



SISTEMAS E REDES MULTISERVIÇO

Capítulo 4 – Arquiteturas e Protocolos Multimédia

INTRODUÇÃO



Implementar **Arquiteturas Multimédia** em redes IP tem implicações nas camadas do modelo TCP/IP (com exceção da camada física):

- A **Camada de Transporte** (protocolos UDP e TCP) tem limitações que têm de ser colmatadas pelas aplicações Multimédia (exemplo: **SIP, SDP, RTP, RTCP**)
- Na **Camada de rede** temos de criar mecanismos para evitar tráfegos elevados que congestionem a rede (**Ex. Multicast**) e mecanismos de **QoS** como vimos nos capítulos anteriores
- Ainda há a questão da **segurança (Ex: TLS)**

RESUMO



- Aplicações Multimédia:
 - Compressão e codificação de áudio e vídeo;
 - Serviços de Voz sobre IP(VoIP);
 - Protocolos SIP, RTP/RTCP;
 - Segurança em VoIP: TLS
- Redes e protocolos Multicast;
- Streaming e RTSP: Serviços de Vídeo sobre a Internet (VCoIP, IPTV, VoD);

NECESSIDADE DE COMPRESSÃO



Para transmitir **vídeo** em redes IP, a compressão de dados é incontornável:

Exemplo: Transmitir vídeo digital em bruto com 1280 × 720 pixels com 8 bits por cor (definição mínima HDTV):

–1280x720= 921600 pixels

–3 cores (RGB): 24 bits por pixel

–921600x24= 22118400 bits por frame

–60 frames por segundo=> 60x22118400= 1327104000bps ≈1,2Gbps!!!!

É necessário aplicar uma taxa de compressão na ordem de 1:1000 para atingirmos débitos de transmissão na casa dos Mbps!

COMPRESSÃO DE VÍDEO: MPEG

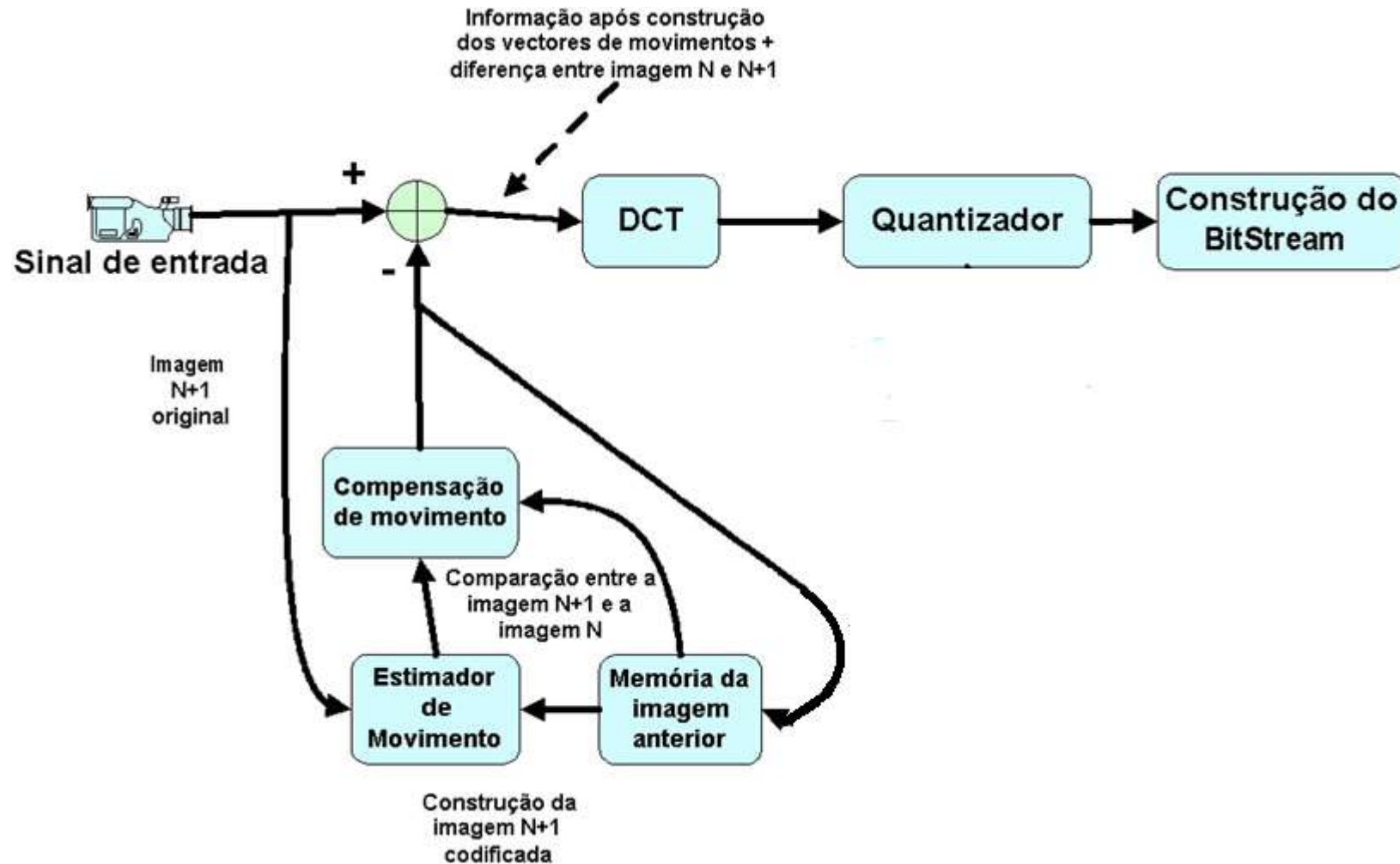


As tecnologias de compressão mais utilizadas são as **MPEG**, principalmente as **MPEG-2** (canais ocupam cerca de 4Mbps) e **MPEG-4/AVC** (1,8Mbps).

A compressão é obtida por:

- **Compensação de movimento**: entre frames consecutivas apenas se transmite a informação modificada;
- Utilização de **vetores de movimento** para determinar a posições de blocos de pixels na imagem seguinte;
- Eliminação de informação redundante por **tratamento matemático** dos dados anteriores (tipicamente DCT- Transformada discreta de Co-seno);
- **Quantificação e codificação** com códigos mais pequenos para as ocorrências mais frequentes.

COMPRESSÃO DE VÍDEO: MPEG



VOIP



O **VoIP (Voice over IP)** é o transporte de sinais de voz digitalizados em pacotes IP.

- Não é o mesmo que voz sobre Internet. A utilização de voz em cima de uma LAN também é VoIP;

A utilização de Voz em IP (VoIP) está em grande expansão tendo já ultrapassado o volume de tráfego da voz tradicional.

Para a voz ser transportada em IP, primeiro tem de ser “codificada”, ou seja, traduzida em zeros e uns que serão encapsulados em pacotes IP.

As exigências de reduzidos atrasos e jitter implicam um tratamento diferenciado na rede.

CODECS para VoIP



- Os Codecs para VoIP asseguram os mecanismos de **codificação** e **compressão**. Alguns exemplos:

| Padrão | Bit Rate | Observações |
|-------------|---------------|---|
| G.711 – PCM | 64kbps | Utilizado nas redes telefónicas tradicionais. Não faz compressão. |
| G.726 | 16/32/40 kbps | Evolução do PCM com compressão. |
| G.729 | Desde 8kbps | Em grande crescimento de utilização |

VOIP



- Para termos um sistema VoIP necessitamos de:
 - Um servidor (proxy) – responsável pela gestão dos utilizadores: configurações, permissões, localização e endereçamento; gestão de áudio e/ou videoconferências;
 - O servidor pode ser hardware (principais fabricantes como a Cisco, Alcatel, Siemens, Mitel, etc) ou puro software a correr num servidor (Asterisk, 3CX, OpenPBX, EdgeBox e os antes indicados) tipicamente desenvolvidos em Linux e por vezes gratuitos...



- Clientes – podem ser um telefone IP, um softphone (telefone em software), um telemóvel que suporte SIP ou H.323, etc.
- Uma rede de comunicações IP com sinalização adequada – p.e. uma LAN ou a Internet, etc. complementadas com o protocolo SIP e , se possível, QoS!

PROTOCOLOS DE SINALIZAÇÃO MULTIMÉDIA



A sinalização de sessões multimédia em IP é necessária para:

- Estabelecer a comunicação;
- Localizar interlocutores;
- Criar um sistema descritivo das sessões que informe os utilizadores dos conteúdos, originador da sessão e parâmetros da mesma.

Vamos analisar o protocolo mais utilizado no VoIP:
o **Session Initiation Protocol (SIP)**

PROTOCOLOS DE SINALIZAÇÃO

MULTIMÉDIA: SIP



O **Session Initiation Protocol (SIP)** é o protocolo mais usado para estabelecer, gerir e terminar sessões multimédia (VoIP, vídeo, messaging, videoconferência, etc). É com ele que se determina:

- Localização do utilizador
- Disponibilidade do utilizador (ligado, desligado, ocupado, etc.)
- Permissões do utilizador
- Estabelecimento da ligação
- Gestão da sessão (ligação), p.e. terminar a sessão.

É um protocolo que permite **Comunicações Unificadas**

SIP e VOIP



- Com o SIP, paralelamente a um número de voz, cada utilizador (**User Agent- UA**) tem um endereço (**URI**) semelhante a uma mailbox (manuel@empresa.pt);
- No momento em que um utilizador liga o seu telefone ou softphone, envia pacotes SIP REGISTER para o servidor validar as credenciais e criar uma associação do URI com o endereço IP;
- Desta forma, o utilizador pode registar-se a partir de qualquer local onde tenha conectividade IP com o seu servidor;
- O servidor sabe, em qualquer instante, qual a máquina / endereço IP em que um determinado utilizador está e assim pode-lhe encaminhar as suas chamadas;
- O utilizador ganha mobilidade pois deixa de estar obrigado a uma ligação física ao servidor e pode estar em qualquer sítio onde tenha ligação por IP ao seu servidor de VoIP!

Protocolo SIP

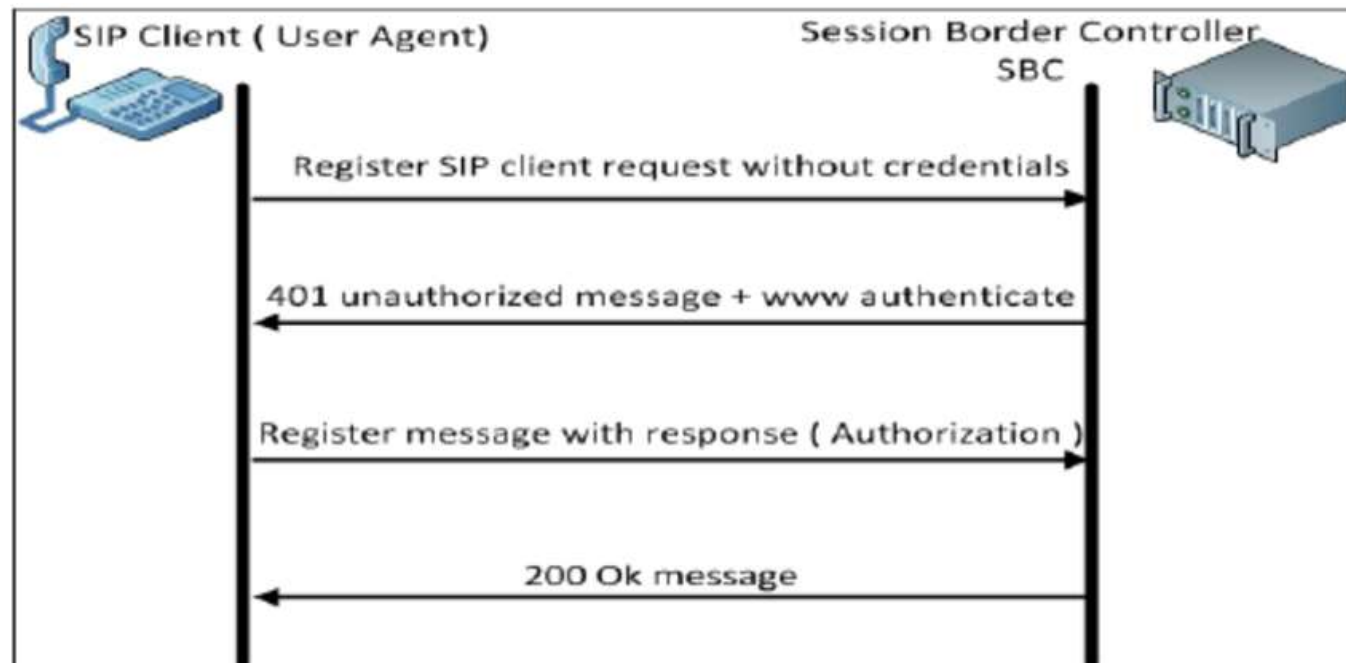


- Sequência de operações do SIP:
 1. O utilizador contacta o servidor VoIP SIP (Registrar) para se registar – pacotes SIP REGISTER
 2. O Servidor verifica o pedido e solicita as credenciais;
 3. O utilizador responde-lhe com as credenciais
 4. O processo de registo termina com a aceitação do utilizador das parametrizações enviadas pelo servidor – pacote SIP ACK

Protocolo SIP



- Sequência de operações do SIP (Registro):



Protocolo SIP



1. Para fazer uma chamada o utilizador envia ao seu servidor um pedido de ligação (mensagem **SIP INVITE**);
2. O servidor verifica se o destinatário está no seu domínio:
 - a) Se sim, encaminha esse INVITE para o destino
 - b) Se estiver fora, atua como proxy e consulta o DNS para obter o endereço IP do servidor onde o utilizador destino está registado;
3. O servidor envia ao originador pacotes SIP **Trying** (enviou o pedido de chamada) e **Ringing** (sinal sonoro de chamada)
4. O utilizador que está a ser chamado aceita ou não através de um pacote SIP **OK** ao qual o chamador responde diretamente ao recetor com **ACK**.
5. Depois de estabelecida a ligação, o SIP não intervém. Todo o controlo fica a cargo de outros protocolos como o RDP, o RTP ou o RTCP (ver slides seguintes).
6. Quando um dos utilizadores pretende terminar a chamada tem de enviar um pacote **SIP BYE** respondido com **ACK**.

Protocolo SIP

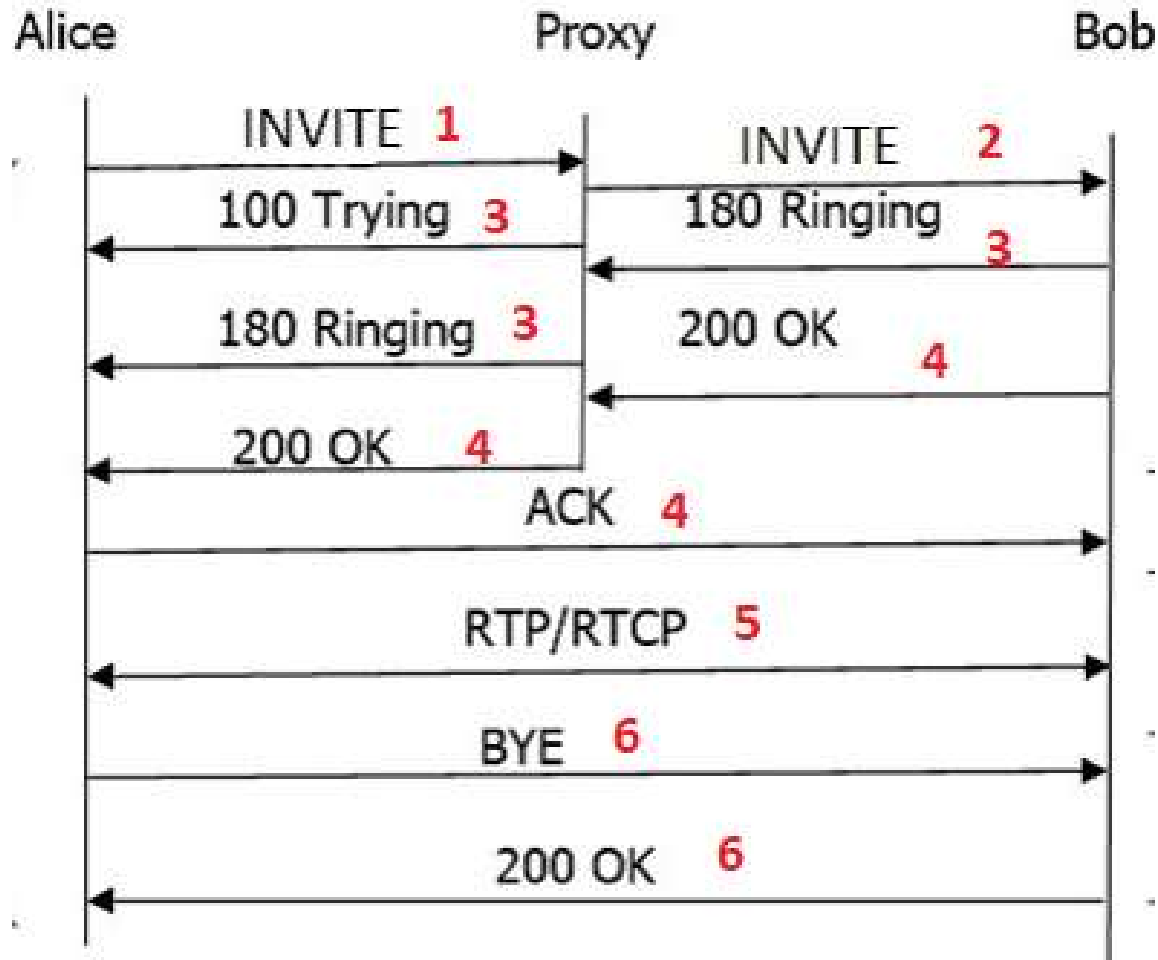


Imagem retirada de www.tutorialspoint.com

SIP e SDP



O SIP é complementado pelo protocolo **SDP – Session Description Protocol** para fornecer aos utilizadores informações acerca das sessões.

A função é descrever a sessão para que os utilizadores possam tomar a decisão de aderir ou não.

Inclui informação acerca de:

- Nome e objetivo da sessão
- Informação para acesso à sessão
- Originador da sessão
- Endereços IP, portas e codecs.
- Outras informações

SIP e SDP

Exemplo de uma mensagem SIP com SDP :

Cabeçalho do pacote SIP:

- INVITE sip:rui@192.168.1.124 SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 10.10.1.99:5060;branch=z9hG4bK343bf628;rport
From: "Test 15" <sip:manel@192.168.1.112>;tag=as58f4201b
To: <sip:rui@192.168.1.124>
Contact: <sip:manel@192.168.1.112>
Call-ID: 326371826c80e17e6cf6c29861eb2933@192.168.1.112
CSeq: 102 INVITE
User-Agent: Asterisk PBX
Max-Forwards: 70
Date: Wed, 06 Dec 2009 14:12:45 GMT
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, SUBSCRIBE, NOTIFY
Supported: replaces
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 244

SIP e SDP



Parte respeitante ao SDP (incluída num pacote SIP Invite):

v=0 – *versão do protocolo, tipicamente zero*

o=root 1450 1450 IN IP4 192.168.1.112 – *Originador da sessão, ID da sessão, tipo de rede e endereço*

s=session – *nome da sessão*

c=IN IP4 192.168.1.112 – *Endereço IP do originador*

t=0 0 – *tempo em que a sessão estará ativa*

m=audio 11424 RTP/AVP 0 8 101 – *tipo de media, protocolo de transporte e codec*

a=rtpmap:0 PCMU/8000 – *a partir daqui estão atributos opcionais*

a=rtpmap:8 PCMA/8000

PROTOCOLOS RTP/RTCP



As aplicações Multimédia em tempo real preferem a utilização do protocolo de transporte UDP em detrimento do TCP:

- Cada pacote TCP não recebido obriga a reenvio por parte do emissor, o que pode ser incompatível com a transmissão ao vivo;
- O TCP não suporta multicast
- O mecanismo de controlo de congestionamento obriga a uma “partida lenta” (slow start)
- O cabeçalho TCP é muito maior que o UDP (40 bytes vs 8 bytes)

No entanto, o protocolo UDP é muito limitado nas garantias de estabelecimento e manutenção da sessão.

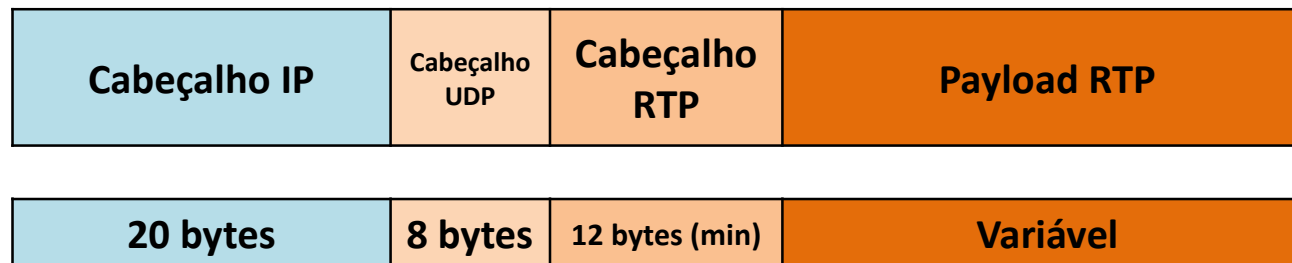
PROTOCOLOS RTP/RTCP



- Para compensar a ausência de garantia de entrega de pacotes do UDP, é utilizado o protocolo **Real Time Protocol (RTP)**, desenhado para suportar aplicações de tempo real no que diz respeito à detecção de perdas de pacotes.
 - É o mais importante dos standards desenvolvidos para *streaming* pois todos os pacotes, seja qual for o formato, podem ser encapsulados em pacotes RTP.
 - Complementa o UDP pois, no cabeçalho, tem campos adicionais, entre os quais um marcador de tempo e um número de sequência para permitir a correcta reconstrução.
 - Não pede a retransmissão de pacotes perdidos mas permite identificar perdas!
 - É um protocolo de transferência de informação que pode ser complementado com o **Real Time Control Protocol (RTCP)**, que fornece informações de QoS aos utilizadores do RTP.

PROTOCOLO RTP

- Estrutura do pacote RTP:



- O conteúdo da sessão multimédia está no payload do pacote RTP;
- O cabeçalho RTP (12 a 72 bytes) fornece informação sobre o conteúdo multimédia: e.g. fonte, tamanho, tipo de codificação, nº de sequência e marcador de tempo;
- É transportado dentro do pacote da camada de transporte (UDP ou TCP) e encaminhado dentro do pacote IP.

PROTÓCOLOS RTP



Algumas das funções garantidas pelo **RTP** são :

- Marcação temporal da informação, o que pode ajudar à sincronização do áudio e vídeo p.e.;
- Marcação de sequência - importante porque o UDP não garante uma entrega por ordem de envio;
- Marcação pelo tipo de payload, para identificação dos pacotes pertencentes aos diferentes trechos;
- Identificação da fonte: útil nos casos em que o receptor recebe a informação de fontes distintas.

PROTOCOLOS RTP/RTCP



O **RTCP** recolhe informações sobre a qualidade da transmissão. Implementa principalmente as funções de *feedback* de qualidade de serviço.

- Envia periodicamente pacotes entre o emissor e o recetor com as condições da sessão:
 - percentagem de pacotes RTP perdidos no último período,
 - percentagem de pacotes perdidos desde o início da sessão,
 - diferença de atrasos nos pacotes ou o atraso desde a recepção do último relatório.
- Estas informações são usadas pela fonte ou pelos elementos de rede para a melhoria de desempenho da rede ou alteração de parâmetros de compressão.

Tópicos práticos para VoIP

Ao colocar a **voz de uma empresa em VoIP** devem considerar:

- Poderá haver redução de custos (menores custos de comunicações; não é necessária cablagem dedicada)
- Aumentam a mobilidade dos utilizadores
- Podem integrar com outras apps (p.e. Outlook)
- Poderá haver perda de qualidade e disponibilidade -> para minimizar, utilizar uma VLAN para VoIP com QoS!
- Os aparelhos VoIP são *power dependent*! -> considerar a utilização de PoE (Power over Ethernet)
- O VoIP utiliza a rede informática e os protocolos IP -> cuidados com a segurança!

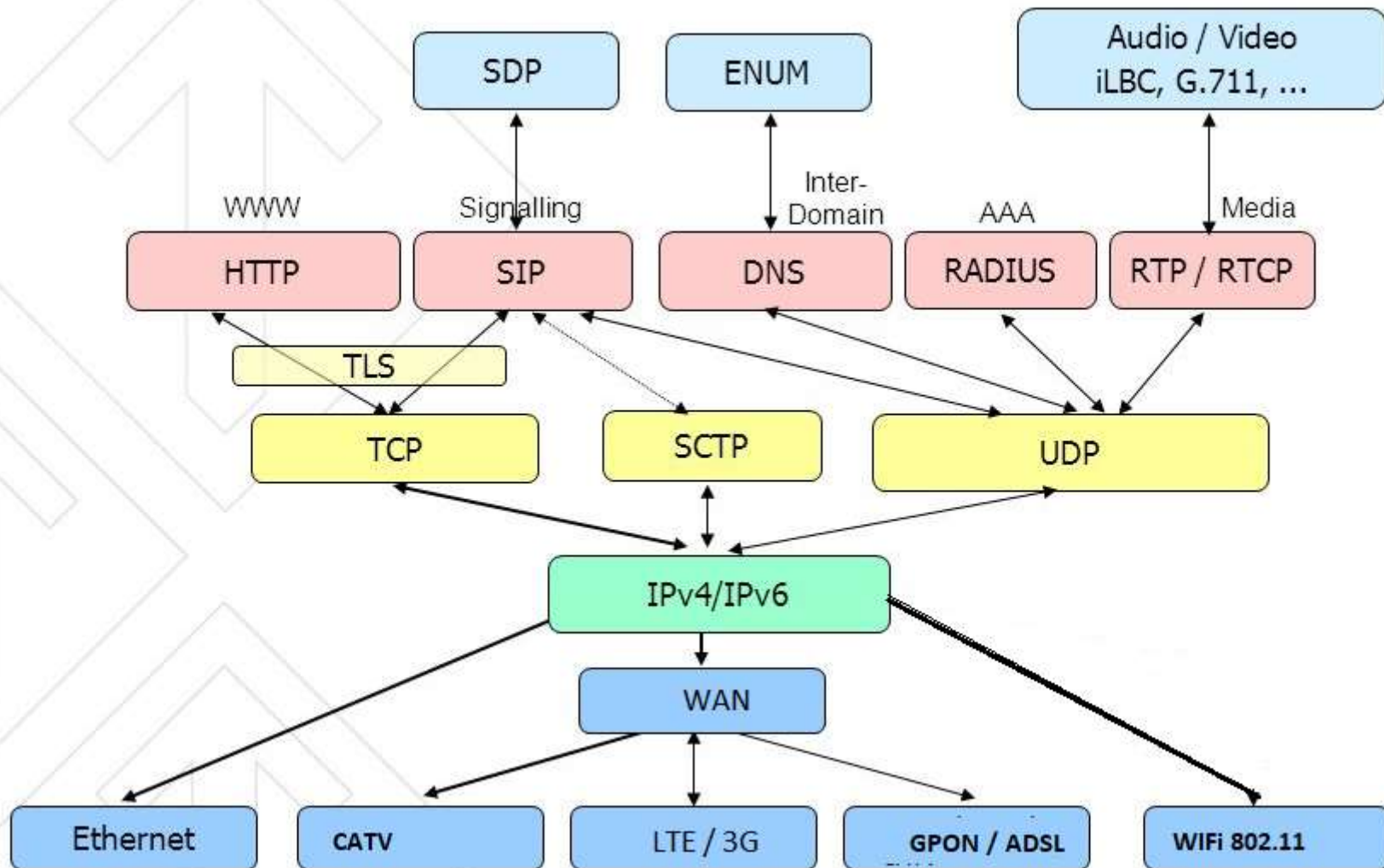
Segurança para VoIP



Para mitigar os problemas de segurança, os serviços VoIP recorrem tipicamente ao **TLS – Transport Layer Security (em TCP)** ou o seu equivalente para UDP: **DTLS (Datagram Transport Layer Security)**

- Protocolo de segurança que evoluiu do SSL – Secure Socket Layer utilizado p.e. no HTTPs
- Trabalha com criptografia e certificados digitais para encriptar:
 - O processo de autenticação
 - A sinalização SIP
 - A comunicação propriamente dita

Resumo Protocolos



RESUMO

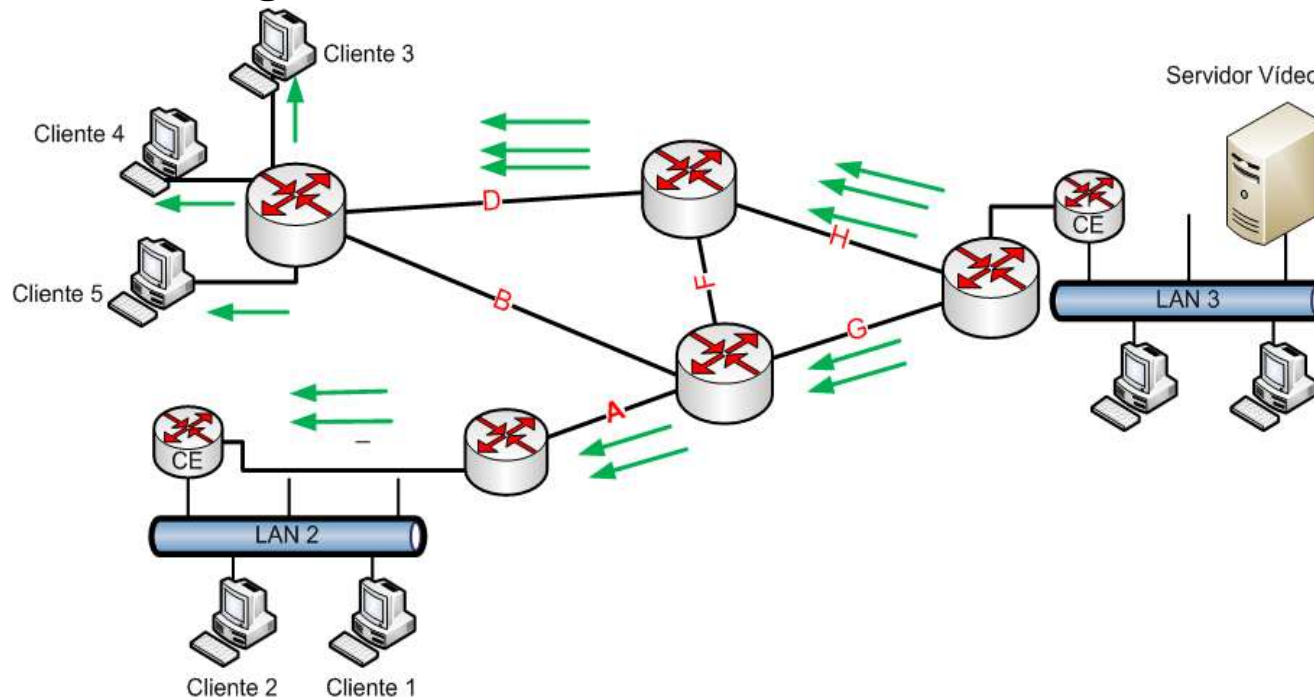


- Aplicações Multimédia:
 - Compressão e codificação de áudio e vídeo;
 - Serviços de Voz sobre IP(VoIP);
 - Protocolos SIP, RTP/RTCP;
 - Segurança em VoIP: TLS
- Redes e protocolos Multicast;
- Streaming e RTSP: Serviços de Vídeo sobre a Internet (VCoIP, IPTV, VoD);

Unicast



Nas redes tradicionais a difusão de informação igual para vários receptores implica a criação de um fluxo de informação por cada receptor desde a origem :

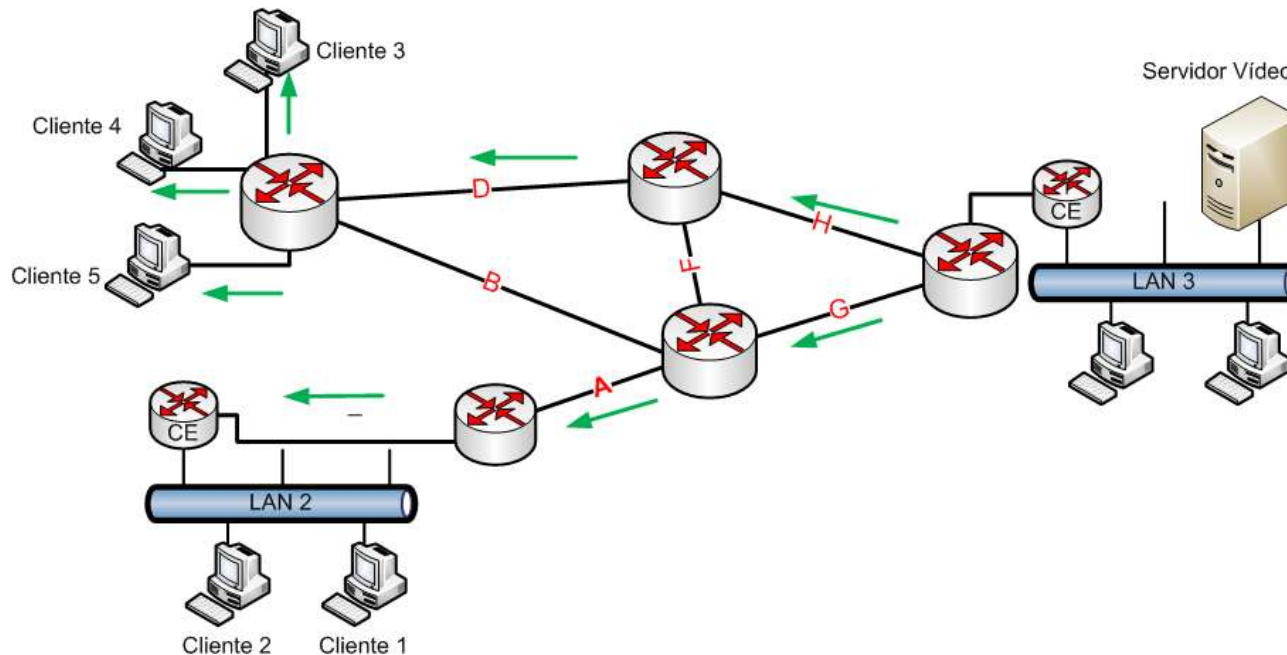


Este modelo (**unicast**) implica um crescimento linear do volume de tráfego na rede por cada utilizador e coloca grandes limitações ao número de clientes servidos.

Multicast



O **Multicast** é uma tecnologia que ultrapassa este problema através do envio de um único fluxo de informação em cada troço :



Em cada troço de rede circula apenas uma unidade do pacote de informação. A replicação é feita nos equipamentos (router, switch) onde existe necessidade de derivação da informação.

Multicast - Grupos

A utilização de Multicast é essencial para a difusão de canais de TV.

No entanto, nem todos os clientes recebem o mesmo conjunto de canais ou, no caso do IPTV, a cada momento cada cliente recebe um conjunto restrito de canais.

Um **Grupo Multicast** representa um conjunto de hosts que recebem a mesma difusão Multicast.

É um conceito importante em multicast pois é com base nas adesões dos hosts a grupos que os Routers decidem encaminhar ou não pacotes desse grupo para jusante.

Multicast - endereçamento

Desde o início do IPv4 que estão previstas gamas de **endereços IP reservados** para Multicast:



(Em decimal: 224.0.0.0 até 239.255.255.255)

No caso do IPv6:



O Group ID não identifica um host mas sim um **Grupo Multicast**. Todas as máquinas que pretendem aceder ao conteúdo têm de aderir ao Grupo e ficar à escuta de pacotes com este Group ID ou seja, destinados a esse endereço IP.

Multicast - IGMP



Há dois **problemas** distintos a resolver:

1. Identificar todos os hosts do grupo (**sinalização/ gestão de grupos**)

– Nas redes IPv4 é o **IGMP** (*Internet Group Multicast Protocol*)

– Em IPv6 é o **MLD** (*Multicast Listener Discovery*).

2. Criar árvores de distribuição (**protocolos de encaminhamento Multicast**)

Multicast - IGMP



O **protocolo IGMP** é utilizado pelos clientes para comunicarem aos Routers a adesão ou abandono de um Grupo Multicast em redes IPv4.

É com base na informação do IGMP enviada pelos clientes que os Routers ou Switchs tomam decisões de encaminhamento de pacotes de um determinado grupo Multicast pelas suas portas.

Também é função do IGMP a verificação periódica da atividade do cliente.

Os Routers terão de informar a montante que têm clientes ligados a um grupo para assim receberem os pacotes desse grupo.

Multicast - IGMP

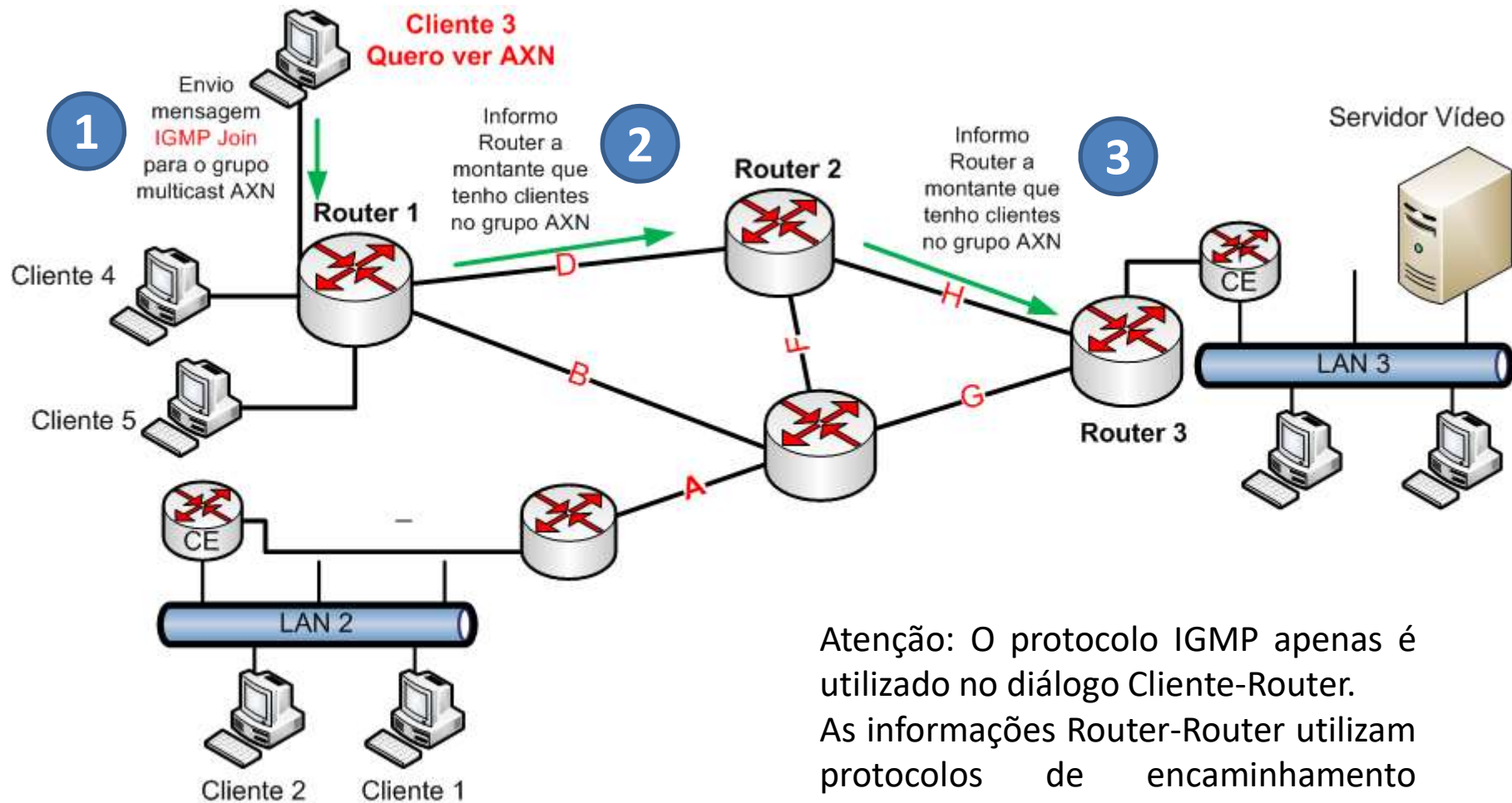


As **mensagens IGMP** enviadas pelos clientes aos routers Multicast (Multicast Agents) podem ser do tipo:

- **Join** – pede a adesão a um grupo
- **Leave** – pede o abandono do grupo
- **Query** – pede uma lista de grupos subscritos.

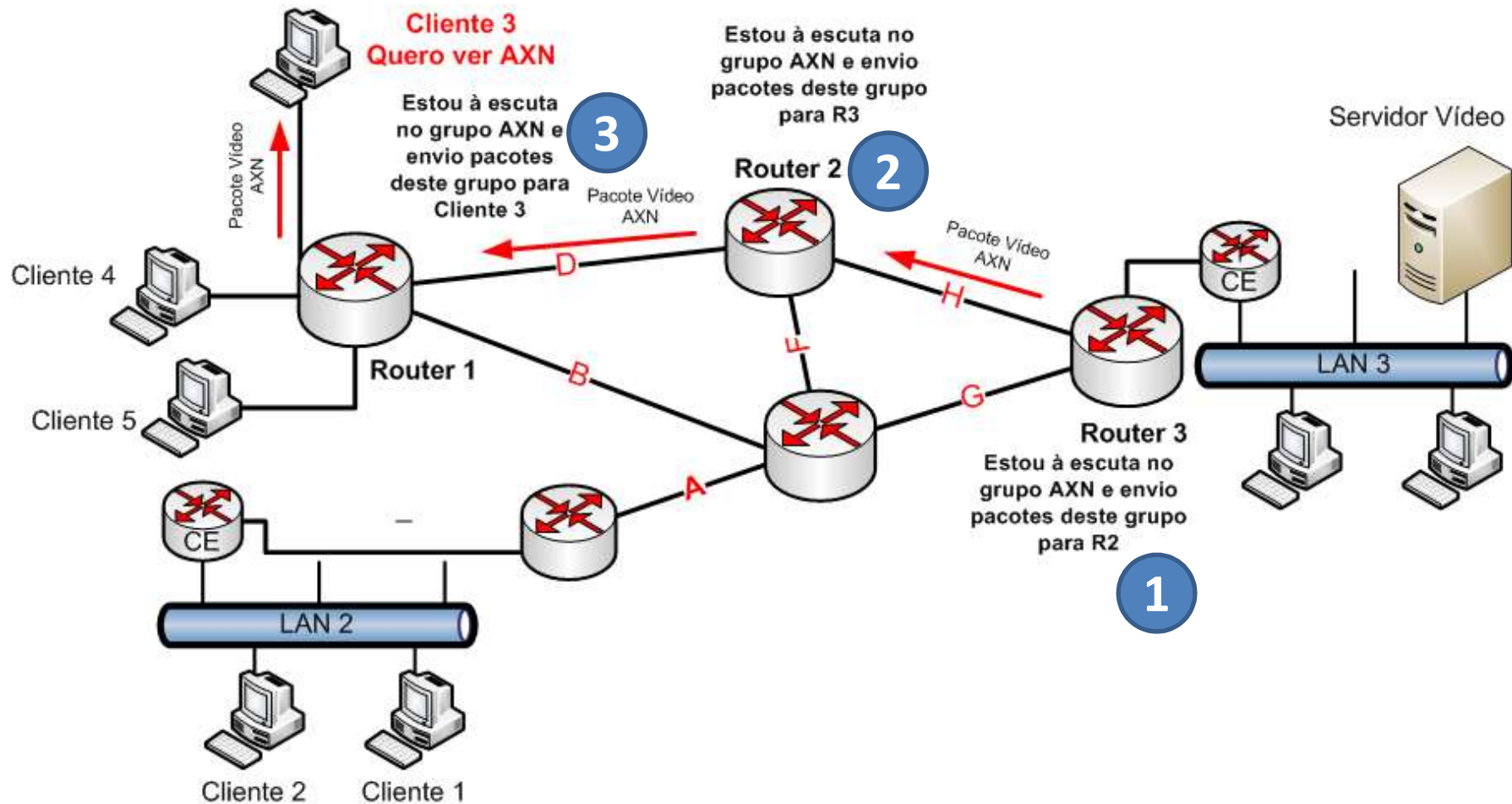
As versões do IGMP em utilização são a V2 e a mais recente versão 3 que permite ainda o envio simultâneo do pedido de Leave e Join.

Multicast – IGMP – adesão a grupos

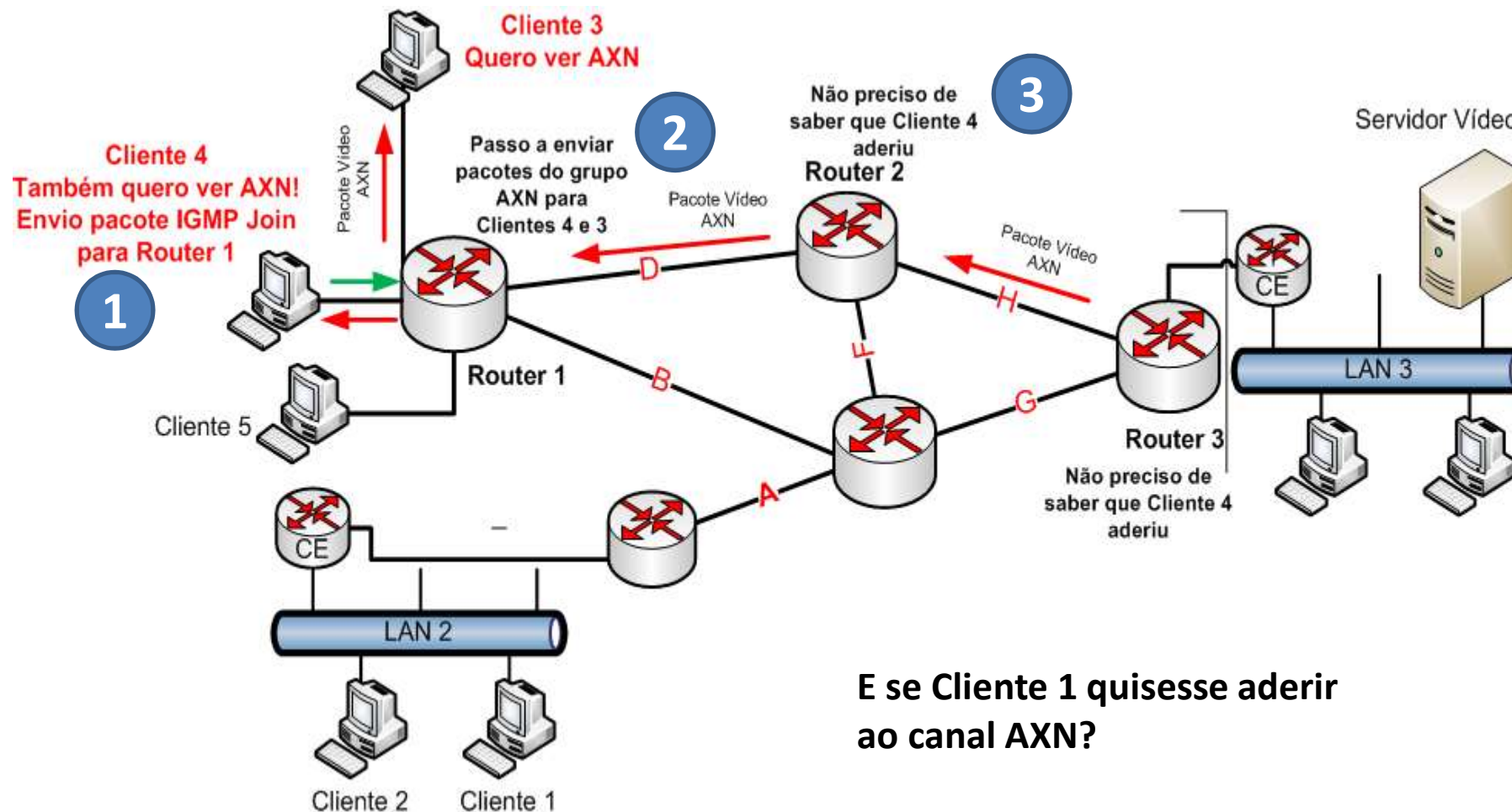


Atenção: O protocolo IGMP apenas é utilizado no diálogo Cliente-Router. As informações Router-Router utilizam protocolos de encaminhamento multicast!

Multicast – IGMP – adesão a grupos

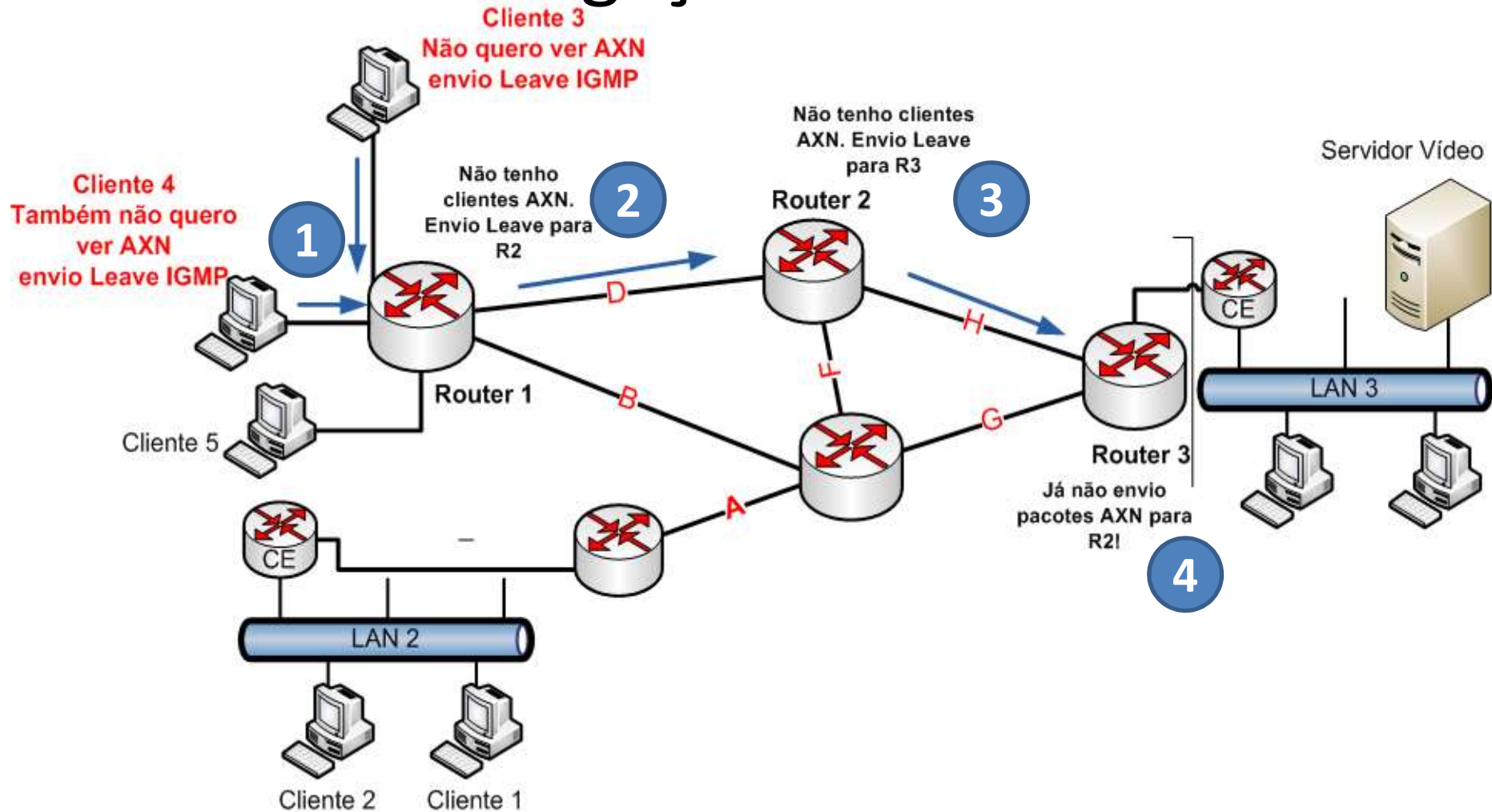


Multicast – IGMP – novas adesões



E se Cliente 1 quisesse aderir ao canal AXN?

Multicast – IGMP – abandono da ligação



MULTICAST e IGMP em IPTV

Na tecnologia IPTV, cada Set Top Box de um cliente envia pacotes “Join” IGMP ao *Multicast Agent* pedindo a adesão a um determinado grupo a que corresponde um canal de televisão.

No caso dos canais de acesso restrito os Multicast Agents e as Set Top Boxes trocam previamente mensagens IGMP com chaves que permitem o acesso a **grupos privados**.

RESUMO



- Aplicações Multimédia:
 - Compressão e codificação de áudio e vídeo;
 - Serviços de Voz sobre IP(VoIP);
 - Protocolos SIP, RTP/RTCP;
 - Segurança em VoIP: TLS
- Redes e protocolos Multicast;
- Streaming e RTSP: Serviços de Vídeo sobre a Internet (VCoIP, IPTV, VoD);

Streaming de Vídeo



Transmissão de Vídeo tradicional:

1. Capturar Imagens
2. Digitalizar, codificar e colocar em servidores.
3. Descarregados para a máquina cliente após um pedido desta ao servidor
4. O utilizador aguarda pela descarga completa do ficheiro para que depois um software adequado na sua máquina faça a descodificação e a sua leitura para a apresentação.

Inconvenientes:

- São necessários grandes espaços de armazenamento
- O tempo que o utilizador tem de esperar;
- Não permite a transmissão de eventos em tempo real.

Streaming de Vídeo



O *Streaming vídeo* permite a transmissão de vídeo em tempo real e a sua apresentação *on-the-fly*, isto é, inicia a apresentação enquanto decorre ainda a sua transmissão.

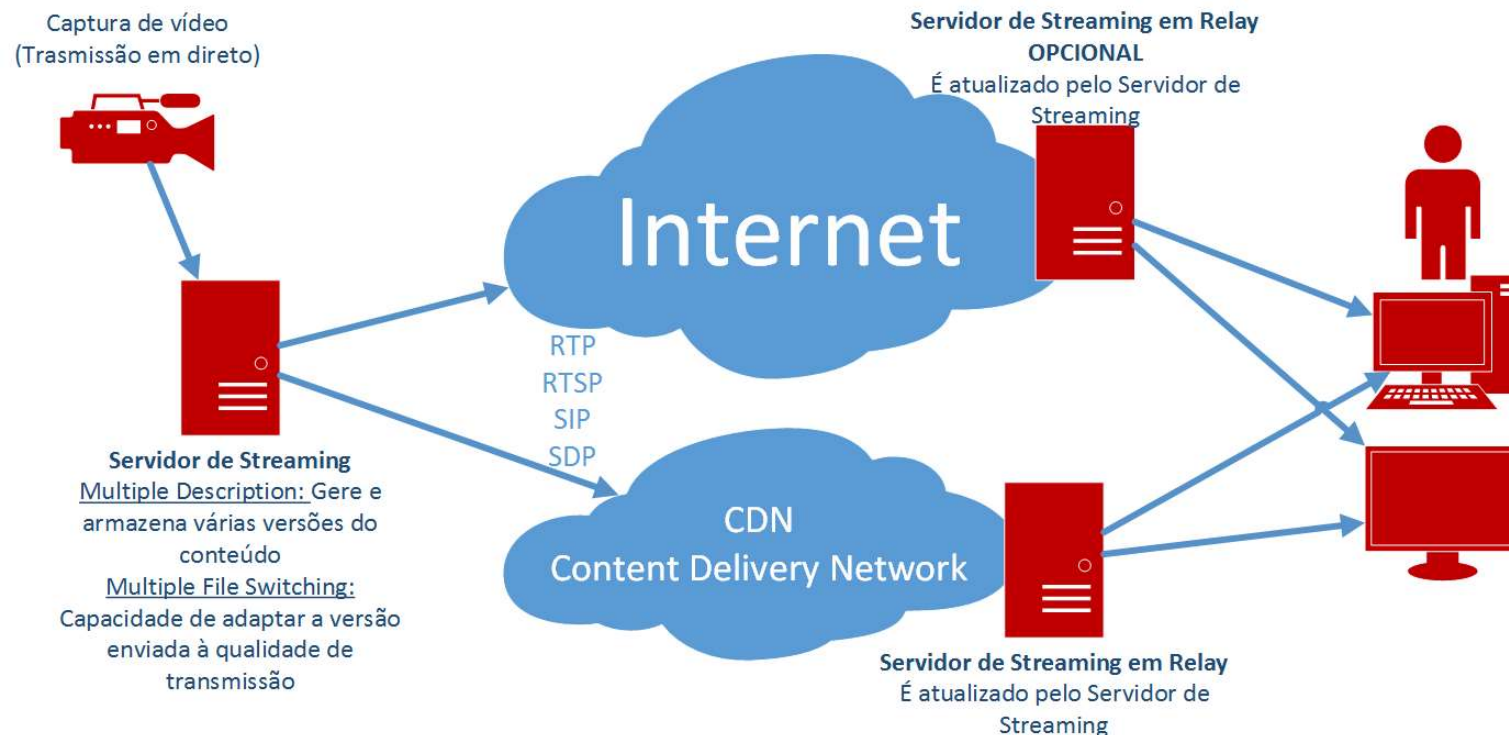
O recetor solicita a transmissão de um determinado vídeo e o servidor inicia a sua transmissão partindo o ficheiro em pacotes que são agrupados em trechos - *streams*: pedaços que podem ser apresentados individualmente independentemente de se ter já visualizado os trechos anteriores.

A aplicação terá de fazer a gestão dos pacotes recebidos, reconstruindo os trechos e colocando-os por ordem de apresentação.

Streaming de vídeo



- **Vantagens do Streaming:**
 - Permite transmissões em direto ou VoD – VideoOnDemand;
 - A informação não fica guardada nos PC's dos clientes;
- **Arquitetura:**



Protocolos para Streaming de Vídeo



Para controlo de cada sessão, os protocolos usados pelo *streaming* de vídeo na Internet são o **Real Time Streaming Protocol (RTSP)** em conjunto com o **Session Initiation Protocol (SIP)** e o **RTP**.

- O **RTSP** permite o controlo de sessões de Unicast ou Multicast em tempo real e possibilita a implementação das funções típicas de um VCR tais como:
 - pause
 - fast forward
 - estabelecimento e controlo dos streams entre os servidores e os clientes
 - informação de conteúdos adicionais disponíveis para transmissão
 - escolha do melhor tipo de sessão para a entrega dos pacotes, passando de unicast a multicast ou até mesmo se isso for possível, implementando a sessão em TCP.

IPTV e VoD

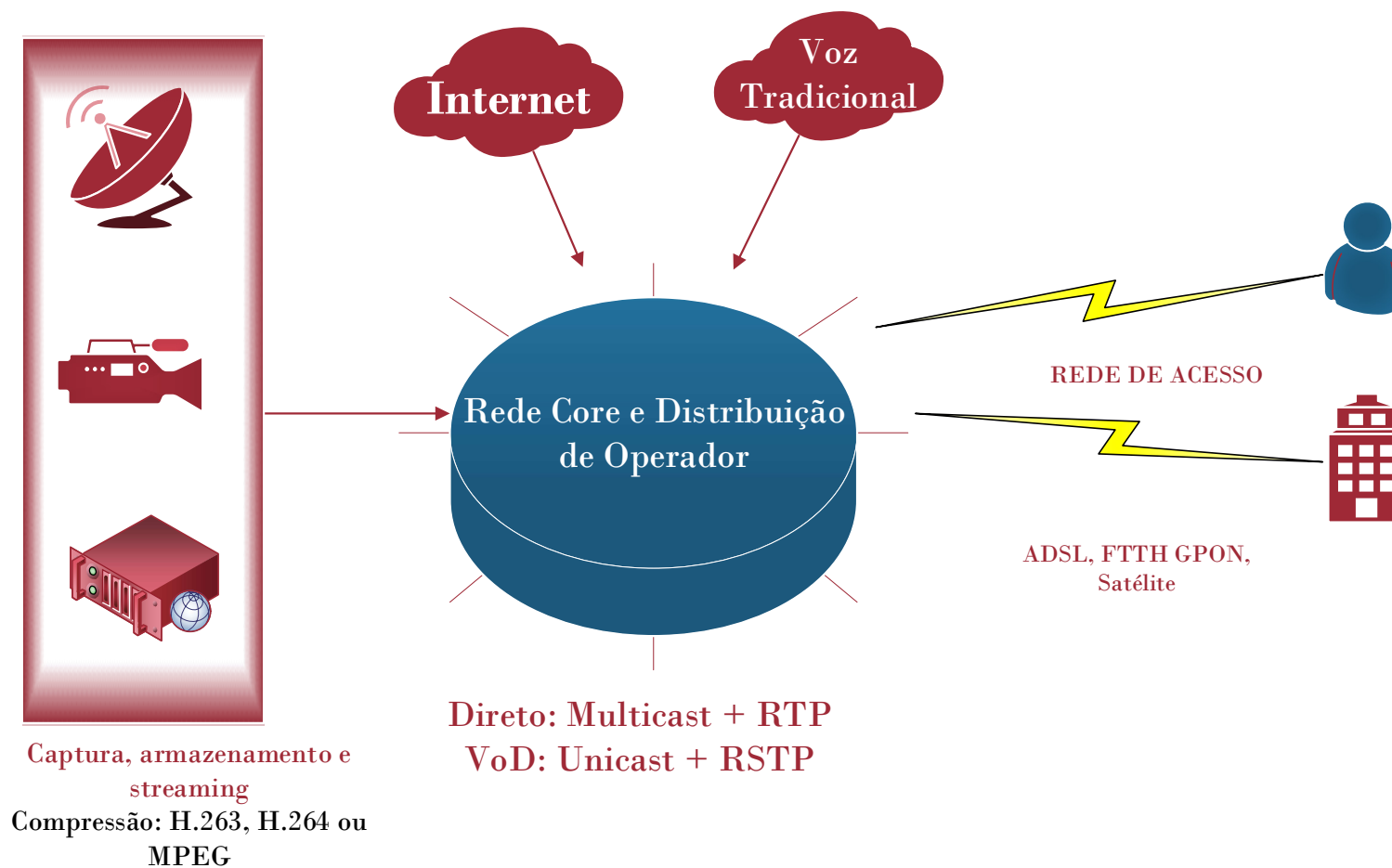


- IPTV – Transmissão de televisão em redes IP
- Consequência natural das Redes IP cada vez mais fiáveis/rápidas e da migração dos operadores tradicionais para IP;
- Aplicação não elástica!
- Pode ser em direto, em diferido ou a pedido (Vídeo On Demand).
- Não é o mesmo que Internet TV

IPTV e VoD



- Arquitetura:



Exemplo de Novos serviços de Vídeo na Internet: Netflix



NETFLIX

- www.netflix.com
- Serviço de Vídeo on Demand em Streaming suportado na Internet desde 2008;
- Possível devido à melhoria dos acessos e preços da Internet;
- Em 2014 já contava com mais de 50 milhões de utilizadores;
- É baseado em HTML5 desde 2010.

Exemplo de Novos serviços de Vídeo na Internet: Netflix



- Todos os conteúdos (filmes, séries, etc.) são digitalizadas em vários formatos de qualidade;
- A Netflix tem uma **Content Delivery Network** própria com vários locais de *storage* para aproximar os clientes dos servidores;
 - Esta CDN é suportada pelos protocolos para multimédia como o SIP, RTP, RTCP, etc.
- Os sistemas de armazenamento são otimizados para Streaming com discos de alta densidade e baixo consumo;
- Cada unidade de storage armazena 100TB de informação-> 10k a 20k filmes
- A livraria total já é superior a 1 PB

Exemplo de Novos serviços de Vídeo na Internet: Netflix



- A ligação da CDN da Netflix ao cliente é suportada nas ligações tradicionais de internet;
- Já há ISPs que têm acordo com a Netflix para alojarem servidores nos seus próprios *Data Centers* e assim terem uma vantagem competitiva neste mercado;
- A CDN tem 20 pontos de *peering* e 10 ISPs com alojamento.

CAPÍTULO 4 - Arquiteturas e Protocolos Multimédia



DÚVIDAS?