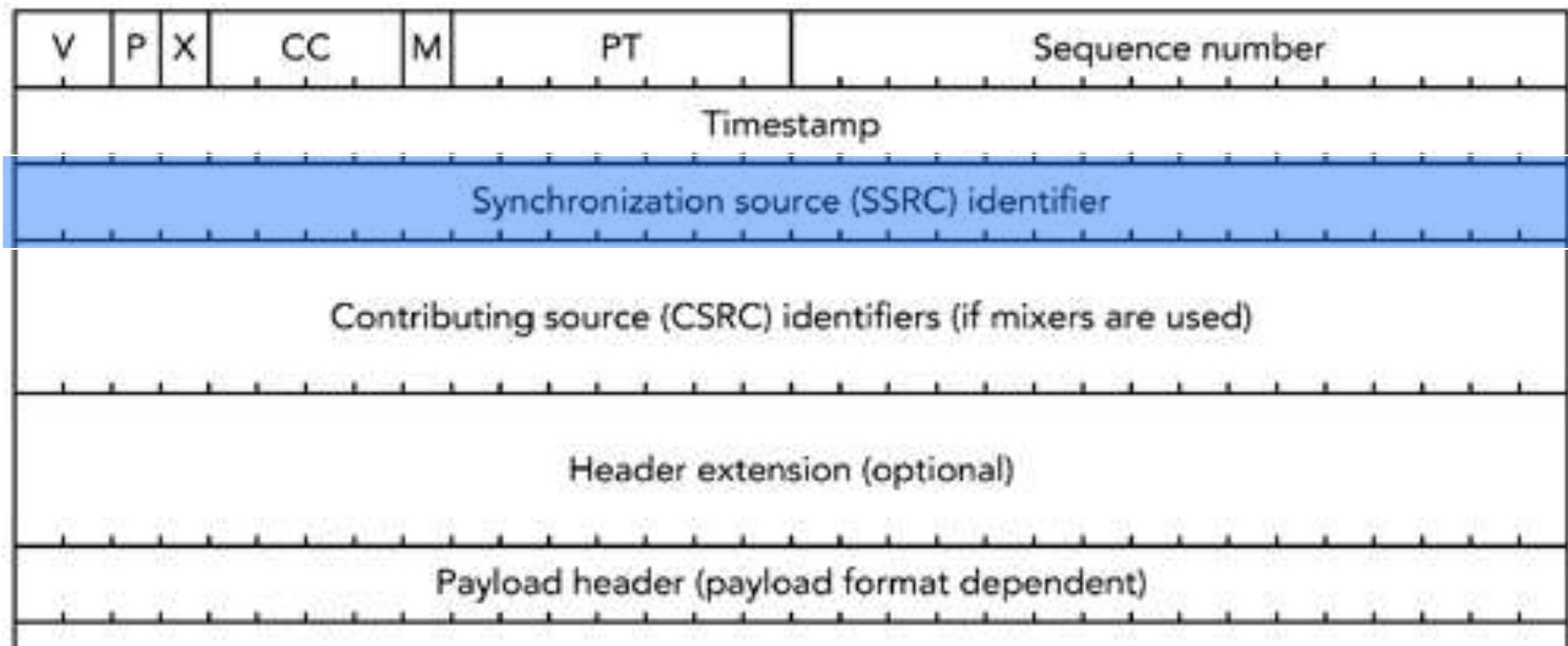
# Protocolo de Transferência de Dados RTP

- **Timestamp (32 bits)**
  - Mantém o instante de amostragem do primeiro octeto da mídia no pacote (da primeira amostra de voz)
  - É um número inteiro não sinalizado de 32 bits
    - que incrementa numa taxa dependente da mídia e reinicia quando chega à zero



# Protocolo de Transferência de Dados RTP

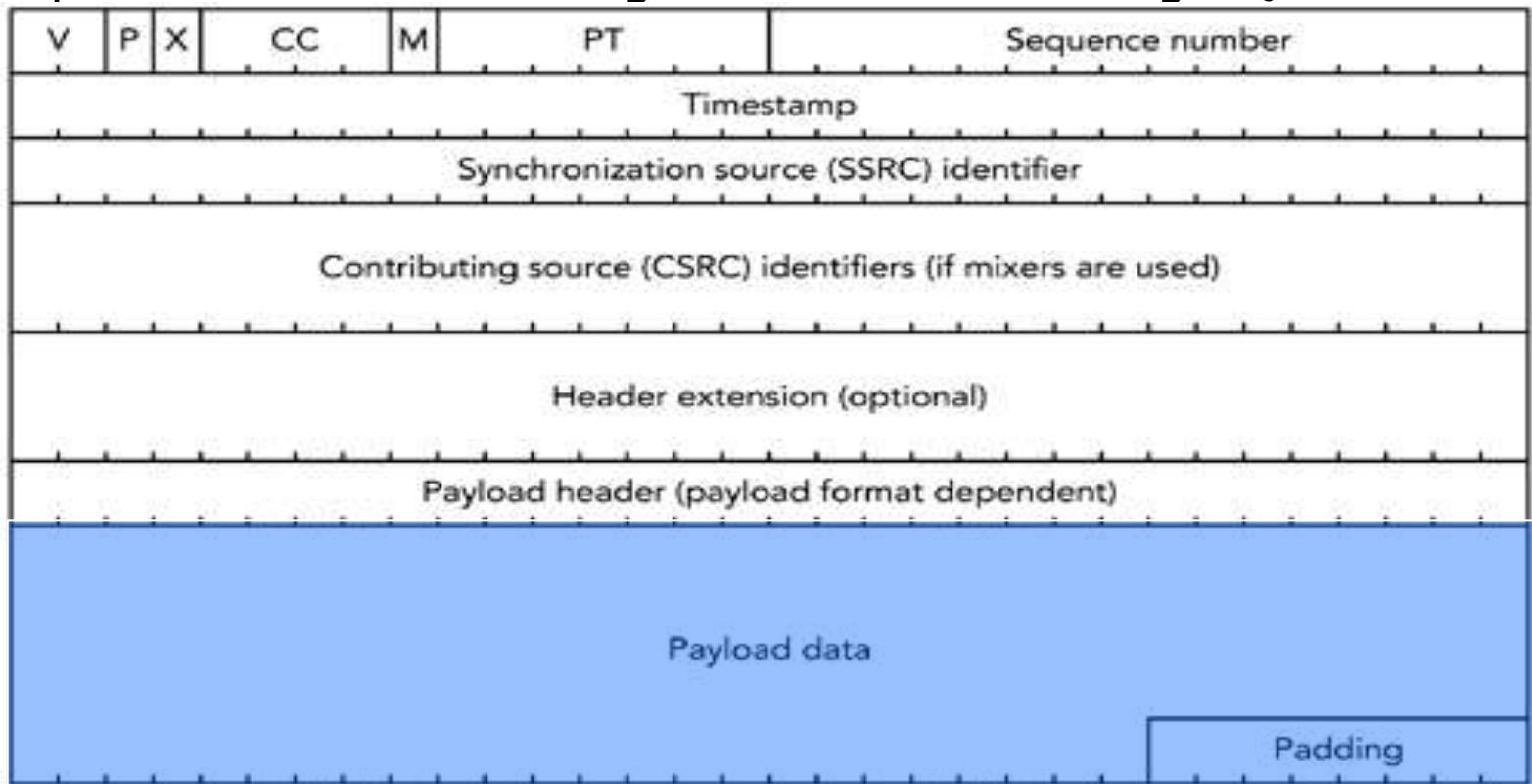
- **Fonte de sincronização SSRC (32 bits)**
  - Identificam os participantes dentro de uma sessão RTP
    - Um identificador que é mapeado em um nome canônico, CNAME, através do protocolo RTCP
  - Um número inteiro de 32 bits
    - escolhido aleatoriamente pelos participantes quando eles se juntam na sessão



# Protocolo de Transferência de Dados RTP

- **Payload**

- Contém um ou mais quadros de áudio e partes de quadros (ou quadro inteiro) de vídeo
  - posicionados logo após o cabeçalho RTP
- Tamanho e formato do payload dependem do formato de payload e parâmetros de formato negociados durante a configuração da sessão



# Protocolo de Controle RTP (RTCP)

- Pacotes de controle contêm relatórios (de emissores e receptores)
  - Monitoramento de QoS e Controle de Congestionamento
    - Membros da sessão emitem periodicamente relatórios para todos os emissores contendo o número de sequência do último dado recebido, número de pacotes perdidos, e uma medida da variação temporal entre recepções e marcas temporais
      - necessários à estimativa do atraso de transmissão entre emissores e receptores
  - Sincronização intermídia
    - Aplicações que enviaram dados recentemente emitem um relatório que contém informações úteis para a sincronização intermídia
      - Tempo real e uma marca temporal correspondente
      - Permitem a sincronização de mídias diferentes, como a sincronização labial.
  - Identificação da fonte
    - Pacotes de dado RTP não identificam a fonte
    - mensagem RTCP contém o e-mail do usuário emissor e opcionalmente outras informações (nome, endereço, telefone).

# Componentes essenciais da telefonia IP

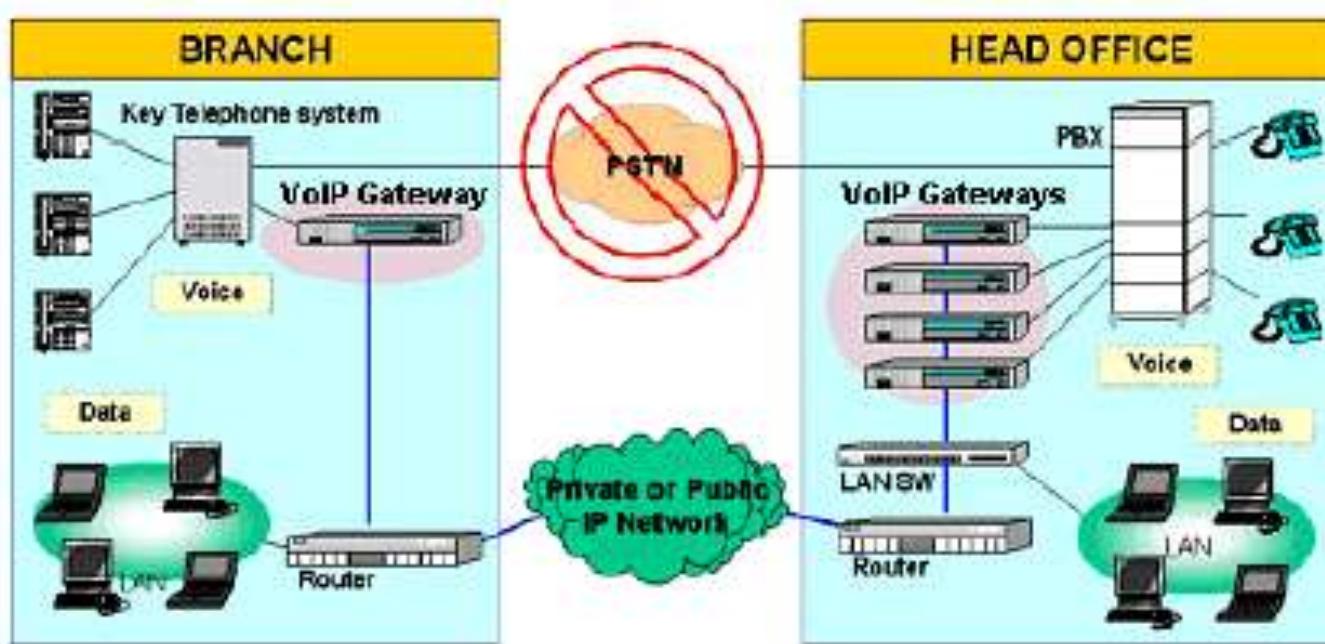
- Para criar um sistema de VoIP
  - Diversos componentes devem ser adquiridos, instalados e configurados
  - Tipos de componentes necessários dependem da forma como a VoIP é implantada
- Esta parte...
  - Apresenta os elementos essenciais de algumas soluções para a implantação da VoIP
    - Estas soluções são passos em um caminho para a migração gradual à VoIP

# Componentes essenciais da telefonia IP

- Possíveis etapas da implantação de VoIP
  - Solução Toll Bypass usando Gateways
    - Gateways VoIP
    - Roteador IP ou VoIP
  - Incorporando Fones IP
    - Equipamentos do Usuário (Fone IP, Softphone, Telefone Conv.)
    - LAN Switch
    - PBX IP
    - Servidores de telefonia IP
  - Remoção do PBX convencional

# Solução Toll Bypass usando Gateways

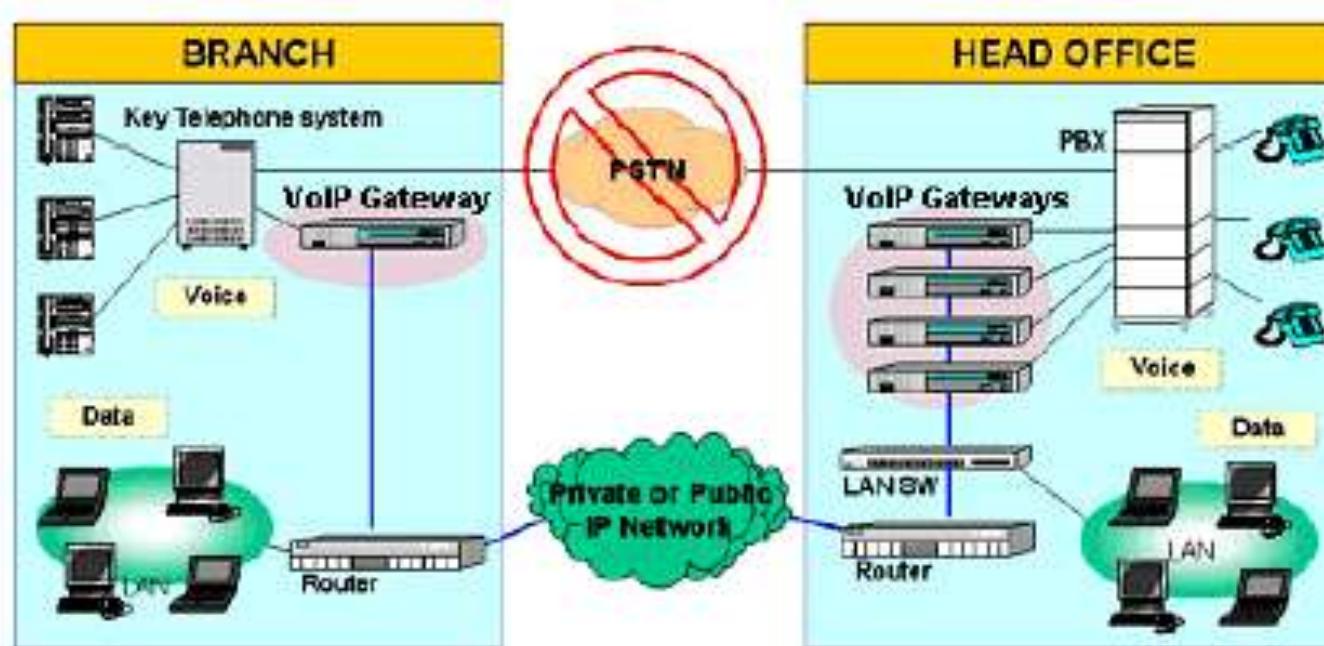
- Primeiro estágio de implantação da Telefonia IP
  - Rotear parte do tráfego de voz para a rede IP
    - Sem alterar os equipamentos de telefonia existentes (telefones, PBX e roteadores)
  - Elemento essencial: gateway VoIP
    - Dispositivo em si ou um módulo para o roteador
    - Necessário para converter o tráfego de voz vindo do PBX em pacotes IP para transmissão sobre a WAN baseada em IP, e vice-versa
  - Neste estágio: voz e dados deveriam ser apenas combinados nos enlaces WAN
  - Para realizar testes de transmissão da voz em enlaces WAN existentes



# Solução Toll Bypass usando Gateways

- **Na etapa de testes**

- Dois locais poderiam ser selecionados com um ou dois telefones cada
  - Gerenciadores de rede são então capazes de analisar o tráfego da WAN para verificar o impacto na utilização da largura de banda
- Adição incremental de mais telefones
  - Poderia permitir ao gerenciador da rede verificar a necessidade de largura de banda adicional
- Com os enlaces WAN transmitindo voz com sucesso
  - É possível implementar gerenciamento de QoS nos roteadores das duas extremidades para testar o impacto do tráfego de dados na qualidade da voz



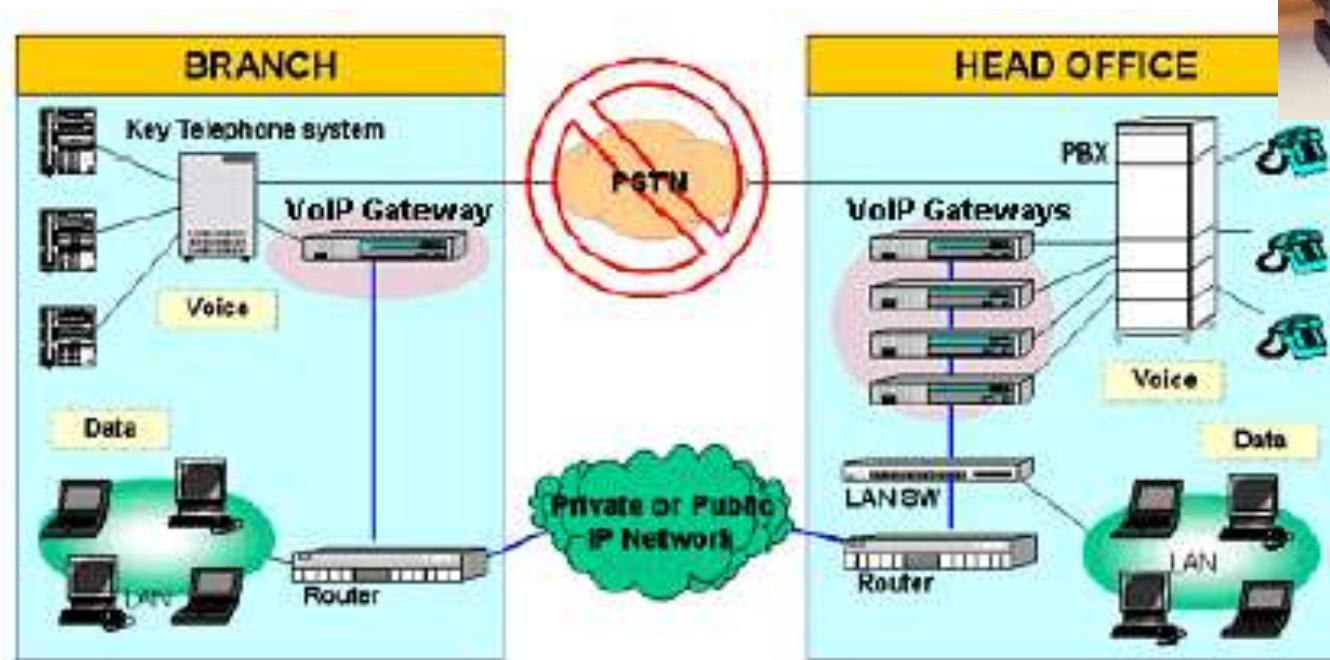
# Gateways VoIP

- Fornecem uma conexão entre a rede VoIP e a PSTN ou a um PBX
  - Oferece uma translação entre o domínio da comutação por circuito e comutação por pacotes.
  - Deve ter tanto interfaces para telefonia (POTS, T1/E1, ISDN, troncos E&M) e interfaces de rede de dados.
- Não é necessário apenas nesta primeira fase de implantação da VoIP
  - Sempre é necessário pois é óbvia a necessidade de manter disponível a possibilidade de fones IP chamarem telefones na PSTN e vice-versa.
- Podem ser implementados
  - Em PC com interface telefônica
  - Dispositivos externos standalone,
  - Módulos para roteadores,
  - Switches
  - Incorporados dentro de PBXs IP baseado em chassis



# Roteador VoIP

- Definem a rota do pacote de voz através da rede
- Pode ter integrado as funcionalidades de *Gateway VoIP (SwitchRouter Gateway IP)*
  - a partir da adição de módulos de voz (placas) são capazes de prover a interface de conexão entre o dispositivo de voz (PBX) e a rede de dados

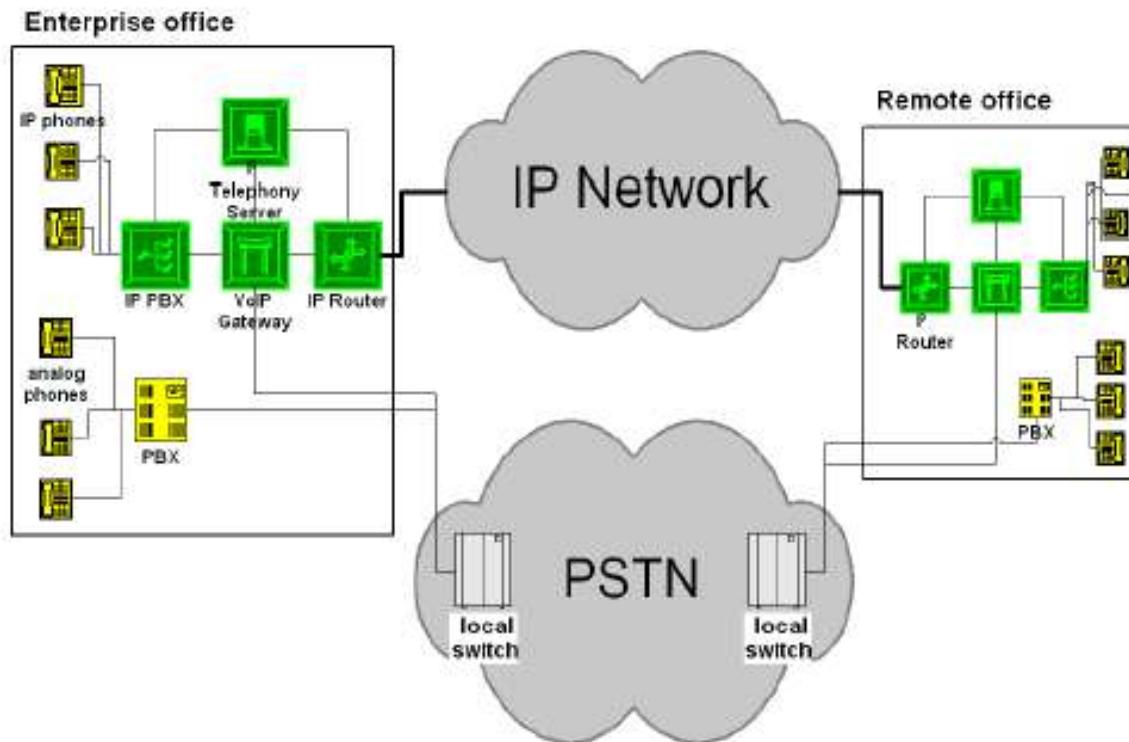


# Roteador VoIP

- **Qualidade das Chamadas**
  - Um aspecto crítico para manter a qualidade da chamada
  - Uso de um protocolo de roteamento moderno (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol - EIGRP) permite considerar o atraso quando do cálculo do melhor caminho
  - Quando se quer assegurar a priorização dos pacotes de voz em relação aos dados, é vital considerar as características de gerenciamento de QoS do roteador.
    - Arquiteturas de Qualidade de Serviços (QoS), como Serviços Diferenciados e Serviços Integrados/RSVP (Resource Reservation Protocol) podem ser usados para a reservas de recursos para garantir a qualidade de voz

# Incorporando Fones IP

- Segunda etapa da implantação da VoIP
  - Com a LAN já preparada para VoIP (hubs substituídos por switches 802.1p)
    - fones IP e PBX IP devem ser adquiridos e conectados na LAN
    - não alterando o PBX padrão e telefones convencionais



# Equipamentos do Usuário

- Dispositivo usado pelo usuário para fazer uso dos serviços de voz
  - telefone convencional ligado a um PBX (ou direto no gateway)
  - fone IP
    - terminal telefônico que tem suporte nativo a VoIP e pode ser conectado diretamente em uma rede IP.
  - softphone
    - uma aplicação de VoIP para computadores pessoais que simula o telefone real, requerendo apenas placa de áudio e headset

# Equipamentos do Usuário

- **Fones IP**
  - Novo dispositivo que causa alguma confusão entre usuários de telefones tradicionais
    - dispositivo se assemelhe a um telefone normal mas se conecta a uma LAN Ethernet
  - Após a configuração inicial
    - podem ser plugados e usados em qualquer LAN



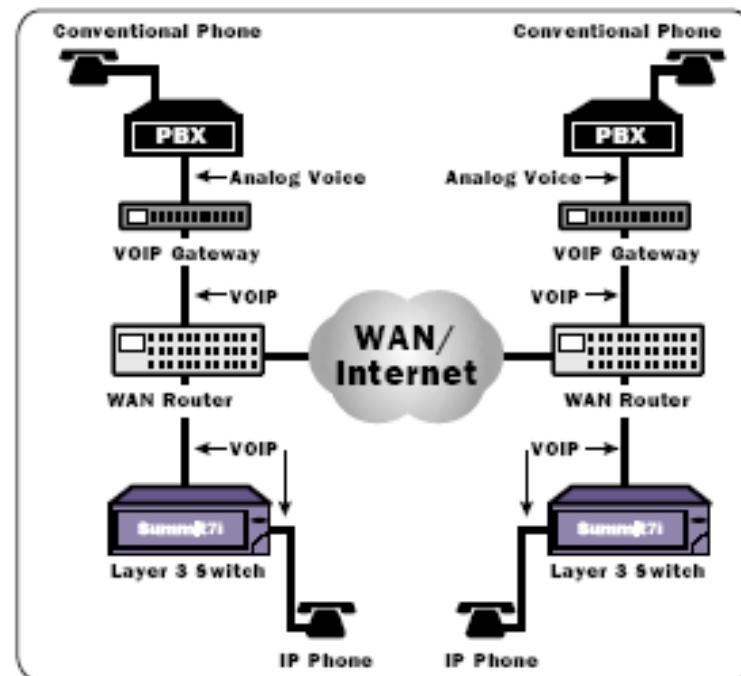
# Equipamentos do Usuário

- **Fones IP**
  - Alguns fones IP têm um hub embutido
    - permite a sua conexão à rede e a um PC
  - Normalmente necessitam de uma fonte de alimentação externa
    - mas alguns vendedores estão desenvolvendo switches que permitem alimentar os telefones via fios (não usados) no cabo UTP



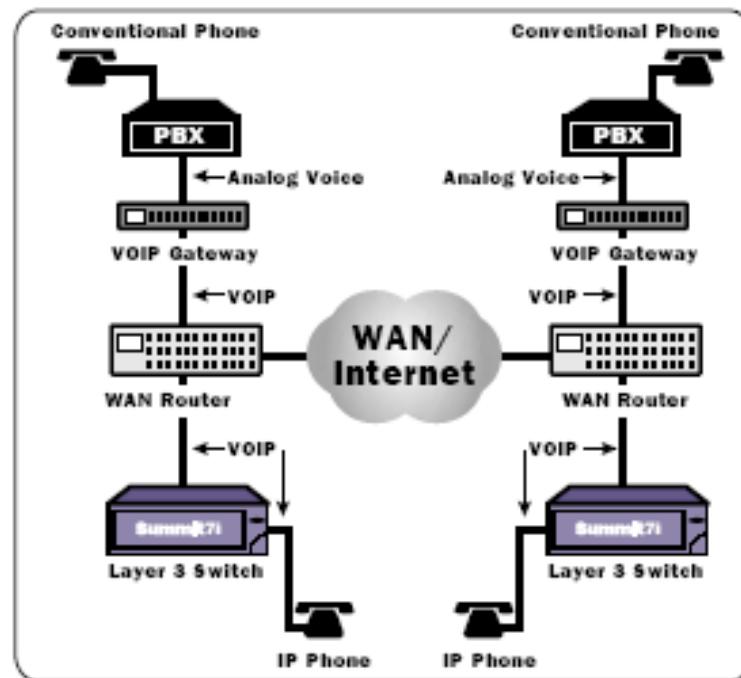
# LAN Switch

- Tráfego de/para o PBX é normalmente encaminhado por uma rede separada do tráfego de dados
  - Mas os tráfegos de/para os fones IP normalmente é encaminhado por uma rede convergente
- Para a implantação de redes convergentes
  - Uso de hubs deve ser extremamente evitado
    - pois existe a possibilidade de colisões de quadros e assim o aumento na latência e jitter.
  - Apenas LAN switch deveriam ser usadas com fones IP
    - No caso de redes LAN com grande volume de tráfego deve-se pensar em usar switch com suporte a QoS (tal como o padrão 802.1p)



# LAN Switch

- Redundância também é aspecto importante
  - Em um ambiente com apenas fones IP qualquer falha de um switch ou enlaces inter-switch poderia resultar na perda da conectividade do telefone
    - com potenciais prejuízos para a companhia.
  - Infra-estrutura LAN deveria ter enlaces inter-switch redundantes e mesmo switches redundantes.



# PBX IP

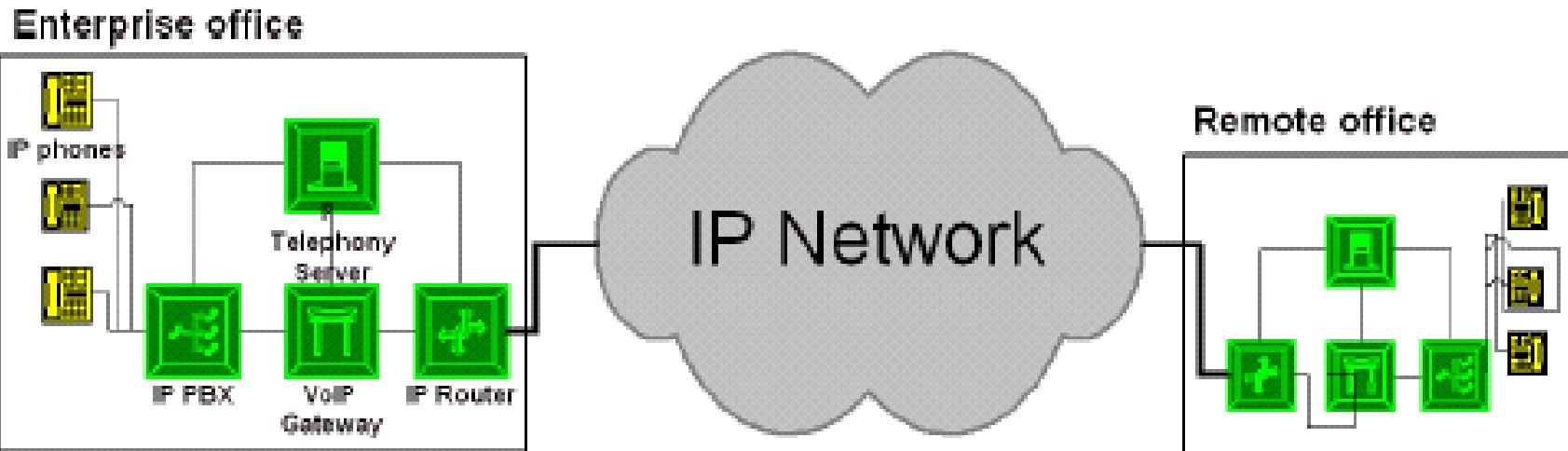
- **Na PSTN é normalmente um sistema “Caixa Fechada”**
  - que fornece todas as funções de voz e funcionalidades necessárias de maneira proprietária
  - gerenciamento da plataforma fechada é específica do vendedor do PBX.
- **PBX IP**
  - Também chamados de Unidade de Controle de Serviço (SCU - Service Control Unit) ou Gerenciador de Chamada (Call Manager)
  - Coração essencial do sistema VoIP e desempenha todas as funções de um PBX tradicional e novas funções
  - São plataformas abertas graças às vantagens da arquitetura TCP/IP
- **Funções**
  - Tradução de números de telefone e endereços IP
  - Gerencia as chamadas entre telefones
  - Implementa os recursos de PABX: transferência, conferência, música de espera, menus de voz interativos, caixa postal etc.
  - Executa aplicações de voz
    - como mail de voz, secretaria eletrônica e aplicações de call centers baseado na web.

# PBX IP

- Pode ser implementado ou em hardware ou software
  - Alguns vendedores oferecem implementações de software para plataformas padrões como Windows Servers
    - asterisk é um PBX IP de código aberto
  - Implementações de PBX IP em hardware são específicas de vendedores
  - Muito dos fabricantes de equipamentos de rede estão oferecendo sistemas integrados de telefonia IP
    - Compreendendo um sistema baseado em chassis com PBX IP e gateways VoIP e roteador
      - são também plataformas para mail de voz, secretaria eletrônica e aplicações convergidas de dados/voz baseada na Web.
    - Usualmente empacotados com fones IP
      - tornando eles uma proposta atrativa para os clientes que necessitam de soluções empacotadas para seus requisitos de VoIP

# Remoção do PBX convencional

- Com a migração para os fones IP completada
  - PBX tradicional pode ser removido e substituído com um tronco E1/T1 do gateway para a central (Local Exchange)
  - Serviço de comunicação de voz é totalmente oferecido pela VoIP
  - Mas sempre é necessário um gateway!



# Qualidade de Serviço em VoIP

- **Telefonia Tradicional usa TDM que assegura a qualidade**
  - Usuários estão acostumados com a qualidade oferecida
- **Modelo atual das redes IP é “melhor esforço”**
  - IP não considerou Qualidade de Serviço em sua definição original
  - A rede não oferece garantias de desempenho: vazão, atraso, variação de atraso, taxa de perda de pacotes
    - TCP oferece confiabilidade via retransmissão: mas não é aplicável para áudio ao vivo
- **Qualidade é um problema na VoIP**
  - Pois várias redes IP não oferecem qualidade
  - Para qualidade de serviço de voz
    - É importante escolher o codec
    - É importante reduzir a latência, jitter, tratar perdas de pacotes

# Telefonia Tradicional: Referencial de QoS

- **Requisitos de QoS para VoIP**
  - Disponibilidade do serviço deve ser próxima a 100%
  - Deve fornecer boa qualidade da voz
  - Deve fornecer as mesmas funcionalidades às quais os usuários estão acostumados (sinal de ocupado, transferência de ramal, etc.)
- **Antes de implantar VoIP em uma rede**
  - É recomendado a realização de testes para verificar a qualidade da chamada
    - É quase certo que uma rede de dados precisará de modificações para garantir uma boa qualidade de chamada telefônica VoIP
  - Existem ferramentas para avaliar a qualidade que uma rede de dados pode oferecer
    - Entretanto são caras (Chariot é US\$ 5.000,00)

# Avaliando a qualidade de voz

- Mean Opinion Score (MOS)
  - Desde que a telefonia foi inventada o teste da qualidade de chamada é subjetiva
    - tirar o fone do gancho e ouvir a qualidade da voz
  - MOS: a principal medida subjetiva da qualidade
    - recomendação ITU P.800
    - Técnica: grupo de pessoas ouve o áudio e dá sua opinião sobre a qualidade da chamada
      - nível de qualidade de voz é medido por uma escala de cinco pontos
  - Valores obtidos através do MOS são subjetivos
    - experiência e herança cultural das pessoas e mensagens que elas ouvem são fatores importantes na determinação da medida do MOS.

# Avaliando a qualidade de voz: MOS

- Scores MOS

Nota	Significado
1	<b>Ruim:</b> ininteligível, não é possível entender a mensagem decodificada.
2	<b>Pobre:</b> sinal possui interrupções devido às degradações, tem-se que fazer um esforço considerável para entender alguns trechos
3	<b>Moderado:</b> qualidade da voz é ruim, as degradações incomodam, porém não tem interrupções e ainda consegue-se entender a mensagem (requer esforço moderado)
4	<b>Bom:</b> voz é agradável de se ouvir - percebe-se degradações mas não chegar a incomodar
5	<b>Excelente:</b> não se percebe a degradação do sinal (nenhum esforço é requerido)

# Avaliando a qualidade de voz: MOS

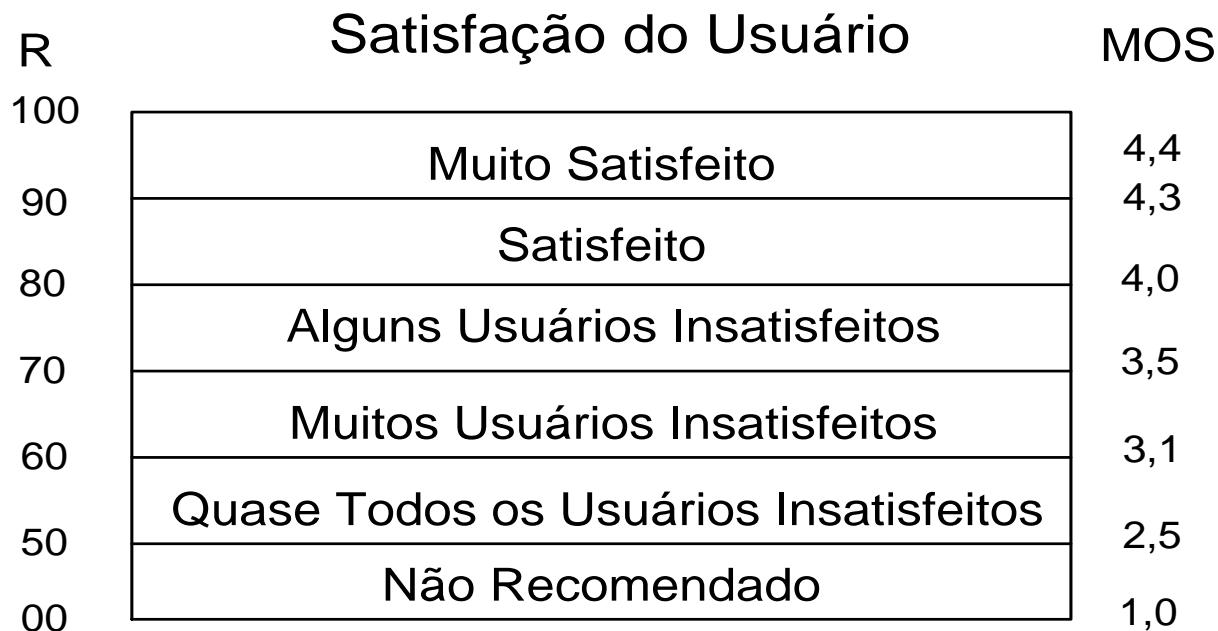
- **Deficiência do MOS**

- Tem o inconveniente de ser difícil e dispendioso de executar
  - Necessidade de se formar um grupo de pessoas toda vez que for preciso fazer um ajuste na qualidade da chamada
- Procedimento tornou-se desnecessário com a definição de medidas de qualidade de chamada objetivas
  - PSQM/PSQM+: Perceptual Speech Quality Measure;
  - MNB: Measuring Normalized Blocks;
  - PESQ: Perceptual Evaluation of Speech Quality;
  - PAMS: Perceptual Analysis Measurement System;
  - E-Model

# Avaliando a qualidade de voz: E-Model

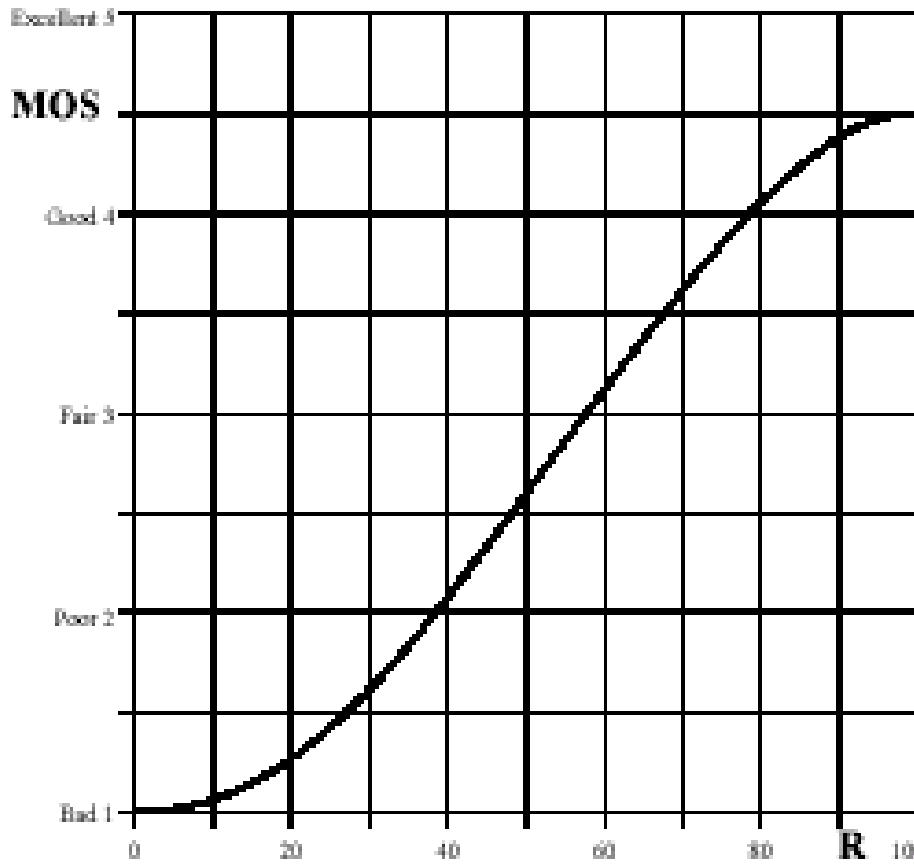
- **E-Model: A Abordagem Tiphon para VoIP**

- Modelo computacional que avalia os efeitos combinados de diversos parâmetros de transmissão, que afetam a qualidade conversacional na telefonia
- E-Model resulta em um número chamado de **fator R**
  - Derivado do atrasos e fatores de deterioração causados pelos equipamentos e pela rede
- Fator R varia de 100 (excelente) até 0 (pobre)
  - MOS varia de 5 a 1



# Avaliando a qualidade de voz: E-Model

- Escala MOS pode ser derivada do fator R
  - De maneira quase linear



# Avaliando a qualidade de voz: E-Model

- **Cálculo do Fator R**

- $R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A$ , onde:
- $R_0 = 100$  (Transmissão perfeita, sem degradação)
- $I_s$  = soma de todas as degradações da voz que podem ocorrer na transmissão
  - Incluindo a taxa de perda de pacotes, a perda de pacotes em rajadas e a perda devido a overflow de buffer de jitter;
  - ruído; reprodução de sons captados pelo próprio telefone; distorção gerada pela quantização e codificação da voz
- $I_d$  = distorção causadas pelo atraso fim-a-fim introduzido
  - Perdas por eco
- $I_e$  = degradação introduzida pelo equipamento
  - Dependente do codec
- $A$  = fator de vantagem
  - Por exemplo, usuários de telefonia celular estão dispostos a aceitar uma qualidade menor devido a conveniência da mobilidade.
  - Seu valor é 0 para a maioria das avaliações.

# Avaliando a qualidade de voz: E-Model

- **Codec influencia na qualidade**
  - Quanto maior a taxa de compressão maior é a perda da sua inteligibilidade
    - codecs com baixa velocidade de conversão de sinal degradam muito mais a qualidade da fala percebida do que codecs de alta velocidade

Codec	Taxa de bits no codec	Tamanho do pacote de voz	Atraso do algoritmo	Atraso de bufferização	Atraso na fonte	MOS
G.711	64 kbps	20 ms	0,125 ms	40 ms	20 ms	4,2 a 4,7
G.726-32	32 kbps	15 ms	0,125 ms	30 ms	20 ms	3,9 a 4,2
G.728	16 kbps	20 ms	0,625 ms	40 ms	20 ms	3,7 a 4,3
G.729	8 kbps	20 ms	5,0 ms	40 ms	25 ms	3,9 a 4,2
G.729A	8 kbps	20 ms	5,0 ms	40 ms	25 ms	3,7 a 4,2
G.723.1m	6,3 kbps	30 ms	7,5 ms	60 ms	37,5ms	3,8 a 4,0
G.723.1a	5,3 kbps	30 ms	7,5 ms	60 ms	37,5ms	3,3 a 3,7

# Qualidade de Voz oferecida pela rede

- Para a instalação dos serviços de VoIP é necessário inicialmente aferir a qualidade da rede de computadores
  - Pode-se gerar tráfegos de teste simulando conversações de voz
    - é necessário agora aferir a qualidade de voz obtida (considerando apenas a influência da rede)
  - Pode-se verificar a qualidade de voz que se obtêm com base nos parâmetros de desempenho de rede
    - Pode-se usar a tabela derivada do projeto Tiphon

Categorias de Qualidade	Atraso fim a fim	Média das perdas de pacotes	Variação do atraso	Satisfação do Usuário
Melhor	< 150 ms	00%	0 ms	Muito Satisfeito
Alto	< 250 ms	03%	75 ms	Satisfeito
Médio	< 350 ms	15%	125 ms	Alguns Usuários Insatisfeitos
Baixo	< 450 ms	25%	225 ms	Muitos Usuários Insatisfeitos

# Efeito do Melhor Esforço: Atraso

- Relação entre a qualidade e atraso (ITU-T)
  - Valores maiores que 450ms de atraso
    - É intolerável para ambas as partes da comunicação
    - Valores altos de atraso gera uma conversa half-duplex
      - Uma das partes fala, a outra ouve e são feitas pausas de modo a garantir que cada parte já falou
    - Se as pausas não são bem sincronizadas
      - Cada parte acaba “tropeçando” na fala da outra
      - Reduzindo com isto a qualidade da conversação.

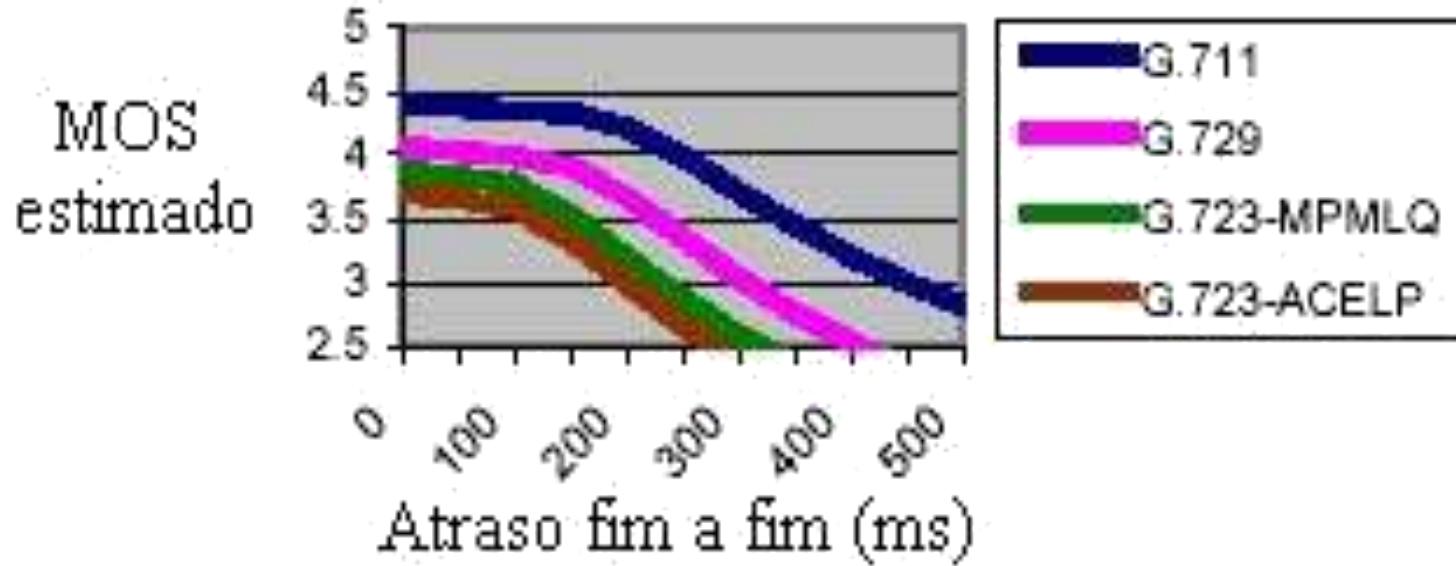
Excelente	Bom	Regular	Pobre	Inaceitável
0	150	250	350	450 ms

# Efeito do Melhor Esforço: Atraso

- **Consequências do atraso**
  - Eco
    - Se torna um problema quando o atraso ida-e-volta é maior que 50ms
    - Sistema de VoIP deve incluir mecanismos para cancelar o eco.
  - Sobreposição de fala
    - É quando os pares falam simultaneamente, sendo que um ouvirá a voz do outro após uma latência unidirecional grande
    - Percebido com atrasos maiores que 250ms.

# Efeito do Melhor Esforço: Atraso

- Influência na qualidade percebida depende do codec

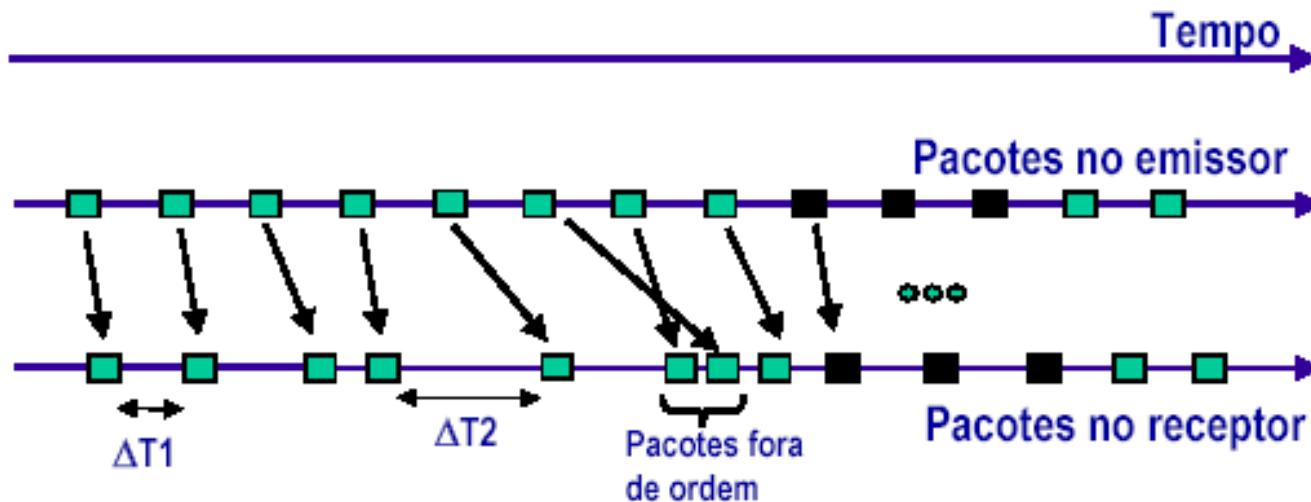


Codec	Taxa de bits no codec	Tamanho do pacote de voz	Atraso do algoritmo	Atraso de bufferização	Atraso na fonte	MOS
G.711	64 kbps	20 ms	0,125 ms	40 ms	20 ms	4,2 a 4,7
G.729	8 kbps	20 ms	5,0 ms	40 ms	25 ms	3,9 a 4,2
G.723.1m	6,3 kbps	30 ms	7,5 ms	60 ms	37,5ms	3,8 a 4,0
1 G.723.1a	5,3 kbps	30 ms	7,5 ms	60 ms	37,5ms	3,3 a 3,7

# Efeito do Melhor Esforço: Jitter

## • Efeitos do Jitter

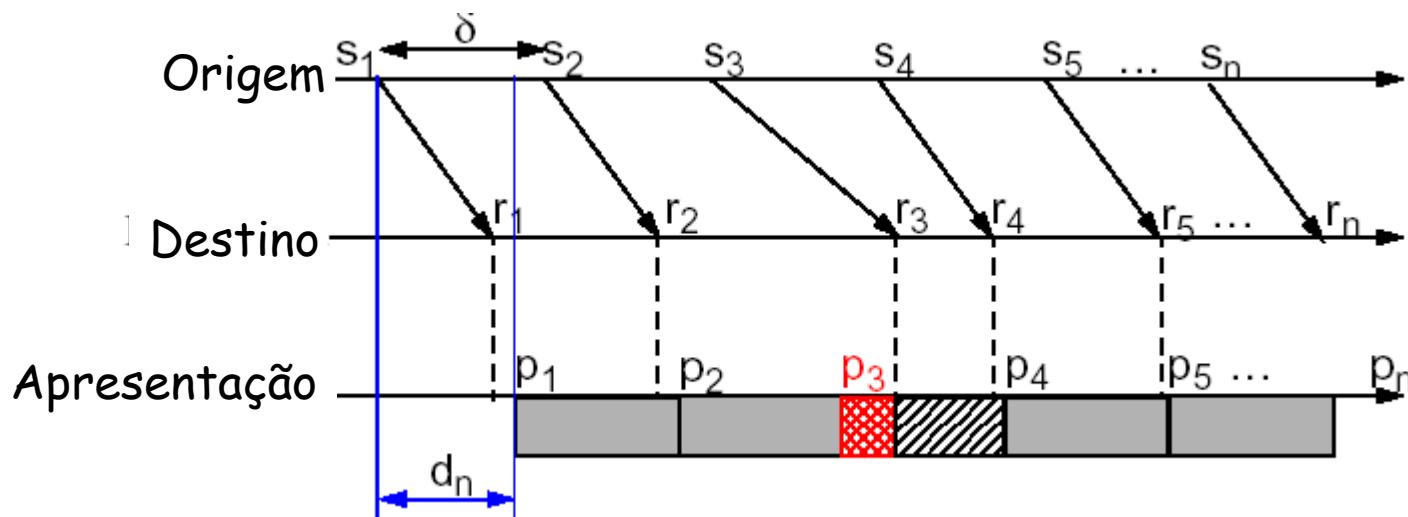
- Entrega com periodicidade variável
- Entrega de pacotes fora de ordem.
- Se não for tratado provoca perda de sincronização



# Efeito do Melhor Esforço: Jitter

- **Buffer de apresentação**

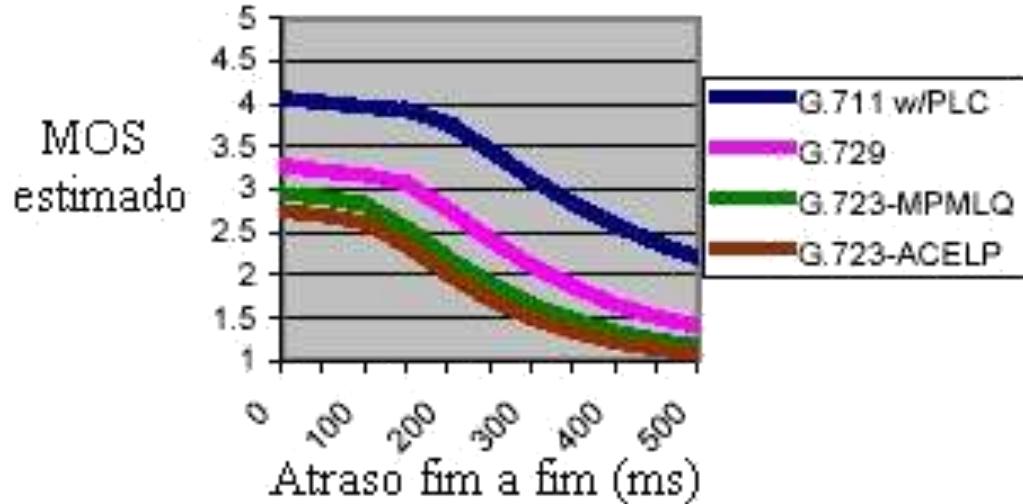
- Se um datagrama chega muito cedo ou muito tarde, pode não haver espaço para ele no buffer de jitter e ele será descartado
  - Efeito da variação de atraso pode ser similar ao efeito da perda de pacotes.
- Gateways e outros produtos de telefonia incluem um buffer de jitter selecionável
  - Pode ser programado de 0 (desabilitado) a 255ms ou mais
  - Quando se ativa o buffer: pode melhorar a pureza do som, contudo isto aumenta o atraso fim-a-fim da voz



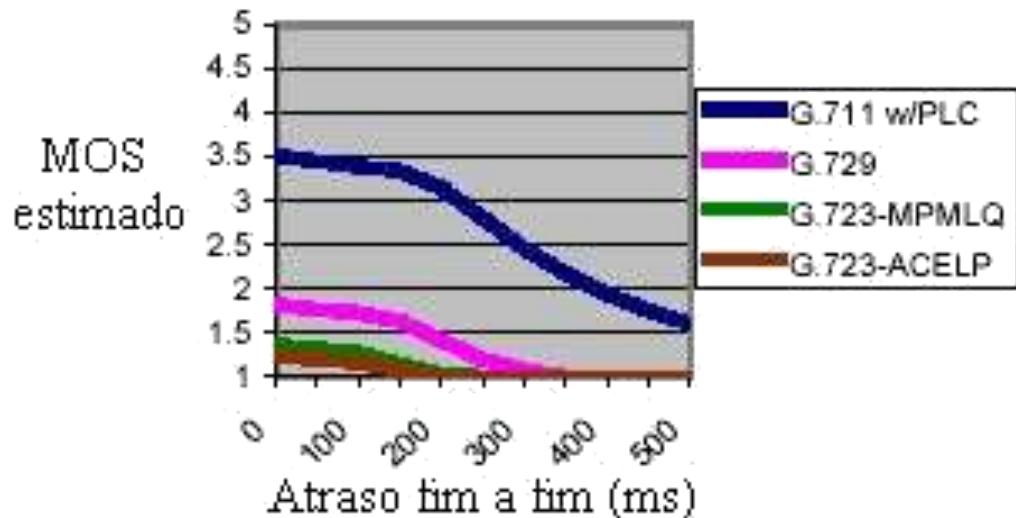
# Efeito do Melhor Esforço: Perdas de Pacotes

- **Codecs e Perdas**

- Qualidade com perdas de pacotes aleatórias de 5%

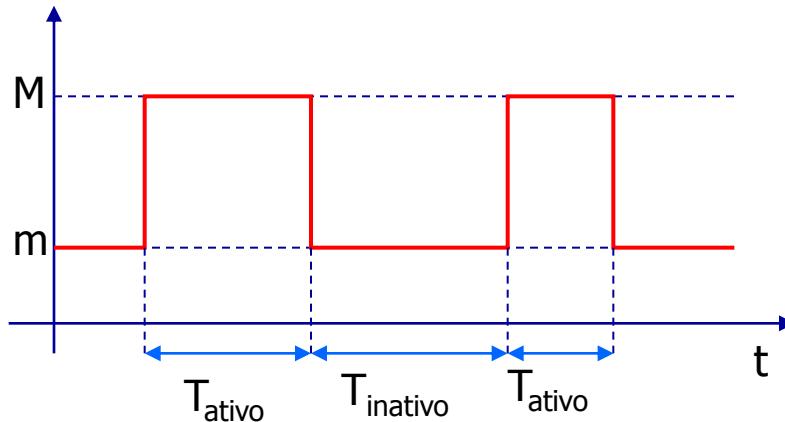


- Qualidade com perdas em grupo de 5%



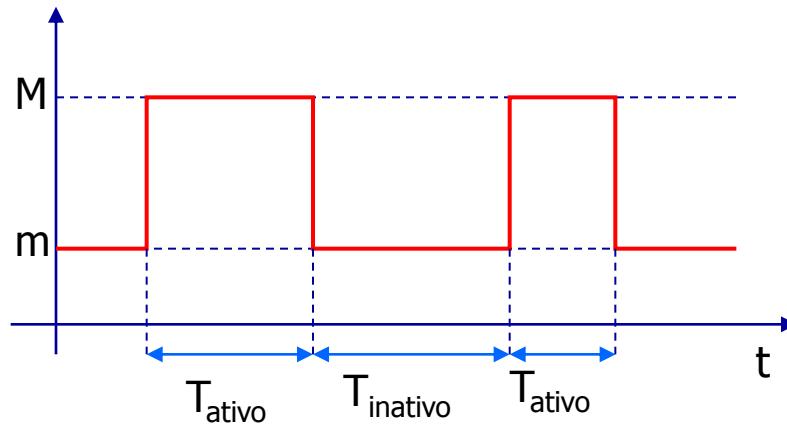
# Dimensionando a Largura de Banda

- Representando as chamadas de voz (com supressão do silêncio)
  - Alguns trabalhos modelam o tráfego gerado pela VoIP como sendo on-off
    - Taxa gerada é considerada com um valor  $m$  kbps durante os períodos de silêncio e de  $M$  kbps durante as falas
  - Índice de atividade “ $a$ ”
    - $a = (T_{ativo}) / \text{soma}(T_{inativo} + T_{ativo})$
    - Um bom valor médio geralmente é 0,35
      - Para maior garantia deve-se considerar  $a=0,5$ .



# Dimensionamento a Largura de Banda

- **Largura de Banda usada por N conversações**
  - Quando houver N conversações simultâneas não correlacionadas em uma mesma conexão
    - Elas normalmente não estarão todas simultaneamente ativas
    - Com isto a largura de banda exigida será menor que  $N \cdot M$ .
    - Quando N é grande
      - Largura de banda exigida será N vezes a taxa de transmissão de bits média de uma conversação:
      - Largura de banda =  $N \cdot (aM + (1-a)m)$ .



# Dimensionamento a Largura de Banda

- **Largura de Banda usada por N conversações**
  - Quando houver N conversações simultâneas não correlacionadas em uma mesma conexão
    - Largura de banda =  $N*(aM+(1-a)m)$ .
    - Exemplo:
      - Para 30 chamadas, considerando o codec G.723.1
        - »  $M=14,83 \text{ kbps}$ ,  $m=3,73 \text{ kbps}$ ,  $a = 0,5$
      - Banda necessária =  $30*(0,5*14,83+(1-0,5)*3,73) = 278,7 \text{ kbps}$

