

Voz sobre IP – VoIP

Redes Multimídia

Prof. Emerson Ribeiro de Mello

Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC
campus São José
mello@ifsc.edu.br

09 de novembro de 2011



① Introdução

② Protocolos para Aplicações de Tempo Real

- Introdução

- Real-Time Transport Protocol – RTP

- Real-time Transport Control Protocol – RTCP

③ Proposta para VoIP

- Session Initiation Protocol

- Session Description Protocol

- H.323



① Introdução

② Protocolos para Aplicações de Tempo Real

Introdução

Real-Time Transport Protocol – RTP

Real-time Transport Control Protocol – RTCP

③ Proposta para VoIP

Session Initiation Protocol

Session Description Protocol

H.323



- **Voz sobre IP (VoIP)** é termo dado ao uso de redes TCP/IP para o transporte da voz
 - Exemplo de aplicações: Microsoft Netmeeting, EyeBall Chat, Skype, Ekiga
- O termo **telefonia IP** consiste em um serviço completo de telefonia que faz uso de redes TCP/IP
 - Geralmente os termos VoIP e telefonia IP são usados como sinônimos



- Apesar de existir há um bom tempo, a Voz sobre IP vem se mostrando como uma alternativa real para substituir as redes públicas de telefonia comutada (RPTC)
 - Redução de custo através do uso de uma única rede IP para o transporte de dados e voz



- Apesar de existir há um bom tempo, a Voz sobre IP vem se mostrando como uma alternativa real para substituir as redes públicas de telefonia comutada (RPTC)
 - Redução de custo através do uso de uma única rede IP para o transporte de dados e voz
- A redução de custos com serviços de telefonia não é único fator positivo dessa mudança
 - Centro de chamadas (*call centers*) integrados
 - Comunicações de forma unificada
 - Voz, vídeo, dados
 - Subsistemas multimídias IP
 - Dispositivos móveis, redes 3G



- Se por um lado uma solução VoIP possui diversos atrativos, por outro lado possui algumas implicações para sua adoção
- Uma empresa antes de optar por uma solução VoIP deveria considerar os seguintes pontos:



- Se por um lado uma solução VoIP possui diversos atrativos, por outro lado possui algumas implicações para sua adoção
- Uma empresa antes de optar por uma solução VoIP deveria considerar os seguintes pontos:
 - Qual seria o impacto na infraestrutura de TI da organização?



- Se por um lado uma solução VoIP possui diversos atrativos, por outro lado possui algumas implicações para sua adoção
- Uma empresa antes de optar por uma solução VoIP deveria considerar os seguintes pontos:
 - Qual seria o impacto na infraestrutura de TI da organização?
 - Não é tão simples implantar e manter um serviço de telefonia IP complexo



- Se por um lado uma solução VoIP possui diversos atrativos, por outro lado possui algumas implicações para sua adoção
- Uma empresa antes de optar por uma solução VoIP deveria considerar os seguintes pontos:
 - Qual seria o impacto na infraestrutura de TI da organização?
 - Não é tão simples implantar e manter um serviço de telefonia IP complexo
 - Quais são as funcionalidades que a organização deseja do serviço de telefonia IP?



- Se por um lado uma solução VoIP possui diversos atrativos, por outro lado possui algumas implicações para sua adoção
- Uma empresa antes de optar por uma solução VoIP deveria considerar os seguintes pontos:
 - Qual seria o impacto na infraestrutura de TI da organização?
 - Não é tão simples implantar e manter um serviço de telefonia IP complexo
 - Quais são as funcionalidades que a organização deseja do serviço de telefonia IP?
 - Existe a real necessidade?



- Se por um lado uma solução VoIP possui diversos atrativos, por outro lado possui algumas implicações para sua adoção
- Uma empresa antes de optar por uma solução VoIP deveria considerar os seguintes pontos:
 - Qual seria o impacto na infraestrutura de TI da organização?
 - Não é tão simples implantar e manter um serviço de telefonia IP complexo
 - Quais são as funcionalidades que a organização deseja do serviço de telefonia IP?
 - Existe a real necessidade?
 - Como uma organização poderia verificar se a solução VoIP adotada é de alta qualidade?



- Se por um lado uma solução VoIP possui diversos atrativos, por outro lado possui algumas implicações para sua adoção
- Uma empresa antes de optar por uma solução VoIP deveria considerar os seguintes pontos:
 - Qual seria o impacto na infraestrutura de TI da organização?
 - Não é tão simples implantar e manter um serviço de telefonia IP complexo
 - Quais são as funcionalidades que a organização deseja do serviço de telefonia IP?
 - Existe a real necessidade?
 - Como uma organização poderia verificar se a solução VoIP adotada é de alta qualidade?
 - Existe uma grande variedade de equipamentos e protocolos de rede para implementar a solução



Comparativo entre RPTC e VoIP

- A rede pública de telefonia comutada (RPTC) e os sistemas de telefonia IP compartilham algumas características com relação ao uso dos seguintes componentes:
 - **Banco de dados** – Serviço para localizar os **pontos finais** e traduzir os esquemas de endereçamento entre redes
 - **Sinalização** – Coordena as ações em vários componentes necessários para estabelecer a chamada entre dois pontos finais
 - **Portadora** – Mecanismos para o transporte do conteúdo (áudio)
 - **Codificação** – Operações para converter as informações de analógico para digital para serem transportadas



- Além de permitir localizar pontos finais é responsável por:
 - Tarifação das chamadas
 - Impor um controle de acesso de forma a prevenir que um ponto final possa, por exemplo, fazer uma ligação internacional
- Na RPTC esse serviço identifica um ponto final através de um número de telefone
- Na telefonia IP os pontos finais são identificados por um número IP e um número de porta
 - Em alguns casos é feito uso do DNS para abstrair os endereços IP



- O *Signaling System 7 (SS7)* é o mecanismo de sinalização utilizado na RPTC
 - Dado um número de telefone o SS7:
 - Estabelece o circuito na rede; chama o telefone do destino; conecta o circuito quando o telefone atende a chamada
- Os pontos finais na telefonia IP se comunicam através da troca de datagramas IP
 - O formato dessas mensagens podem seguir diversos protocolos padronizados
 - O *Session Initiation Protocol (SIP)* e o H.323 são as soluções mais utilizadas



- Na RPTC as chamadas são completadas através da conexão lógica de canais de sinal digital (DS)
- Cada DS é um canal bi-direcional de 64kbps que a RPTC reserva durante toda a comunicação entre os pontos finais
- A RPTC faz uso da Modulação por Código de Pulso (*Pulse Code Modulation* – PCM) para representar frequências de áudio analógico, permitindo à rede transportar o áudio através dos canais de sinal digital



- Nas redes VoIP o PCM também é usado para codificar o áudio, porém ao invés de fazer uso de um canal digital dedicado, as redes VoIP transmitem o áudio através de recursos de rede compartilhados
- Um conjunto de uma ou mais amostras PCM, denominadas como quadros, são inseridas em um datagrama IP
- Geralmente as aplicações VoIP fazem do protocolo *Real-Time Transport Protocol* (RTP) para encaminhar os pacotes com as amostras de áudio



- Tanto na RPTC quanto nas redes VoIP é feito uso de um processo para converter sinais analógicos em uma informação digital
 - Existem diversas formas para fazer tal conversão e muitas delas estão baseadas na modulação por código de pulso

Padrão ITU	Descrição	Banda (kbps)	Atraso (ms)
G.711	PCM	64	< 1.00
G.721	ADPCM	32, 16, 34, 40	< 1.00
G.728	LD-CELP	16	~ 2.50
G.729	CS-ACELP	8	~ 15.00
G.723.1	Multirate CELP	6.3, 5.3	~ 30.00



Comparativo entre a voz sobre a RPTC e VoIP

Conceito	RPTC	VoIP
Comutação	Comutação de circuito (fim a fim dedicado)	Comutação de pacotes
Taxa de bits	64kbps	Dependente do <i>codec</i>
Latência	< 100ms	200-700ms
Equipamento	Terminais burros - inteligência na rede	Terminais inteligentes
QoS	Alta	Baixa e variável
Disponibilidade	99.99%	Desconhecido
Segurança	Passível de escuta não autorizada	idem



Componentes de um sistema de telefonia IP

- Ponto finais
 - Telefones IP, *softphones*, ATA (Adaptador de Telefone Analógico)
- Gerenciador de chamadas
 - Um servidor ou PBX que gerencia todas as chamadas VoIP
- Pontes de mídia
 - Dispositivos capazes de lidar com duas ou mais mídias, por exemplo, para permitir que um ponto final VoIP possa se comunicar com um ponto final da RPTC
- Uma rede IP
 - Para transportar o áudio



① Introdução

② Protocolos para Aplicações de Tempo Real

- Introdução

- Real-Time Transport Protocol – RTP

- Real-time Transport Control Protocol – RTCP

③ Proposta para VoIP

- Session Initiation Protocol

- Session Description Protocol

- H.323



- Significado do termo “tempo real”



- Significado do termo “tempo real”
 - Quando a aplicação necessita que as informações sejam entregues pontualmente de acordo com um prazo determinado (*deadline*)
 - Entregar a informação antes ou depois do prazo não é desejado



- Significado do termo “tempo real”
 - Quando a aplicação necessita que as informações sejam entregues pontualmente de acordo com um prazo determinado (*deadline*)
 - Entregar a informação antes ou depois do prazo não é desejado
- Classificações
 - **firme** – A entrega das informações após o prazo não possui valor
 - Usada em sistemas críticos
 - **suave** – Tolerar receber informações com certo atraso e pode responder com a diminuição da qualidade do serviço (p.e. descartando alguns quadros durante a exibição de um filme)



- Aplicações interativas
- Aplicações de fluxo contínuo



- Aplicações interativas
 - Possuem requisitos firmes de tempo real
 - Exemplo: vídeo conferência
- Aplicações de fluxo contínuo



- Aplicações interativas
 - Possuem requisitos firmes de tempo real
 - Exemplo: vídeo conferência
- Aplicações de fluxo contínuo
 - Tipicamente entregam fluxos de áudio/vídeo de um servidor para um cliente
 - Possuem requisitos suaves de tempo real
 - Exemplo: rádio *on-line*



Requisitos para um protocolo para aplicações multimídia

Requisito básico

Permitir que aplicações similares possam interagir entre si.



Requisito básico

Permitir que aplicações similares possam interagir entre si.

- Duas implementações distintas de uma aplicação de áudio conferência devem utilizar os mesmos métodos de codificação e de compressão de voz
 - Existem diversos esquemas de codificação/compressão que tratam de diferentes formas os atributos: qualidade, largura de banda e o custo computacional



Requisito básico

Permitir que aplicações similares possam interagir entre si.

- Duas implementações distintas de uma aplicação de áudio conferência devem utilizar os mesmos métodos de codificação e de compressão de voz
 - Existem diversos esquemas de codificação/compressão que tratam de diferentes formas os atributos: qualidade, largura de banda e o custo computacional

O protocolo deve prover uma forma para que emissor e receptor possam acordar sobre os esquemas de codificação e compressão utilizados



- **Permitir que o receptor de um fluxo de dados possa determinar o relacionamento do tempo sobre os dados recebidos**



- **Permitir que o receptor de um fluxo de dados possa determinar o relacionamento do tempo sobre os dados recebidos**
 - Aplicações para reproduzir rádios *on-line* precisam armazenar os dados recebidos em uma área temporária (*buffer*) antes que possa realmente reproduzi-los
 - Isso é uma forma de suavizar a variação de atraso (*jitter*) entre os pacotes durante a transmissão destes pela rede



- **Permitir que o receptor de um fluxo de dados possa determinar o relacionamento do tempo sobre os dados recebidos**
 - Aplicações para reproduzir rádios *on-line* precisam armazenar os dados recebidos em uma área temporária (*buffer*) antes que possa realmente reproduzi-los
 - Isso é uma forma de suavizar a variação de atraso (*jitter*) entre os pacotes durante a transmissão destes pela rede
- **Prover indicação de perda de pacotes, uma vez que o uso do TCP não é desejável**



- **Permitir que o receptor de um fluxo de dados possa determinar o relacionamento do tempo sobre os dados recebidos**
 - Aplicações para reproduzir rádios *on-line* precisam armazenar os dados recebidos em uma área temporária (*buffer*) antes que possa realmente reproduzi-los
 - Isso é uma forma de suavizar a variação de atraso (*jitter*) entre os pacotes durante a transmissão destes pela rede
- **Prover indicação de perda de pacotes, uma vez que o uso do TCP não é desejável**
 - Uma aplicação utilizando a codificação MPEG pode tomar diferentes ações para tratar a perda de pacotes
 - As aplicações tornam-se assim capazes de responder ao congestionamento da rede (como no TCP) alterando parâmetros/algoritmos de codificação



Motivação para um novo protocolo de transporte

- TCP
- UDP



Motivação para um novo protocolo de transporte

- **TCP**

- Não é adequado para aplicações de tempo real
- Mecanismo contra congestionamento não é ideal para transmissão de áudio e vídeo
- Não provê suporte à difusão seletiva (*multicast*)

- **UDP**



Motivação para um novo protocolo de transporte

- **TCP**

- Não é adequado para aplicações de tempo real
- Mecanismo contra congestionamento não é ideal para transmissão de áudio e vídeo
- Não provê suporte à difusão seletiva (*multicast*)

- **UDP**

- Não define técnicas para sincronização
- Fluxos de diferentes servidores podem colidir
- É necessário que seja criado um outro canal para transmissão de informações para o controle de qualidade



Motivação para um novo protocolo de transporte

- **TCP**

- Não é adequado para aplicações de tempo real
- Mecanismo contra congestionamento não é ideal para transmissão de áudio e vídeo
- Não provê suporte à difusão seletiva (*multicast*)

- **UDP**

- Não define técnicas para sincronização
- Fluxos de diferentes servidores podem colidir
- É necessário que seja criado um outro canal para transmissão de informações para o controle de qualidade

RFC 3550 – Real-Time Transport Protocol (RTP)

Um protocolo de transporte para aplicações de tempo real



Real-Time Transport Protocol

- Provê serviços para entrega fim a fim de dados com características de tempo real, tais como aqueles gerados por aplicações interativas (voz e vídeo)
 - Implementado nos pontos finais
- Geralmente está sobre o protocolo UDP, contudo é possível estar diretamente sobre o IP
 - Faz uso dos serviços de multiplexação e verificação da integridade do UDP
- Através da difusão seletiva (*multicast*), provida pelos mecanismos de rede subjacentes, é possível transferir dados para múltiplos destinos



- **Serviços providos pelo RTP**

- Identificação do tipo do conteúdo que está sendo carregado
- Numeração de sequência
- Marcação temporal (*time stamping*) para permitir a sincronização e o cálculo da variação de atraso
- Monitoramento da entrega



- **Serviços providos pelo RTP**
 - Identificação do tipo do conteúdo que está sendo carregado
 - Numeração de sequência
 - Marcação temporal (*time stamping*) para permitir a sincronização e o cálculo da variação de atraso
 - Monitoramento da entrega
- **O RTP não assume que os mecanismos de rede subjacentes são confiáveis e irão entregar os datagramas na ordem correta**
 - Faz uso da numeração de sequência



- **Serviços providos pelo RTP**
 - Identificação do tipo do conteúdo que está sendo carregado
 - Numeração de sequência
 - Marcação temporal (*time stamping*) para permitir a sincronização e o cálculo da variação de atraso
 - Monitoramento da entrega
- **O RTP não assume que os mecanismos de rede subjacentes são confiáveis e irão entregar os datagramas na ordem correta**
 - Faz uso da numeração de sequência
- **O RTP não provê garantias de Qualidade de Serviço**
 - Faz uso de outros protocolos como o RTCP



Cada pacote RTP é formado por três principais elementos

- Cabeçalho fixo
- Uma extensão do cabeçalho (opcional)
- O conteúdo a ser transmitido
 - Composto por um cabeçalho opcional e seguido pela mídia propriamente dita



Figura: Cabeçalho RTP



Campos do cabeçalho RTP: Payload Type

- Com o tamanho de **7 bits** indica o tipo do *codec* e a taxa de amostragem da mídia contida no pacote
- O receptor faz uso deste campo para determinar como interpretará o conteúdo do pacote
- O valor numérico deste campo pode ser pré-definido (estáticos dentro da faixa de 0 a 96) ou pode ser definido dinamicamente durante a negociação entre as partes



Valores para o *Payload Type*

Número	Formato	Taxa de Amostragem	Taxa
0	PCM	8 khz	64 kbps
1	1016	8 khz	4.8 kbps
3	GSM	8 khz	13 kbps
7	LPC	8 khz	2.4 kbps
9	G.722	16 khz	48-64 kbps
14	MPEG audio	90 khz	-
15	G.728	8 khz	16 kbps

Número	Formato do vídeo
26	Motion JPEG
31	H.261
32	MPEG 1 video
33	MPEG 2 video



Campos do cabeçalho RTP: *Sequence Number*

- Com o tamanho de **16 bits**, indica a ordem que os pacotes RTP foram transmitidos
- O emissor incrementa em 1 o número de sequência a cada pacote RTP que este transmite
 - De acordo com a RFC 3550, o valor inicial para este campo deve ser escolhido de forma aleatória (não se deve escolher 0 sempre) para prevenir alguns tipos de ataques
- Permite ao receptor detectar pacotes que foram descartados, durante o trajeto pela rede, além permitir lidar com pacotes que chegarem fora de ordem



Campos do cabeçalho RTP: *Time Stamp*

- Trata-se de um inteiro de 32 bits que é incrementado de acordo com a taxa de amostragem (da mídia a ser transportada) do emissor
 - Como no número de sequência, o emissor pode escolher o valor do primeiro pacote (para ser diferente de 0)
- Por exemplo, para um áudio a marcação incrementa em 1 para cada período de amostragem. Se esta aplicação gerar um bloco agregando 160 amostras, então a marcação temporal será incrementada em 160 a cada pacote RTP enquanto o emissor estiver ativo
 - O relógio da marcação temporal continua a incrementar a uma taxa constante mesmo se a origem estiver inativa



Campos do cabeçalho RTP: *Synchronization Source Identifier*

- O SSRC é um campo de 32 bits que atua como um identificador único para uma instância de um fluxo RTP
 - O originador da conexão RTP deve escolher esse número de forma aleatória
- Não é permitido que dois fluxos RTP dentro de uma mesma sessão RTP possuam um valor idêntico para o SSRC



Formato do cabeçalho do RTP – 12 bytes

V	P	X	CC	M	PT	Sequence Number
Timestamp						
Synchronization source (SSRC) identifier						
Contributing source (CSRC) identifiers ⋮						
Extension header						
RTP payload						

- V – versão (2 bits)
- P – indica se tem bytes extras de preenchimento (1 bit)
- X – indica se extensões são usadas (1 bit)
- CC – Número de identificadores no CSRC (4 bits)
- PT – Tipo dos dados (7 bits)
- Sequence – Para detectar perda de pacotes e desordenação
- Timestamp – Para o receptor reproduzir a mídia nos intervalos corretos e para sincronizar os fluxos
- SSRC – identificador da origem do fluxo
- CSRC – quando fluxos RTP passam por um “misturador”
- M – delimita o conjunto de dados relacionados (1 bit)



Real-time Transport Control Protocol (RTCP)

RTCP

Proposto para monitorar a qualidade do serviço e para transportar informações dos participantes de uma sessão RTP em andamento



RTCP

Proposto para monitorar a qualidade do serviço e para transportar informações dos participantes de uma sessão RTP em andamento

Principais funções:

- 1 **Retorno sobre o desempenho da aplicação e da rede**
- 2 **Informações para sincronização de fluxos de áudio e vídeo**
- 3 **Transportar um identificador de nível de transporte persistente para um transmissor em uma sessão RTP**



Real-time Transport Control Protocol (RTCP)

RTCP

Proposto para monitorar a qualidade do serviço e para transportar informações dos participantes de uma sessão RTP em andamento

Principais funções:

- 1 **Retorno sobre o desempenho da aplicação e da rede**
 - Útil para aplicações que adaptam a taxa de transmissão para balancear o desempenho vs qualidade
- 2 **Informações para sincronização de fluxos de áudio e vídeo**
- 3 **Transportar um identificador de nível de transporte persistente para um transmissor em uma sessão RTP**



RTCP

Proposto para monitorar a qualidade do serviço e para transportar informações dos participantes de uma sessão RTP em andamento

Principais funções:

- 1 **Retorno sobre o desempenho da aplicação e da rede**
 - Útil para aplicações que adaptam a taxa de transmissão para balancear o desempenho vs qualidade
- 2 **Informações para sincronização de fluxos de áudio e vídeo**
 - Diferentes fluxos de um mesmo emissor podem possuir diferentes SSRC
 - Diferentes fluxos podem possuir relógios com diferentes granularidades
- 3 **Transportar um identificador de nível de transporte persistente para um transmissor em uma sessão RTP**



RTCP

Proposto para monitorar a qualidade do serviço e para transportar informações dos participantes de uma sessão RTP em andamento

Principais funções:

- 1 **Retorno sobre o desempenho da aplicação e da rede**
 - Útil para aplicações que adaptam a taxa de transmissão para balancear o desempenho vs qualidade
- 2 **Informações para sincronização de fluxos de áudio e vídeo**
 - Diferentes fluxos de um mesmo emissor podem possuir diferentes SSRC
 - Diferentes fluxos podem possuir relógios com diferentes granularidades
- 3 **Transportar um identificador de nível de transporte persistente para um transmissor em uma sessão RTP**
 - `usuário@maquina.com.br`



- **Sender Report (SR)**
 - Emissores relatam estatísticas de transmissão e recepção
- **Receiver Report (RR)**
 - Receptores que não são emissores relatam estatísticas de recepção
- **Source Description (SDES)**
 - Informações sobre o participante e detalhes suplementares
- **Membership termination (BYE)**
 - Indica que um participante saiu da sessão
- **Application-specific functions (APP)**
 - Específicos a aplicação (para testes durante a fase de desenvolvimento)



- **Sender Report (SR)**
 - Provê informações para sincronizar múltiplos fluxos RTP
 - Provê estatísticas sobre o número de pacotes e bytes enviados
 - Provê meios para calcular o tempo de ida e volta (*round-trip time*) entre dois pontos finais
- **Receiver Report (RR)**



- **Sender Report (SR)**

- Provê informações para sincronizar múltiplos fluxos RTP
- Provê estatísticas sobre o número de pacotes e bytes enviados
- Provê meios para calcular o tempo de ida e volta (*round-trip time*) entre dois pontos finais

- **Receiver Report (RR)**

- Receptores enviam este relatório periodicamente para indicar a qualidade do serviço recebida
- Um ponto final faz uso desta informação para ajustar dinamicamente sua taxa de transmissão de acordo com o congestionamento da rede
 - Por exemplo: se um emissor de um vídeo detecta um congestionamento na rede, este pode enviá-lo a uma taxa menor



- **Sender Report (SR)**

- Provê informações para sincronizar múltiplos fluxos RTP
- Provê estatísticas sobre o número de pacotes e bytes enviados
- Provê meios para calcular o tempo de ida e volta (*round-trip time*) entre dois pontos finais

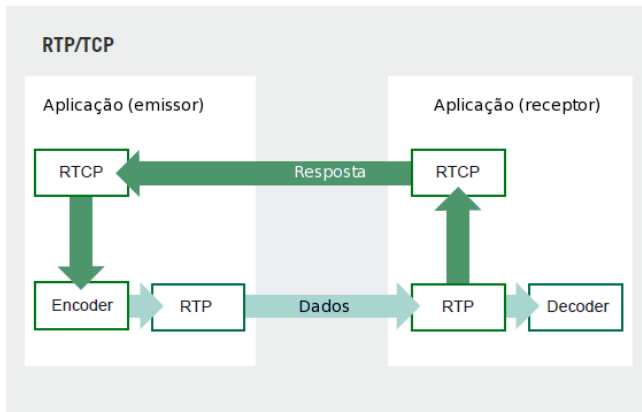
- **Receiver Report (RR)**

- Receptores enviam este relatório periodicamente para indicar a qualidade do serviço recebida
- Um ponto final faz uso desta informação para ajustar dinamicamente sua taxa de transmissão de acordo com o congestionamento da rede
 - Por exemplo: se um emissor de um vídeo detecta um congestionamento na rede, este pode enviá-lo a uma taxa menor

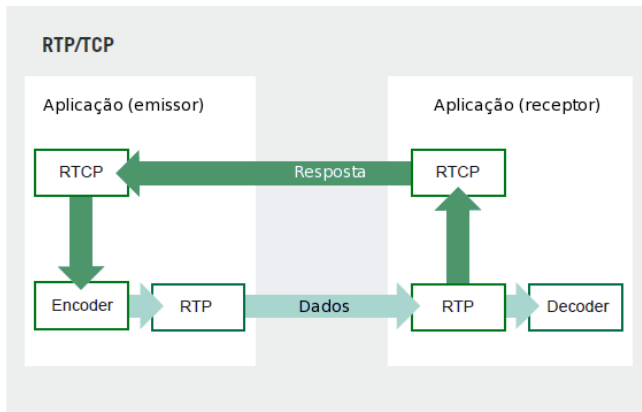
A cada pacote RTP recebido, o receptor gera um relatório e agrega diversos relatórios em um único pacote RTCP e o envia ao endereço de difusão seletiva



Relatório do receptor



Relatório do receptor

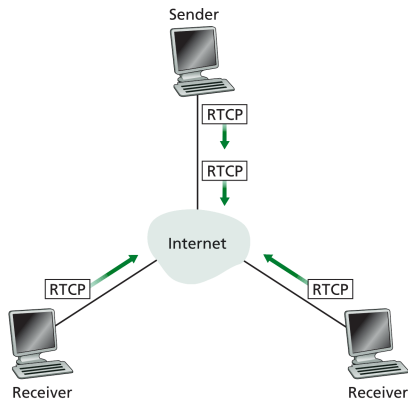


Nota:

Quando sobre o UDP, o **RTP** usa qualquer porta alta e o **RTCP** usa a próxima porta ímpar

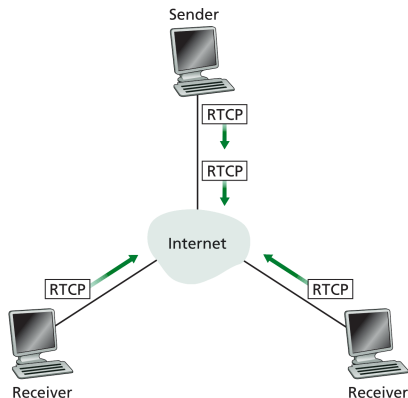
Sessão RTP e relatórios RTCP

- Um emissor pode enviar o mesmo conteúdo para diversos receptores
 - Para cada sessão RTP está associado um endereço de difusão seletiva



Sessão RTP e relatórios RTCP

- Um emissor pode enviar o mesmo conteúdo para diversos receptores
 - Para cada sessão RTP está associado um endereço de difusão seletiva

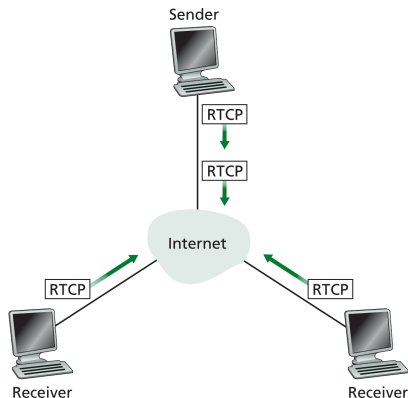


- O envio periódico destes relatórios pode ser um problema?



Sessão RTP e relatórios RTCP

- Um emissor pode enviar o mesmo conteúdo para diversos receptores
 - Para cada sessão RTP está associado um endereço de difusão seletiva



- O envio periódico destes relatórios pode ser um problema?
- **Solução:** Cada participante reduz o tráfego RTCP à medida que aumenta o número de participantes na sessão



Visando a escala: largura de banda para o RTCP

- **Na presença de um único emissor e muitos receptores a quantidade de pacotes RTCP podem comprometer a escalabilidade.**



- **Na presença de um único emissor e muitos receptores a quantidade de pacotes RTCP podem comprometer a escalabilidade.**

Solução: O RTCP tenta limitar o seu tráfego à 5% da largura de banda. Aos receptores fica destinado 75% dessa banda e 25% ao emissor.



Visando a escala: largura de banda para o RTCP

- **Na presença de um único emissor e muitos receptores a quantidade de pacotes RTCP podem comprometer a escalabilidade.**

Solução: O RTCP tenta limitar o seu tráfego à 5% da largura de banda. Aos receptores fica destinado 75% dessa banda e 25% ao emissor.

Exemplo:

- Um emissor está transmitindo um vídeo a uma taxa de 2Mbps e assim o RTCP tentará limitar o tráfego a 100Kbps.
- Os receptores irão compartilhar 75Kbps. Com R receptores, cada um poderá transmitir pacotes RTCP a uma taxa de $\frac{75}{R}$
- Ao emissor estará destinado 25Kbps

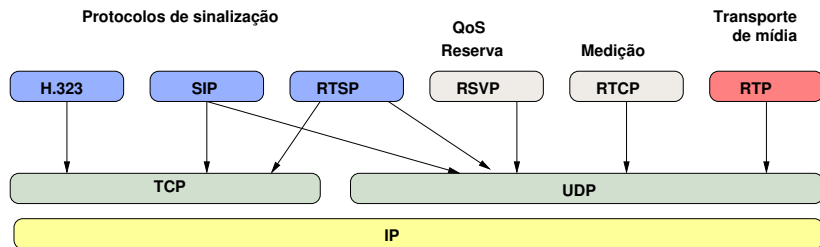


Informações que compõem os relatórios RTCP

- Seu SSRC
- A fração dos pacotes de dados desta origem que foram perdidos desde quando o último relatório foi enviado
 - Comparação entre o número de pacotes recebidos e o número de pacotes emitidos (determinado através do número de sequência)
- Total de pacotes perdidos desta origem desde a 1a. vez que tomou-se conhecimento desta
- O maior número de seqüência obtido desta origem
- Variação de atraso estimado para esta origem
- A última marcação temporal recebida via RTCP desta origem
- Atraso desde o último relatório de emissor recebido desta origem



Pilha de protocolos para multimídia



① Introdução

② Protocolos para Aplicações de Tempo Real

Introdução

Real-Time Transport Protocol – RTP

Real-time Transport Control Protocol – RTCP

③ Proposta para VoIP

Session Initiation Protocol

Session Description Protocol

H.323



- O grupo ITU (telefonia) definiu um conjunto de protocolos conhecido como **H.323**
 - Trata-se de uma solução completa
 - Conhecido por ser complexo para implantação
- A IETF (Internet) apresentou um protocolo de sinalização conhecido como **SIP**
 - Depende de outros protocolos (RTP, SDP)
 - Conhecido por ser simples



Session Initiation Protocol – SIP

- Protocolo de sinalização para estabelecimento, manutenção e finalização de sessões multimídia
 - Proposto pela IETF – RFC 3261
 - Pode ser empregado na telefonia IP, vídeo conferência, mensagens instantâneas e na rede 3G de celular
- Sua concepção foi baseada em outros protocolos como o HTTP e SMTP
 - Modelo de pedido e resposta
 - Mensagens em texto puro
- SIP pode ser expandido para acomodar serviços como controle de chamada, mobilidade e interoperabilidade
 - Existentes nos sistemas de telefonia



- Geralmente utiliza o UDP na porta **5060**
- Trata-se de um protocolo “fora da faixa”, assim o fluxo de mídia ocorre por um outro canal, utilizando geralmente o protocolo **RTP**
- Como possui raízes na IETF as mensagens trocadas são semelhantes às mensagens do HTTP e a identificação dos usuários é semelhante aos endereços de e-mail
- Os dispositivos SIP podem ser atingidos através de seu endereço IP ou através de endereços como `usuario@maquina.com`



As habilidades providas pelo SIP

- Localização do usuário
 - Determina o atual dispositivo do usuário
- Disponibilidade do usuário
 - Indica se o usuário está disponível para uma comunicação
- Habilidades do usuário
 - Determina quais os codecs o usuário possui
- Estabelecimento de sessão
 - Determina parâmetros como as portas usadas
- Gerenciamento de sessão
 - Transferência de sessão e modificação dos parâmetros



Formas de interação entre duas partes

- O SIP foi desenvolvido para permitir a comunicação par a par (*peer-to-peer*) – comunicação direta
- Isso possibilita que dois dispositivos SIP comuniquem-se entre si sem que necessite de qualquer intermédio
- Para este caso é necessário que pelo menos uma parte saiba a localização da outra (IP), o que nem sempre é possível
 - O uso de DHCP ou mudança de dispositivo do usuário destino
- A comunicação indireta faz uso de outras entidades SIP que agregam facilidades, como por exemplo, o serviço de localização de usuários



- Uma rede SIP é composta por entidades SIP lógicas
- Cada entidade possui um papel distinto e os participantes em uma comunicação SIP podem ser:
 - **Clientes** (que originam pedidos), **servidores** (que recebem pedidos) ou ambos
- Cada dispositivo físico pode possuir a funcionalidade de mais de uma entidade lógica
- As entidades lógicas são:
 - User Agent
 - Proxy Server
 - Redirect Server
 - Registrar Server



- Trata-se de um ponto final em uma comunicação SIP
- Agentes de usuário iniciam e finalizam sessões através da troca de pedidos e respostas
- RFC 3261 define que o UA é uma aplicação que é ao mesmo tempo cliente e servidor
 - *User Agent Client* (UAC) – aplicação cliente que gera pedidos SIP
 - *User Agent Server* (UAS) – aplicação servidora que contacta o usuário ao receber um pedido SIP e retorna a resposta
- Dispositivos que atuam como uma UA em uma rede SIP: computadores, telefones IP, etc.



- Trata-se de uma entidade intermediária que atua como cliente e como servidor, com o objetivo de originar pedidos em nome de outros clientes
 - Ao receber um pedido, o proxy pode encaminhá-los a outros servidores ou respondê-lo
- O proxy interpreta os pedidos e, se for necessário, reescreve-os antes encaminhá-los
 - A comunicação com o proxy passa a ser indireta e ideal para casos onde não se sabe a localização exata da outra parte



- Aceita pedidos SIP e faz a correspondência do endereço destino com zero ou mais endereços finais
- É responsável pelo encaminhamento de chamadas, por exemplo, o serviço *sigame*
- Recorre a um serviço de localização para determinar a nova localização do usuário



- Permite o registro dos usuários para determinar a localização destes na rede
- Geralmente usado em conjunto com *Proxy Server* e com o *Redirect Server*



- São construídas com base no formato de codificação UTF-8 e tomam como base a especificação de mensagens para o correio eletrônico. As mensagens podem ser:
 - **Requisições** – enviadas dos clientes para os servidores
 - **Respostas** – enviadas dos servidores para os clientes
 - Contém um código numérico da resposta, além de sua representação textual
 - Parcialmente baseado nos códigos de resposta do HTTP



Mensagens de requisição

Método	Funcionalidade
INVITE	Convida um indivíduo para participar de uma sessão
ACK	Confirma o recebimento de uma resposta final
BYE	Solicita o término da sessão
CANCEL	Solicita que uma requisição prévia seja cancelada
REGISTER	Registra informações de contato
OPTIONS	Consulta as habilidades da outra parte

- Existem alguns outros métodos estendidos por outras RFCs, como por exemplo, para o transporte de mensagens instantâneas



- **Mensagens informativas** – (classe 1XX)
 - Usadas pelo servidor para indicar o progresso da transação SIP
- **Mensagens finais** – (classes 2XX, 3XX, 4XX, 5XX e 6XX)
 - Respostas finais que encerram a transação SIP



Mensagens de resposta

- **Mensagens informativas** – (classe 1XX)
 - Usadas pelo servidor para indicar o progresso da transação SIP
- **Mensagens finais** – (classes 2XX, 3XX, 4XX, 5XX e 6XX)
 - Respostas finais que encerram a transação SIP

Classe	Funcionalidade	Exemplo
1XX	Informativa	180 Ringing
2XX	Sucesso	200 OK
3XX	Redirecionamento	302 Moved Temporarily
4XX	Falha de requisição	404 Not Found
5XX	Falha em servidor	503 Service Unavailable
6XX	Falha Global	600 Busy Everywhere



Trocas de mensagens SIP

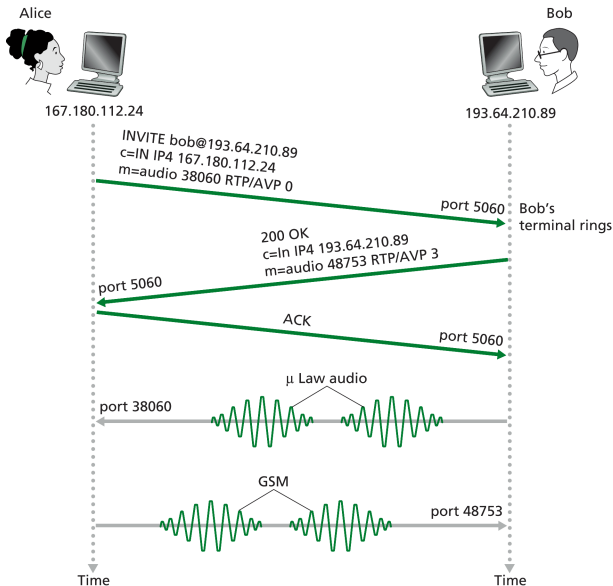


Figure 7.13 ♦ SIP call establishment when Alice knows Bob's IP address



- Todas as mensagens SIP devem ser confirmadas
 - Lembre-se que o SIP pode estar sobre o UDP
- Alice solicita receber o áudio em PCM (AVP 0)
 - Se Bob não possuísse tal codec ele responderia com o código 600 Not Acceptable e a lista de codecs que ele possui
 - Alice escolheria um destes codecs e enviaria uma nova mensagem INVITE
- Se o Bob realmente não quiser falar com a Alice ele poderia gerar outras mensagens de rejeição: ocupado, não está e negado.



Partes que compõem uma mensagem SIP

- **Linha inicial**

- Possui o tipo do método do pedido ou o código da resposta (com sua representação textual), seguido pela versão do protocolo

- **Cabeçalhos**

- Provê informações adicionais sobre a mensagem e seguem a sintaxe e semântica do HTTP

1 `<name>:<value>`

- **Corpo da mensagem**

- Pode ser usado para descrever a sessão a ser iniciada (por exemplo os tipos dos *codecs*) ou apresenta uma informação textual ou binária relacionada a seção
- Geralmente inclui: SDP, MIME e outros



Exemplo de uma mensagem SIP de requisição

```
1 INVITE sip:bob@empresa.com.br SIP/2.0
2 Via: SIP/2.0/UDP 192.168.2.1:5060
3 From: sip:alice@sj.ifsc.edu.br
4 To: sip:bob@empresa.com.br
5 Call-ID: xy172iik@m1.sj.ifsc.edu.br
6 Content-Type: application/sdp
7 Content-Length: 142
8
9 c=IN IP4 192.168.2.1
10 m=audio 38060 RTP/AVP 0
```



Exemplo de uma mensagem SIP de requisição

- **Linha inicial**

```
1 INVITE sip:bob@empresa.com.br SIP/2.0
```

- **Cabeçalhos**

```
1 Via: SIP/2.0/UDP 192.168.2.1:5060
2 From: Alice <sip:alice@sj.ifsc.edu.br>
3 To: Bob <sip:bob@empresa.com.br>
4 Call-ID: xy172iik@m1.sj.ifsc.edu.br
5 Content-Type: application/sdp
6 Content-Length: 142
```

- **Corpo da mensagem**

```
1
2 c=IN IP4 192.168.2.1
3 m=audio 38060 RTP/AVP 0
```

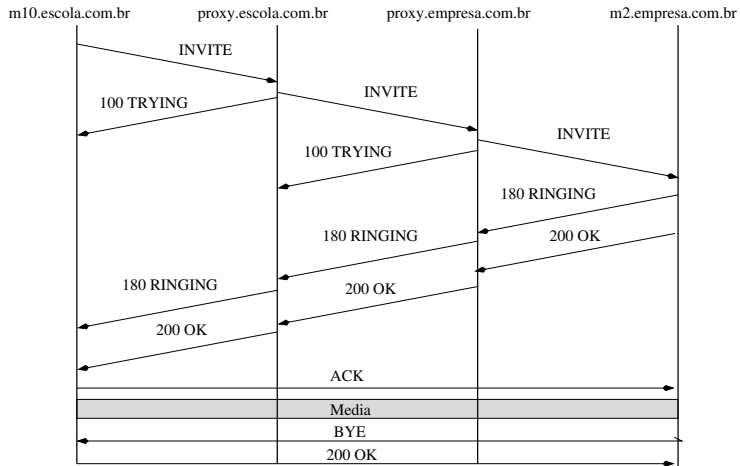


Exemplo de uma mensagem SIP de resposta

```
1 SIP/2.0 200 OK
2 Via: SIP/2.0/UDP 172.18.22.2:5060;received=200.135.37.66
3 Record-Route: <sip:200.135.37.71>
4 From: "Emerson" <sip:2100@voip.cefetsc.edu.br>
5 To: <sip:33812854@voip.cefetsc.edu.br>
6 Call-ID: 2c4c5def-1d38-de11-9f7c-001ec91e7dc7@rush
7 CSeq: 2 INVITE
8 User-Agent: Asterisk PBX
9 Supported: replaces
10 Contact: <sip:33812854@200.135.37.70>
11 Content-Type: application/sdp
12 Content-Length: 264
13
14 v=0
15 o=root 2755 2755 IN IP4 200.135.37.70
16 s=session
17 c=IN IP4 200.135.37.71
18 t=0 0
19 m=audio 50402 RTP/AVP 0 8 101
```



Troca de mensagens com o intermédio do Proxy



Troca de mensagens com o intermédio do Proxy

- Durante o processo de intermediação, o campo Via é utilizado para mapear o caminho percorrido por uma mensagem de requisição

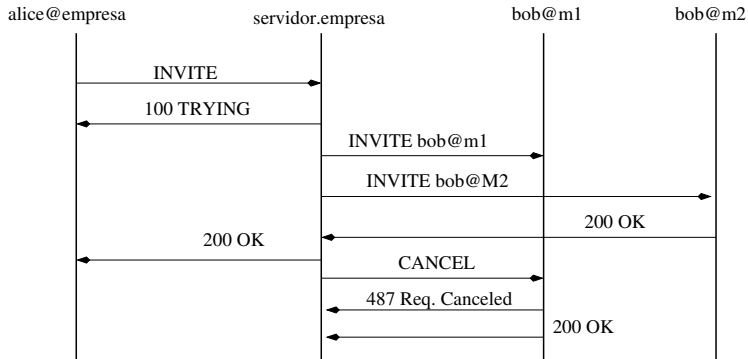
```
1 INVITE sip:bob@empresa.com.br SIP/2.0
2 Via: SIP/2.0/UDP proxy.empresa.com.br
3 Via: SIP/2.0/UDP proxy.escola.com.br
4 Via: SIP/2.0/UDP m2.escola.com.br
5 From: sip:alice@escola.com.br
6 To: sip:bob@empresa.com.br
7 Call-ID: xy172iik@m2.escola.com.br
8 Cseq: 2 INVITE
9 Contact: sip:alice@escola.com.br
10 Record-Route: sip:bob@proxy.empresa.com.br,sip:bob@proxy.escola.com.br
```



- Permite o envio de uma requisição para múltiplos destinos (por isso o nome *fork* – garfo)
- As consultas podem ser enviadas paralelamente ou sequencialmente
- No modo paralelo o servidor irá receber várias mensagens 180 Ringing
- Ao receber a mensagem 200 OK, este deverá enviar uma mensagem para o originador da chamada e uma mensagem CANCEL para as demais localizações pendentes



Modo forking proxy



- É possível que o SIP interaja com outros sistemas, por exemplo, com a RTPC (PSTN) ou ainda com sistemas de telefonia baseado no H.323
- Essa interação só é possível diante da presença de *gateways* que são capazes de operar em ambas tecnologias
- *Gateways* para a RTPC são responsáveis pela conversão da mídia e do protocolo de sinalização (SIP e SS7)
- Para interoperar com o H.323 o *gateway* atua como um agente cliente ou servidor para o SIP e atua como um *terminal H.323*



- SIP INFO
 - Especifica uma forma de trocar informações durante uma sessão. Ex: Transferência de dígitos DTMF
- Notificações de eventos
 - Permite informar o usuário sobre a ocorrência de algum evento
- Mensagens instantâneas
 - Para troca de mensagens



- Utilizado pelo SIP, este protocolo permite descrever informações sobre a mídia transportada pelo RTP
 - codec, porta, etc.
- A representação dessas informações é feita em modo texto codificado em UTF-8
- Geralmente é transportado nas requisições INVITE do SIP
- O destino responde com uma descrição SDP que indica a aceitação ou rejeição de cada um dos formatos oferecidos



- Formato de cada linha se resume a:

1 `campo=valor`

- O campo é formado por apenas um único caracter
 - para poupar consumo de banda?
- Os campos devem ser apresentados em uma ordem restrita, objetivando detectar a presença de erros no pacote, caso haja
- A estrutura do pacote SDP descreve:
 - Uma sessão – Valores padrões para todas as mídias
 - Zero ou mais descrições do nível de mídia
 - As informações da mídia surgem a partir da 1a. linha com o campo **m**



```
1 v=0
2 o=bob 28982828 2929292 IN IP4 m2.escola.com.br
3 m=audio 30200 RTP/AVP 0 97 101
4 c=IN IP4 m2.escola.com.br
5 a=rtpmap:0 PCMU/8000
6 a=rtpmap:97 G726-32/8000
7 a=rtpmap:101 G728/8000
8 a=ptime:20
```

- **Descrição da sessão**

- versão (v), criador e identificador (o), informação da conexão (c)

- **Descrição do tempo**

- tempo que a sessão está ativa (t)

- **Descrição da mídia**

- nome da mídia e endereço de transporte (m), atributos da mídia (a), chave de criptografia (k)



- Padrão publicado pela *International Telecommunications Union – Telecommunications Sector* (ITU-T)
 - Foi aprovado em fevereiro de 1996, no mesmo mês em que o primeiro rascunho do SIP foi publicado
 - Primeiro padrão para Voz sobre IP
- Voltado para a comunicação multimídia sobre redes baseadas em pacotes, o que inclui voz, vídeo e mensagens de texto, entre outras
- Assim, é conhecido como um padrão guarda-chuva, o qual abrange diversos outros padrões
 - H.225, H.245, H324, etc.



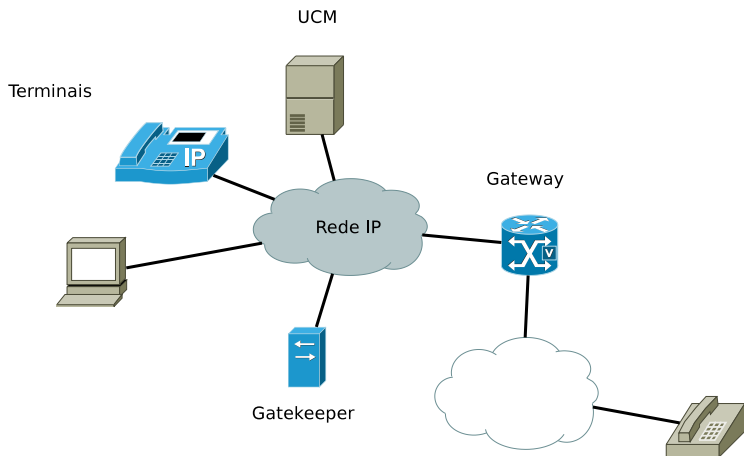
- Suporte a conferências ponto a ponto e multiponto
- Heterogeneidade
 - Suporte obrigatório à comunicação de áudio. Vídeo e dados são opcionais
- Suporte a contabilidade e gerência
 - Prevê facilidades que podem ser usadas na tarifação de serviços
- Segurança
 - Autenticação de usuários, confidencialidade e autenticidade dos dados trocados
- Serviços suplementares
 - Serviços como transferência e redirecionamento



- Terminais
 - Quem origina ou a quem destina as chamadas
- Unidades de controle multiponto (MCUs)
 - Opcional que permite o estabelecimento de conferências
- *Gateway*
 - Ao mesmo tempo atua como ponte de mídia e de sinalização
 - Necessário quando se deseja estabelecer comunicações entre terminais que estão em diferentes tipos de redes
- *Gatekeeper*
 - são considerados opcionais, porém o seu uso é recomendado já que é deles o papel do registro de usuários e tradução de apelidos dos pontos finais



Elementos que compõem um sistema H.323



- T.120 – Destinada a troca de dados como textos e imagens estáticas.
 - Ex: transferência de arquivos, mensagens instantâneas, fax (T.38), etc.
- RTP e RTCP – Para a transferência de fluxos de áudio e vídeo
- Fluxos de controle e sinalização
 - H.225.0 para sinalização de chamadas
 - H.225.0 RAS utilizada para a troca de informações de registro, admissão e estado entre pontos finais e *gatekeepers*
 - H.245 para o controle de mídia



Detalhando a H.255.0 RAS – Registration, Admission, Status

- Descoberta de *gatekeeper*
 - Pontos finais podem usar mensagens RAS para localizar *gatekeepers*
- Registro de pontos finais
 - Para os pontos finais aderirem a uma zona de gerência H.323, registram seu endereço de rede em um ou mais apelidos
- Localização de pontos finais
 - Um ponto final de posse de um apelido de outro ponto final, usa mensagens RAS para localizar o respectivo endereço de rede
- Gerência de banda e notificação de estado
 - Permite que um *gatekeeper* e um ponto final negociem uma taxa máxima para a transferência de dados



- Vídeo conferência
- Transferência de chamadas
- Encaminhamento de chamadas
- Estacionamento de chamadas
- Retenção de chamadas



Comparativo entre SIP e H.323

	Cliente	Servidor	
SIP	Terminal	Proxy, Registrar	Gateway
H.323	Terminal	Gatekeeper	Gateway

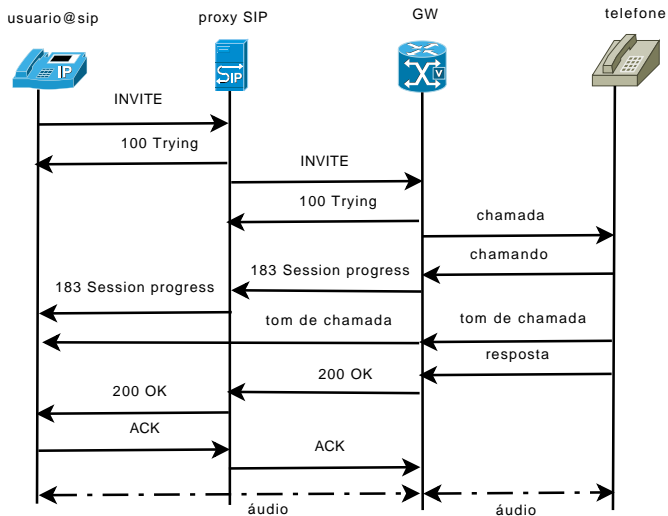
	Transmissão RT	Sessão
SIP	RTP/RTCP	SDP
H.323	RTP/RTCP	H.225.0 e H.245



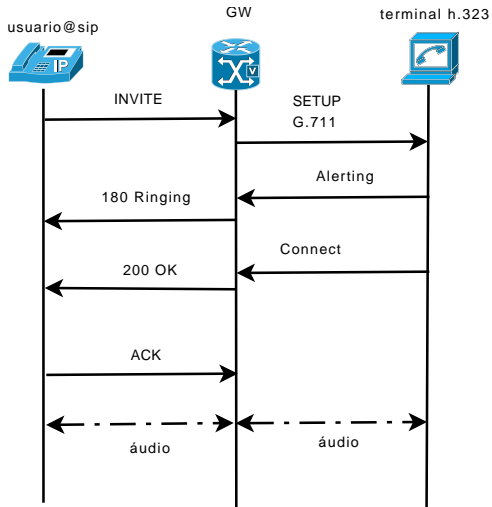
- A integração do SIP, H.323 e Rede Pública de Telefonia Comutada requer **pontos** (*gateways*) que consigam “falar” pelo menos com duas dessas tecnologias
- Alguns casos: SIP para RPTC, SIP para H.323



SIP para RTPC



SIP para H.323



Comparação entre H.323 e SIP

Características	H.323	SIP
Codificação	Binário	Texto em claro
Controle	Servidor centralizado	Pontos finais (usando proxy)
Inteligência	Maior parte no servidor central (núcleo)	Maior parte nos pontos finais (borda)
Modularidade	Monolítica (tudo em um servidor)	Pode consistir de diversos servidores
Mídia	RTP	RTP



- **Custo para implantação**
 - Custos de operação e manutenção são baixos, mas os equipamentos são geralmente caros
- **Confiabilidade**
 - Inerente das redes de computadores (computadores e equipamentos de rede)
- **Transposição de firewalls e NAT**
 - Mídia e sinalização fazem uso de diferentes portas (quais portas liberar?)
 - Endereços contidos nas mensagens SIP representam problemas para o NAT





Larry L. Peterson and Bruce S. Davie

Computer Networks - A systems approach - 4th edition

Morgan Kaufmann, 2007



James F. Kurose and Keith W. Ross

Redes de computadores e a Internet: Uma abordagem top-down, 3ª edição

Addison-Wesley, 2005.



Juniper Networks

Voip over IP. Understanding the basic networking functions, components and signaling protocols in VoIP networks

2007.

