

# Aula 21 - Multimídia: RTP, RTCP, SIP

Diego Passos

Universidade Federal Fluminense

Redes de Computadores II

# Na Última Aula (I)...

- Redes de Distribuição de Conteúdo:
  - Conteúdos replicados em **vários servidores**.
  - Servidores **distribuídos geograficamente**.
  - Cada cliente é servido por **bom servidor**.
  - Evita:
    - **Ponto único de falha**.
    - Congestionamento gerado por **concentração do tráfego**.
    - Caminhos longos para certos clientes.
- Estudo de caso: Netflix.
  - Três tipos de servidores:
    - Registro/pagamento.
    - Navegação de catálogo.
    - Entrega de conteúdo.
      - **CDN**.
  - Usa *streaming* **adaptativo**.
- VoIP:
  - **Fortes requisitos** de latência.
    - Evitar prejuízo da conversação.
  - **Alternância** entre fala e silêncio.
  - Em período de fala, pacotes gerados (tipicamente) a cada 20 ms.
    - Pacotes pequenos, **overheads significativos**.

# Na Última Aula (II)...

- VoIP (mais):
  - Perda de pacotes:
    - Por perda **efetiva** do datagrama.
    - Ou simplesmente por **atraso excessivo**.
    - Certo grau de **tolerância**, varia com a codificação.
  - Jitter:
    - Dificulta gerência do atraso.
      - Sem jitter, bastaria **atraso de reprodução fixo**.
      - Com jitter, certos pacotes podem expirar (perdidos).
    - Alternativa: atraso de reprodução **adaptativo**.
      - Estimar atraso, média movente.
      - Usar momentos de **silêncio** para alterar atraso de reprodução.
  - Perda de pacotes.
    - Requisitos temporais fortes, **retransmissões inviáveis**.
    - Soluções:
      - FEC 1: inserir **redundância**, **corrigir** erros.
      - FEC 2: transmitir fluxo adicional de **baixa qualidade**.
      - *Interleaving*: transmitir partes de trechos de forma *embaralhada*.

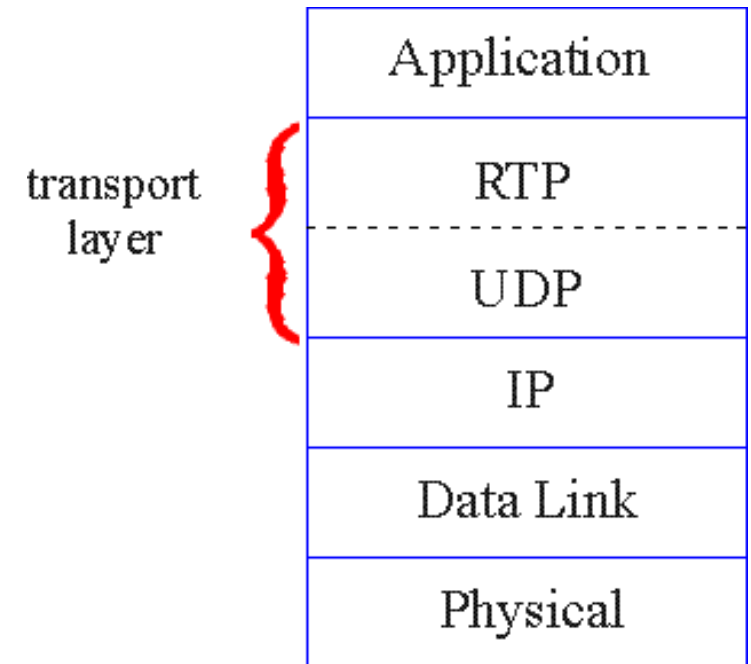
# Protocolos para Aplicações de Tempo Real

# Real-Time Protocol (RTP)

- RTP especifica estrutura para pacotes que carregam áudio, vídeo.
- RFC 3550.
- Pacotes RTP proveem:
  - Identificação do tipo do *payload*.
  - Números de sequência.
  - *Timestamps*.
- RTP roda nos sistemas finais.
- Pacotes encapsulados em segmentos UDP.
- Interoperabilidade: se duas aplicações VoIP rodam sob RTP, elas podem ser capazes de interoperar.

# RTP Roda Sobre UDP

- Bibliotecas RTP proveem interface de camada de transporte que estende UDP:
  - Número de porta, endereços IP.
  - Identificação do tipo de *payload*.
  - Número de sequência.
  - *Timestamp*.



# RTP: Exemplo

- **Exemplo:** enviar fluxo de voz de 64 kb/s usando codificação PCM sobre RTP.
- Aplicação coleta dados codificados em trechos de 20 ms = 160 bytes.
- Trecho de áudio + cabeçalho RTP formam pacote RTP, encapsulado em segmento UDP.
- Cabeçalho RTP indica tipo de codificação de áudio em cada pacote.
  - Transmissor pode alterar codificação durante a chamada.
- Cabeçalho RTP também contém números de sequência, *timestamps*.

- RTP **não** provê qualquer mecanismo para garantir prazos de entrega dos pacotes ou qualquer outro requisito de QoS.
- Encapsulamento RTP só é visto nos sistemas finais (*i.e.*, **não** é visto pelos roteadores intermediários).
  - Roteadores proveem serviço de melhor esforço.
  - Não há qualquer esforço especial para garantir entrega dos pacotes no prazo.
    - Nem em ordem.
    - Alias, nem sequer a entrega é garantida!



# Cabeçalho RTP (I)

<i>payload type</i>	<i>sequence number</i>	<i>time stamp</i>	<i>Synchronization Source ID</i>	<i>Miscellaneous fields</i>
-------------------------	----------------------------	-------------------	--------------------------------------	---------------------------------

- **Payload type (7 bits):** indica o tipo de codificação em uso.
  - Se o transmissor altera codificação, receptor é informado por este campo.
    - Tipo 0: PCM  $\mu$ law, 64 kb/s.
    - Tipo 3: GSM, 13 kb/s.
    - Tipo 7: LPC, 2.4 kb/s.
    - Tipo 26: MJPEG.
    - Tipo 31: H.261.
    - Tipo 33: MPEG2.
- **Sequence Number (16 bits):** incrementado em 1 a cada novo pacote RTP.
  - Detecção de pacotes perdidos.

# Cabeçalho RTP (II)

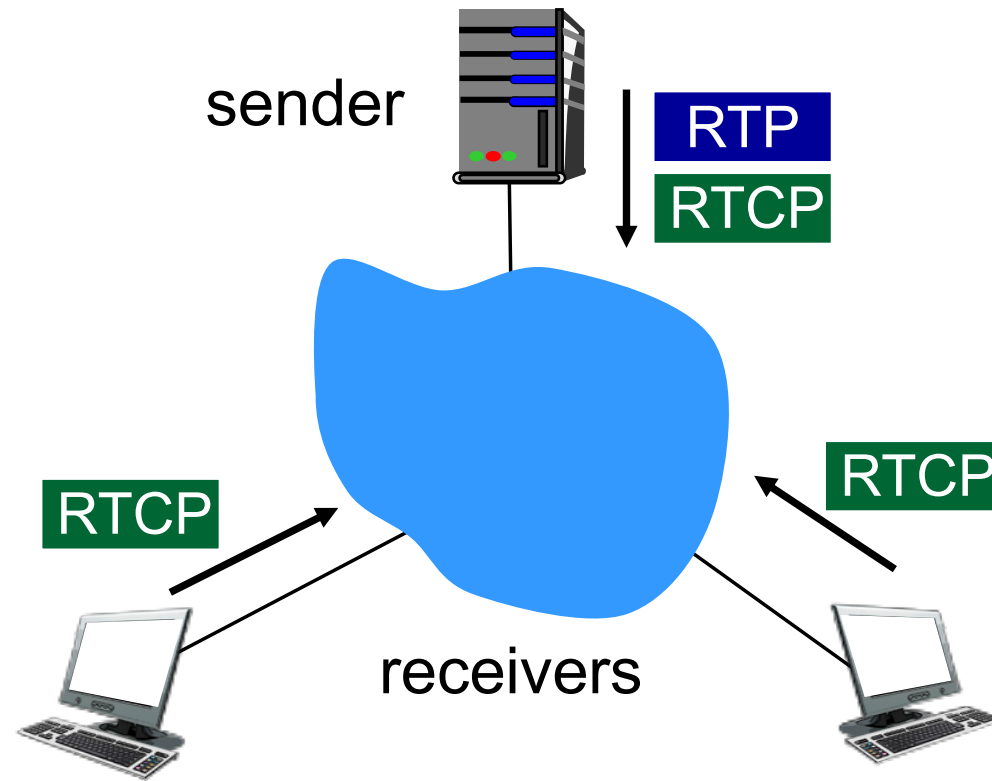
<i>payload type</i>	<i>sequence number</i>	<i>time stamp</i>	<i>Synchronization Source ID</i>	<i>Miscellaneous fields</i>
-------------------------	----------------------------	-------------------	--------------------------------------	---------------------------------

- **Timestamp (32 bits):** momento em que primeiro byte deste trecho foi amostrado.
  - Para áudio, relógio do *timestamp* é incrementado em uma unidade a cada novo período de amostragem.
    - e.g., a cada 125  $\mu$ s para uma frequência de 8 KHz.
  - Se a aplicação gera trechos de 160 amostras, *timestamp* é aumentado em 160 unidades por pacote RTP **durante período de atividade**.
    - Durante períodos de silêncio, relógio do *timestamp* continua sendo incrementado normalmente.
- **SSRC (32 bits):** identifica a fonte do fluxo RTP. Cada fluxo em uma seção RTP tem um SSRC único.
  - Exemplo: um fluxo de áudio e outro de vídeo.

# Real-Time Control Protocol (RTCP)

- Trabalha em conjunto com o RTP.
- Cada participante em uma sessão RTP periodicamente envia pacotes de controle RTCP para todos os outros participantes.
- Cada pacote RTCP contém relatórios do transmissor e/ou receptor.
  - Reportam estatísticas úteis para a aplicação: # de pacotes enviados, # de pacotes perdidos, jitter.
- *Feedback* usado para controlar o desempenho.
  - Transmissor pode alterar transmissão com base neste *feedback*.

# RTCP: Vários Transmissores Multicast



- Cada sessão RTP: tipicamente um único endereço multicast; todos os pacotes RTP/RTCP da sessão usam o endereço multicast.
- Pacotes RTP, RTCP são diferenciados através dos números de porta.
- Para limitar o tráfego, cada participante reduz o tráfego RTCP a medida que o número de participantes aumenta.

# RTCP: Tipos de Pacotes

- **Pacotes de relatório do receptor:**

- Fração de pacotes perdidos.
- Último número de sequência.
- Jitter médio.

- **Pacotes de relatório do transmissor:**

- SSRC do fluxo RTP.
- Tempo atual.
- Número de pacotes enviados.
- Número de bytes enviados.

- **Pacotes de descrição da fonte:**

- Endereço de e-mail do transmissor.
- Nome do transmissor.
- SSRC do fluxo RTP associado.
- Provê mapeamento entre SSRC e o nome do usuário/host.

# RTCP: Sincronização de Fluxos

- RTCP pode sincronizar vários fluxos de mídia diferentes em uma mesma sessão RTP.
- *e.g.*, aplicação de videoconferência: cada transmissor gera um fluxo de áudio e um fluxo de vídeo.
- *Timestamps* nos pacotes RTP associados ao relógio de amostragem do áudio/vídeo.
  - **Não** ao tempo de parede.
- Cada pacote de relatório do transmissor contém (para o pacote mais recente gerado no fluxo correspondente):
  - *Timestamp* do pacote RTP.
  - Tempo de parede do momento de geração do pacote.
- Receptores casam informações para sincronizar reprodução de áudio e vídeo.

# RTCP: Limitação da Banda Consumida

- **RTCP tenta limitar seu tráfego a 5% da banda da sessão.**

- Exemplo: um transmissor, enviando vídeo a 2 Mb/s.
- RTCP tenta limitar seu tráfego de controle a 100 kb/s.
- Limite é dividido na proporção de 75% para receptores e 25% para transmissor.

- Os 75 kb/s são igualmente divididos pelos receptores.
  - Com  $R$  receptores, cada um pode gerar tráfego RTCP a  $75/R$  kb/s.
- Transmissor pode enviar tráfego RTCP a taxa de 25 kb/s.
- Participantes determinam período de transmissão dos pacotes RTCP calculando tamanho médio dos pacotes e dividindo pela taxa alocada.

# SIP: Session Initiation Protocol [RFC 3261]

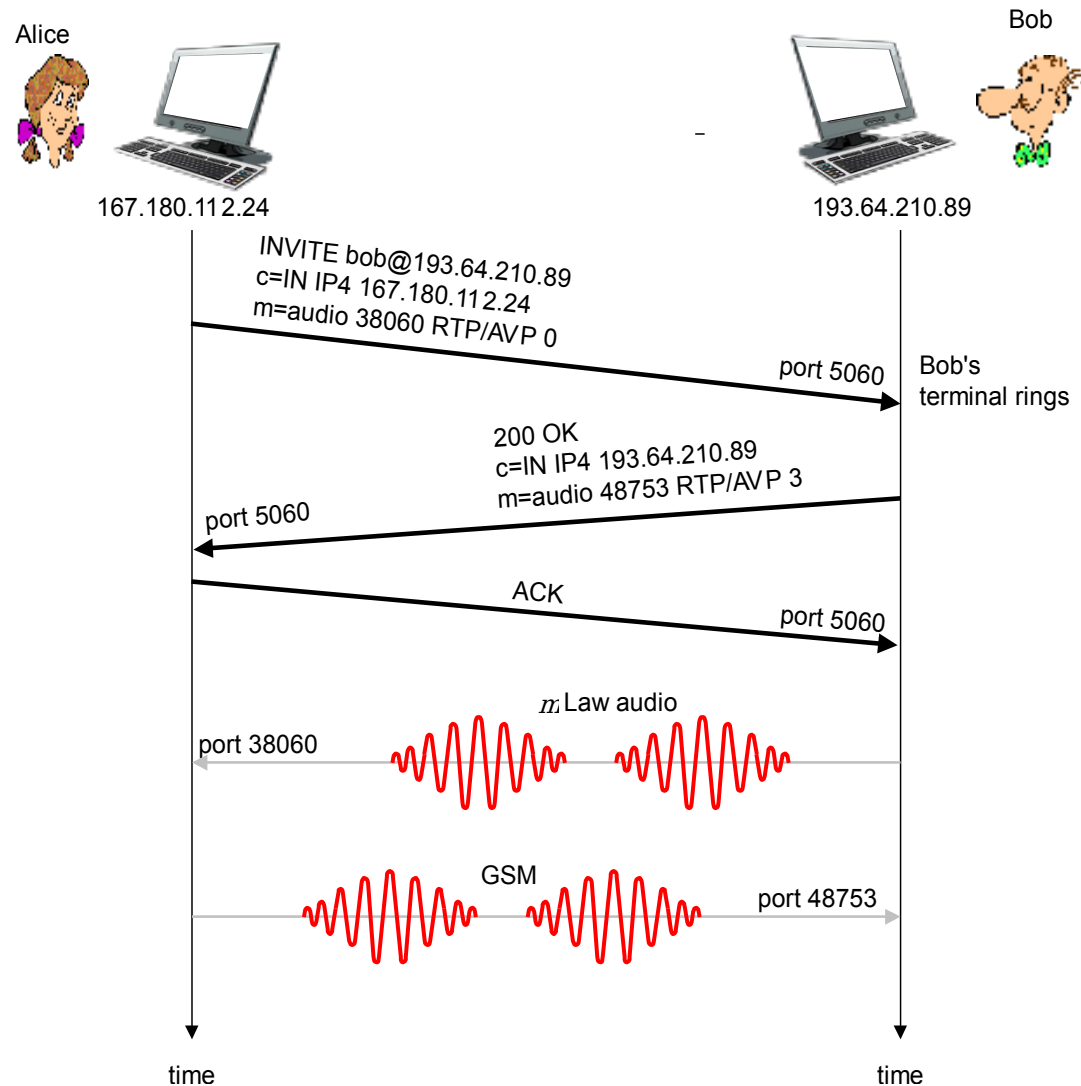
- **Visão a longo prazo:**

- Todas as chamadas de telefone, videoconferências acontecem via Internet.
- Pessoas identificadas por nome ou endereço de e-mail, ao invés de números de telefone.
- É possível alcançar o destinatário (se ele assim deseja), independentemente de sua localização e de qual dispositivo IP ele usa no momento.



- SIP provê mecanismos para configuração de chamadas:
  - Para que a origem permita ao destinatário saber que deseja estabelecer uma chamada.
  - Para que origem e destinatário concordem sobre o tipo de mídia e codificação.
  - Para terminar a chamada.
- Determina o endereço IP atual do destinatário.
  - Mapeia identificador mnemônico ao IP atual.
- Gerenciamento de chamada:
  - Adição de novos fluxos de mídia durante a chamada.
  - Alteração da codificação durante a chamada.
  - Convite a outros usuários.
  - Transferência de chamadas, chamada em espera.

# Exemplo: Configuração de Chamada para Endereço IP Conhecido



- Mensagem SIP de convite gerada por Alice indica o seu número de porta, endereço IP, codificação preferencial (PCM  $\mu$ law).
- A mensagem 200 OK gerada por Bob indica o seu número de porta, endereço IP, codificação preferencial (GSM).
- Mensagens SIP podem ser enviadas por TCP ou UDP; no exemplo, é usado UDP.
- Número de porta padrão do SIP é a 5060.

# Configuração de Chamada (Mais)

- Negociação de codificador:
  - Suponha que Bob não possua o codificador PCM  $\mu$ law.
  - Bob responderá com a mensagem **606 Not Acceptable Reply**, listando suas codificações suportadas.
    - Alice pode, então, enviar uma nova mensagem de convite, anunciando uma codificação diferente.
- Rejeitando uma chamada:
  - Bob pode rejeitar chamadas com respostas “busy”, “gone”, “payment required”, “forbidden”.
  - Mídia pode ser transmitida via RTP ou algum outro protocolo.

# Exemplo de uma Mensagem SIP

```
INVITE sip:bob@domain.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 167.180.112.24
From: sip:alice@hereway.com
To: sip:bob@domain.com
Call-ID: a2e3a@pigeon.hereway.com
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 885

c=IN IP4 167.180.112.24
m=audio 38060 RTP/AVP 0
```

- Notas:

- Sintaxe de mensagem HTTP.
- sdp = Session Description Protocol.
- Campo Call-ID é único para cada chamada.

- Aqui, não conhecemos o endereço IP de Bob.
  - Servidores SIP intermediários são necessários.
- Alice envia e recebe mensagens SIP usando a porta padrão 5060.
- Alice especifica no cabeçalho que o cliente SIP envia e recebe mensagens sobre UDP.

# Tradução de Nomes, Localização de Usuários

- Origem deseja chamar destinatário, mas conhece apenas o nome ou e-mail.
- Precisa obter endereço IP do host atual do destinatário.
  - Mobilidade.
  - DHCP.
  - Usuário possui vários dispositivos (PC, smartphone, ...).
- Resultado pode ser baseado em:
  - Horário do dia (trabalho, casa).
  - Origem da chamada (não quer o chefe ligando para a sua casa).
  - Status do destinatário (chamadas podem ir para a secretária eletrônica, quando destinatário já está em outra ligação).

# Registrador SIP

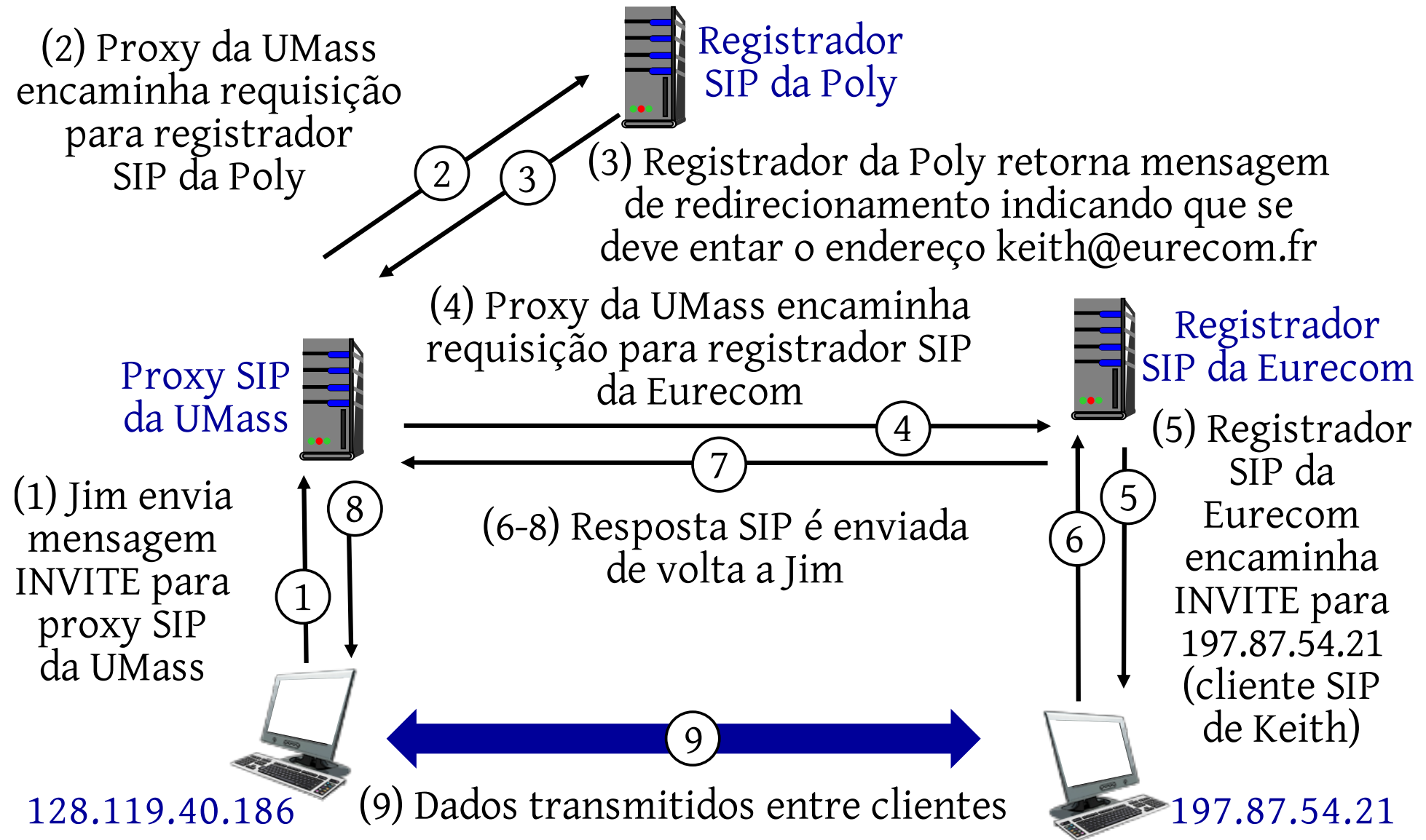
- Uma das funcionalidades de um servidor SIP: **registrador**.
  - Quando Bob inicia seu cliente SIP, cliente envia mensagem de registro para o servidor de registro de Bob.
- **Mensagem de registro:**

```
REGISTER sip:domain.com SIP/2.0  
Via: SIP/2.0/UDP 193.64.210.89  
From: sip:bob@domain.com  
To: sip:bob@domain.com  
Expires: 3600
```

# Proxy SIP

- Outra função do servidor SIP: **proxy**.
- Alice envia mensagem de convite ao seu servidor proxy.
  - Contém endereço `sip:bob@domain.com`.
  - Proxy é responsável por rotear mensagens SIP para o destinatário, possivelmente através de outros proxies.
- Bob envia resposta de volta através da mesma sequência de proxies SIP.
- Proxy retorna a resposta de Bob para Alice.
  - Contém o endereço IP de Bob.
- Proxy SIP é análogo a um DNS local mais o estabelecimento de uma conexão TCP.

# Exemplo do Protocolo SIP: jim@umass.edu Chama keith@poly.edu





# Comparação com o H.323

- H.323: outro protocolo de sinalização para multimídia interativa, em tempo real.
  - H.323: solução completa, integrada, composta de vários protocolos conferência multimídia: sinalização, registro, controle de admissão, transporte, codificação.
  - SIP: componente único. Funciona em conjunto com RTP, mas não é mandatório. Pode ser combinado com outros protocolos, serviços.
- H.323 vem da ITU (telefonía).
  - SIP vem do IETF: empresta vários conceitos do HTTP.
    - SIP tem “cara” de Web.
    - H.323 tem “cara” de telefonía.
  - SIP usa o princípio KISS: **K**ee**P** **I**t **S**imple **S**tupid.

# Resumo da Aula...

- RTP: *Real-Time Protocol*.
  - Define **estrutura** de pacote de áudio, vídeo.
    - *Timestamp*, # de sequência, codificação, ...
  - Roda **sobre UDP**.
  - Padrão, permite **interoperabilidade**.
  - **Não provê garantias de entrega**.
- RTCP: *Real-Time Control Protocol*.
  - Trabalha **em conjunto** com o RTP.
  - Pacotes de controle são enviados **periodicamente**.
    - Transmissores e receptores.
  - Estatísticas, informações ajudam em **sincronização, adaptação**.
- SIP: *Session Initiation Protocol*.
  - **Configuração** de chamadas.
    - **Localização** do destinatário.
    - Acordo sobre **codificações**.
  - **Gerenciamento** de chamadas.
    - Adição de **novos fluxos**.
    - Alteração de **codificação**.
    - Convide a **novos** usuários.
    - **Transferência** de chamadas.
    - **Chamada em espera**.
  - Utiliza servidores para:
    - Proxy.
    - Registro de localização de usuários.
  - Simples, mensagens de texto, filosofias da web.

# Leitura e Exercícios Sugeridos

- RTP, RTCP, SIP, H.323:
  - Páginas 453 a 464 do Kurose (Seção 7.4).
  - Exercício de fixação 10, 11 e 12 do capítulo 7 do Kurose.
  - Problemas 15 a 20 do capítulo 7 do Kurose.

# Próxima Aula...

- Última aula sobre multimídia.
- Discutiremos como a rede provê (ou poderia prover) suporte às aplicações.
  - *i.e.*, dar garantias de **qualidade de serviço**.
  - *e.g.*, atraso máximo, banda mínima, ...