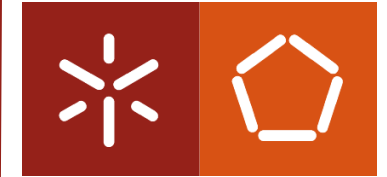


Introdução

Novos Paradigmas de Rede **2023-2024** 2º Semestre



Sumário



- **Introdução**

- Arquiteturas de REDE
- Requisitos da Internet de hoje
- A Arquitetura da Internet de hoje
- Limitações
- Cenários de evolução

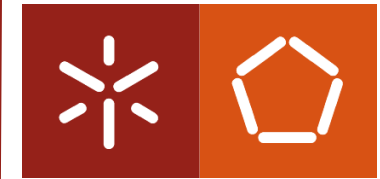
- **Redes de Dados Nomeados (NDNs)**

- **Redes baseadas em Software (SDNs)**

Arquiteturas emergentes de redes



Arquitetura de Rede



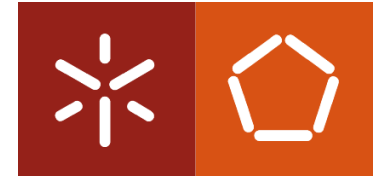
- **Modelo abstrato que:**

- define um conjunto de princípios comuns a todos os componentes
- descreve a organização e comportamento dos sistemas que constituem a rede
- estabelece as regras de comportamento e as relações essenciais entre os componentes da rede

- **A partir dum modelo geral e universal é possível especificar e desenvolver soluções particulares e concretas**

- **Concretamente,** uma Arquitetura de REDE define como é que os componentes da rede são endereçados, como é que o tráfego é encaminhado, de que forma é que os diferentes protocolos de comunicação estão organizados e se relacionam, etc.

Requisitos da Internet de hoje

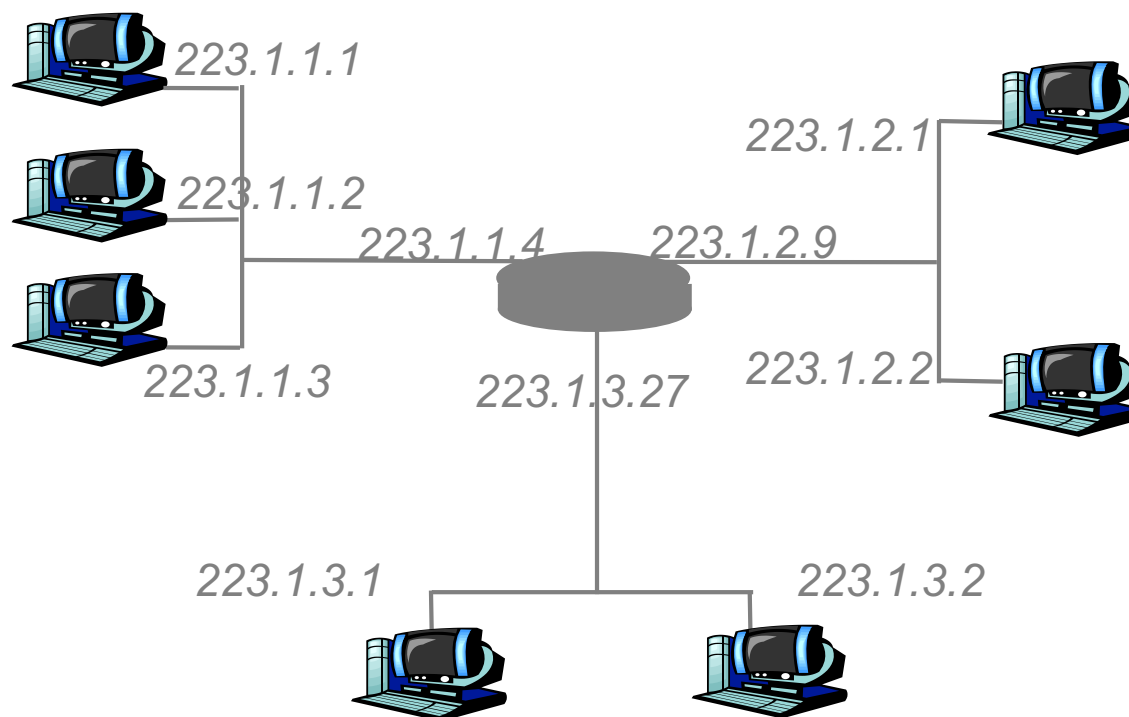


- **A arquitetura da Internet tal como existe hoje em dia, não evoluiu substancialmente desde a década de 80, quando foi adotada a pilha protocolar TCP/IP. Nessa altura, os principais requisitos eram:**
 - Interligação de Redes
 - Conectividade global fim-a-fim
 - Robustez
 - Heterogeneidade
 - Gestão Distribuída
 - Escalabilidade

A arquitetura da Internet de hoje



- As diferentes entidades da rede são endereçadas através do seu respetivo endereço IP, que depende da sua localização, ou seja, quando um sistema terminal ou router muda de localização terá também que mudar de endereço.

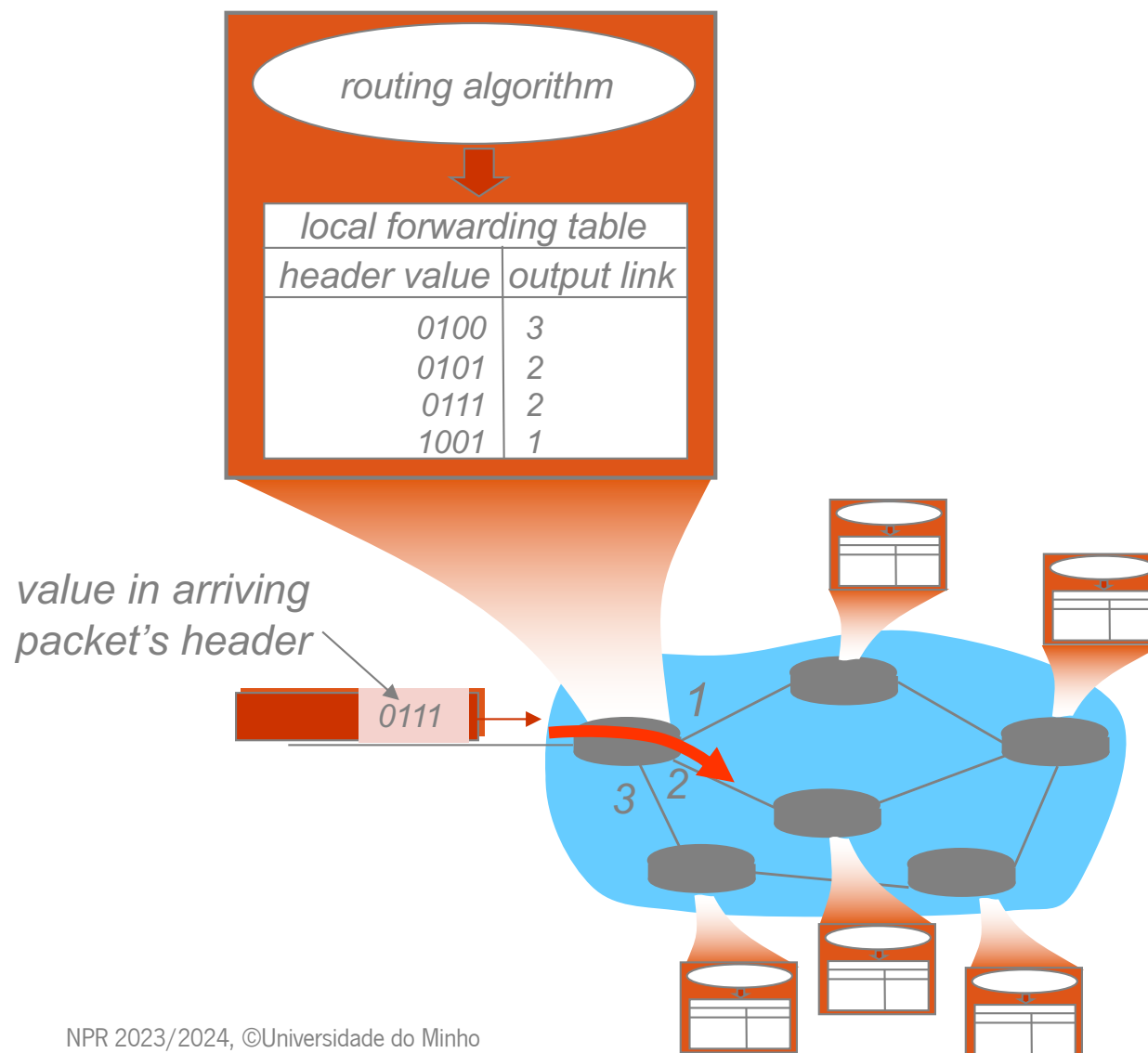


A arquitetura da Internet de hoje



- **Rede de Comutação de Pacotes não orientada à conexão**

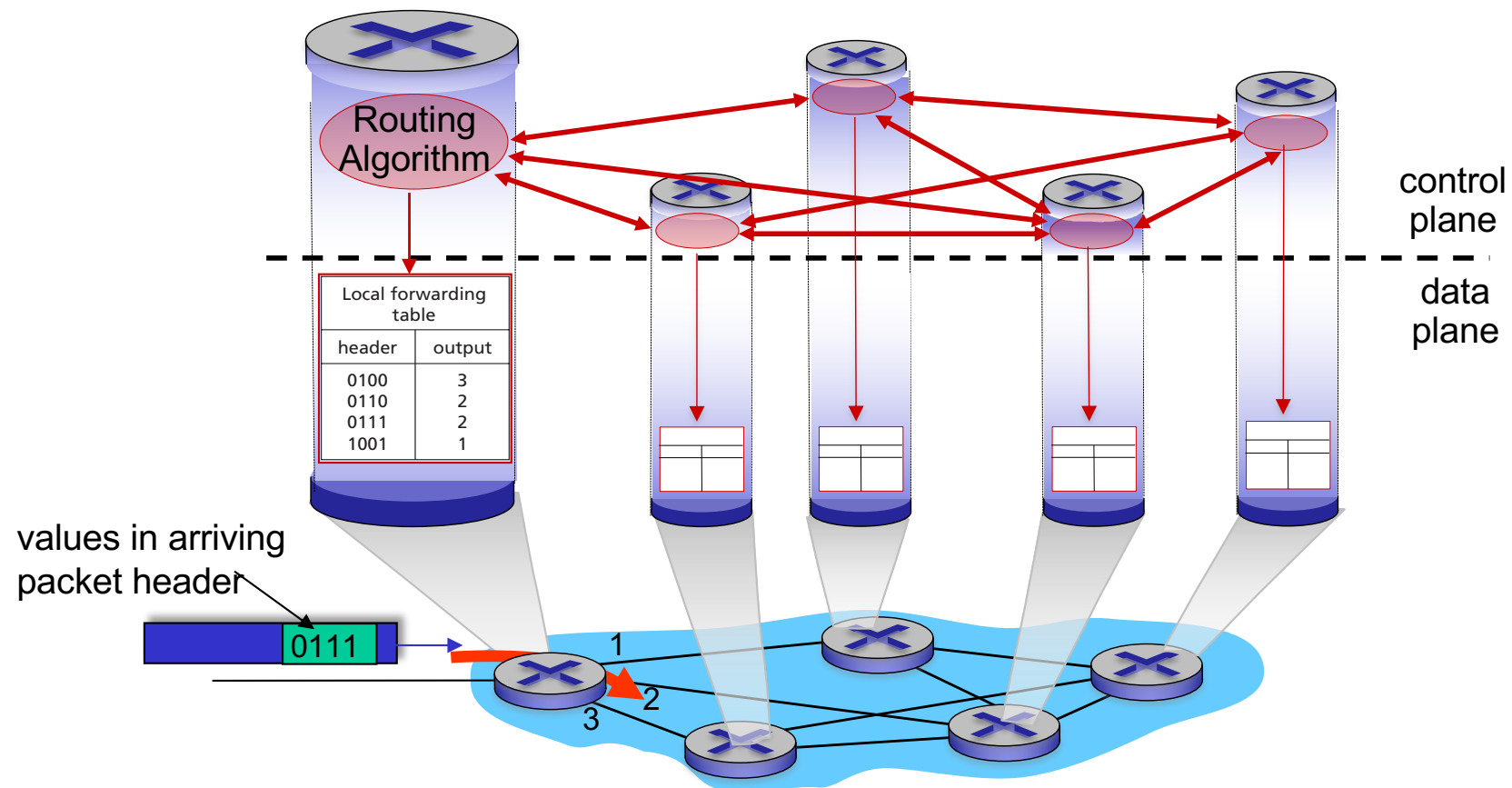
- A informação é dividida em pacotes e enviada de forma independente através da rede
- O encaminhamento dos pacotes é realizado com base no endereço IP (endereço destino), que deverá constar no cabeçalho de cada um dos pacotes



A arquitetura da Internet de hoje



- No plano de controlo existem componentes individuais em cada um dos routers que interagem para encontrar os melhores caminhos para cada destino possível.

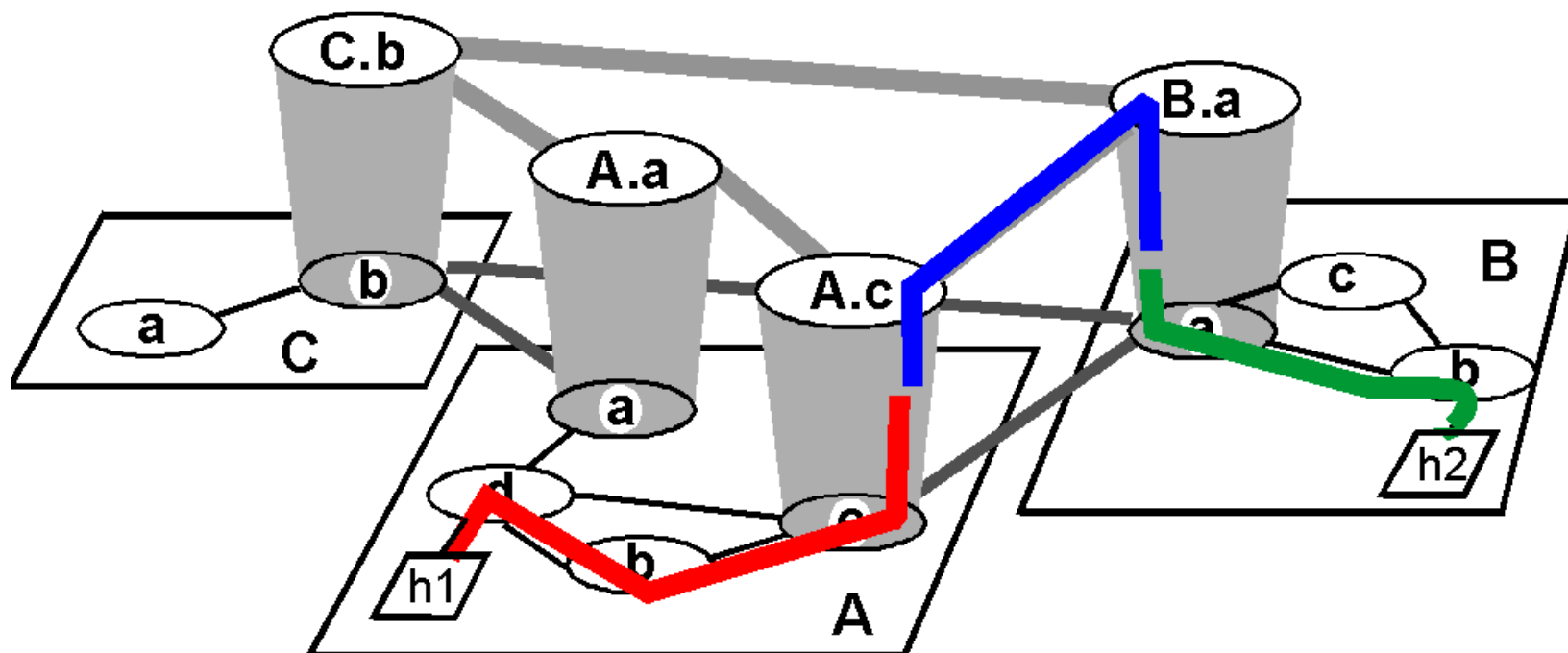


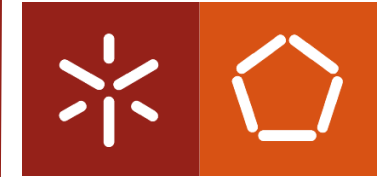
A arquitetura da Internet de hoje



- **A Internet está dividida em múltiplos Sistemas Autónomos**

- Um sistema autónomo é um conjunto de redes gerido pela mesma autoridade administrativa que segue uma política comum ao nível do encaminhamento do tráfego

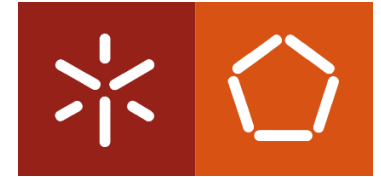




● Mobilidade dos nós

- Endereçamento e encaminhamento do tráfego na Internet são efetuados com base em endereços IP, que servem por isso, não só para identificar o destino, mas também para o localizar. Quando um nó se move, muda de localização e por isso TEM que mudar de endereço!
- Os nós móveis estão normalmente associados a redes sem fios, onde o protocolo TCP apresenta um mau desempenho
 - Modelo de controlo de congestionamento do TCP não é adequado no contexto das redes sem fios

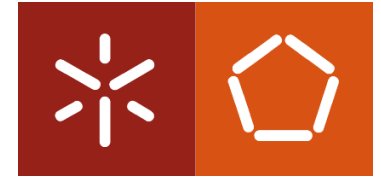
Principais Limitações



● Qualidade de Serviço

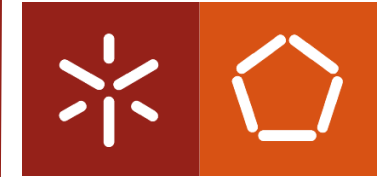
- A Internet disponibiliza atualmente um tipo de serviço dito do “melhor esforço” (*best-effort*)
 - O único requisito a satisfazer é o da conectividade sendo apenas possível garantir que as diferentes entidades conseguem comunicar entre si
 - A qualidade da comunicação depende do estado da rede (melhor em situações de pouca carga, pior em situações de congestão)
- Mas as novas aplicações (multimédia e interativas) têm outro tipo de requisitos...

Principais Limitações



● Segurança

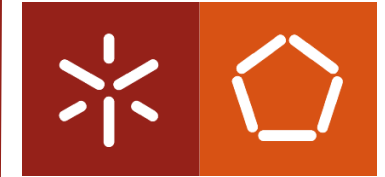
- A Internet foi projetada sem preocupações de segurança. Quando houve necessidade de a introduzir, a preocupação principal foi assegurar que os canais de transmissão eram seguros. Para garantirmos que a informação é segura, é necessário:
 - recolhê-la sempre a partir da fonte
 - garantir que os canais por onde a informação passa são seguros.



● Escalabilidade

- O modelo de encaminhamento hierárquico e a agregação de endereços conseguiu até hoje lidar com a escala. No entanto, o crescimento explosivo das tabelas de encaminhamento (menos de metade das redes usa efetivamente agregação de rotas), condiciona o desempenho da Internet.
- Um router necessita de algum tempo para verificar qual o melhor caminho para encaminhar um determinado pacote e esse tempo depende do tamanho das tabelas de encaminhamento
- Quanto mais componentes a rede tiver, maior é a informação de controlo gerada em comparação com a largura de banda disponível

Cenários de Evolução



- **Aplicar remendos**

- CIDR, NAT

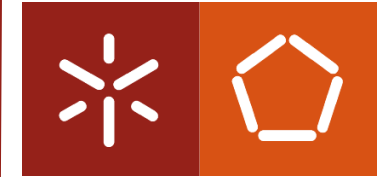
- **Construir soluções que respeitem a arquitetura atual**

- Mobilidade IP, Modelo DiffServ

- **Propor novas Arquiteturas para a Internet**

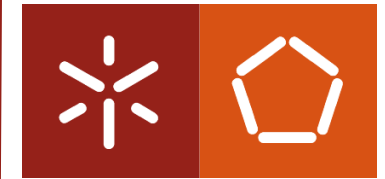
- Redes Tolerantes a Atrasos (DTNs – Delay Tolerant Networks)
- Redes de Dados Nomeados (NDNs – Named Data Networks)
- Redes Definidas por Software (SDNs – Software Defined Networks)

Exemplo: Redes de Dados Nomeados



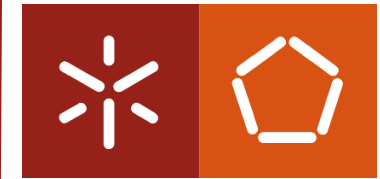
- **A quantidade de informação disponível na Internet aumentou de forma exponencial nos últimos anos**
- **No entanto:**
 - a comunicação continua a ser centrada nos sistemas terminais (*hosts*) e não na informação
 - as **Redes de Dados Nomeados (NDNs)** pretendem trazer a informação (os dados), para primeiro plano baseando nos dados o funcionamento da rede
- **Para isso é necessário:**
 - nomear os dados em vez dos sistemas terminais
 - encaminhar os pacotes com base nos nomes dos dados, independentemente da sua localização

Redes de Dados Nomeados



- A informação é dividida em pedaços (*chunks*), que são identificados de forma única e podem ser pedidos individualmente.
- Um nome é constituído por um conjunto de componentes que indicam a origem e propriedades do respetivo conteúdo.
- A estrutura de nomeação proposta é hierárquica e pode ser agregável.
- **Apenas dois tipos de pacotes**
 - Interesses: com uma semântica semelhante ao HTTP GET
 - Dados: com uma semântica semelhante ao HTTP RESPONSE

Redes de Dados Nomeados: funcionamento



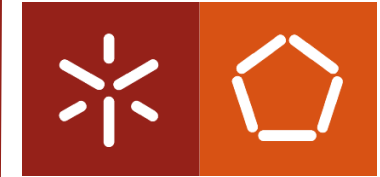
- **Consumidor de dados**
 - Envia um **pacote de interesse** com o nome dos dados desejados que é “difundido” através da rede
- **Os Encaminhadores no percurso**
 - Registam a interface por onde chegou o **pacote de Interesse** numa PIT (*Pending Interest Table*)
 - Reenviam o **pacote de interesse** de acordo com a sua tabela de encaminhamento (FIB - *Forwarding Information Base*).
 - As FIB são preenchidas por um protocolo de encaminhamento que pode ser semelhante aos protocolos de encaminhamento usados no IP
- **Quando o pacote de interesse atinge um local que contém os dados pretendidos**
 - É enviado de volta um **pacote de dados**
 - Os dados transportam nome e conteúdo, conjuntamente com a assinatura do produtor
 - O **pacote de dados** faz o percurso inverso do pacote de interesse (ou seja, não é usado o encaminhamento, mas sim informação de estado criada nos encaminhadores durante o percurso dos pacotes de interesse (*PIT - Pending Interest Table*))
 - Os **pacotes de dados** podem ser armazenados em Armazéns de Conteúdos (CS - *Content Store*) pelos nós por onde passam, e estão sujeitos a políticas de cache

Vantagens das NDNs



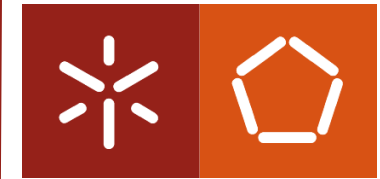
- A Internet hoje em dia é usada fundamentalmente para distribuição de conteúdos. As NDNs propõem uma arquitectura concebida de raiz para a distribuição de conteúdos.
- A mobilidade não traz tantos problemas uma vez que a identificação dos dados é feita através de nomes e é independente da sua localização
- Os dados são assinados e podem ser cifrados, permitindo a segurança da informação trocada sem mais preocupações
- É naturalmente tolerante a falhas, suporta nativamente o multicast e o multipath.

Exemplo: Redes Definidas por Software



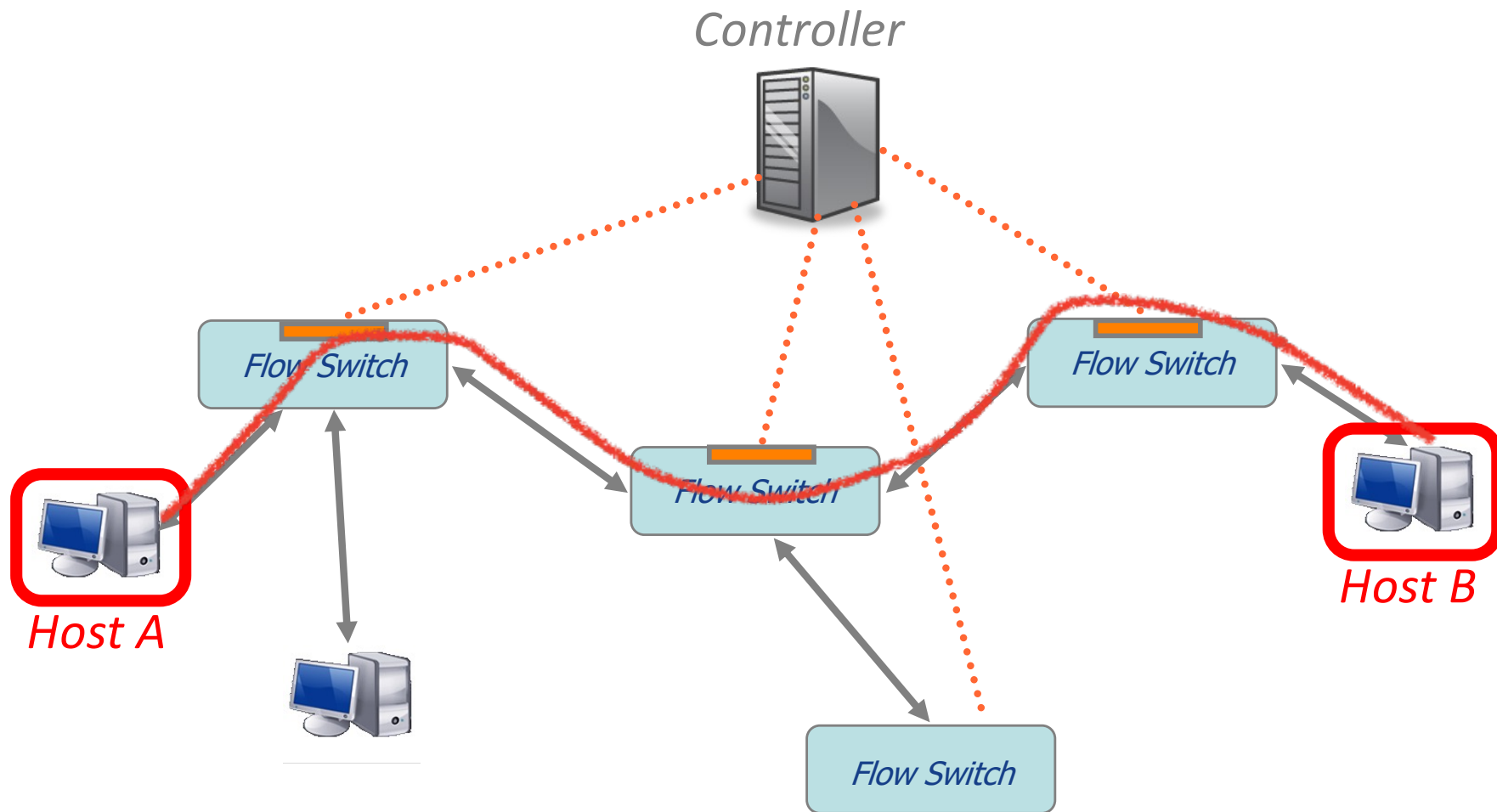
- **Muitas das aplicações que se usam na Internet têm requisitos de Qualidade de Serviço (QoS): limite ao atraso fim-a-fim, largura de banda mínima, taxa de transmissão constante, etc.**
- **No entanto:**
 - O modelo de serviço disponibilizado pela Internet continua a ser o modelo “*best effort*”, não existindo possibilidade de diferenciar o tráfego.
 - Independentemente do tipo de tráfego, os protocolos de encaminhamento escolhem os melhores caminhos procurando otimizar a utilização dos recursos de rede, ou o seu desempenho
- **As Redes Baseadas em Software (SDNs) permitem que os caminhos sejam estabelecidos de acordo com os diferentes requisitos do tráfego.**

Redes Definidas por Software



- De acordo com esta nova arquitectura, a componente (plano) de controlo é completamente separada da componente de expedição (plano de dados) e é diretamente programável.
- Os nós da rede (designados por “switches”) são programados por uma entidade “central” (que se designa por “controller”) através de um protocolo bem definido (por exemplo, o OpenFlow).
- Os switches fazem o encaminhamento de acordo com tabelas (que se designam por “flow tables”). As flow tables são preenchidas pelo controller.
- O controller possui uma visão global da rede que obtém inquirindo os switches.

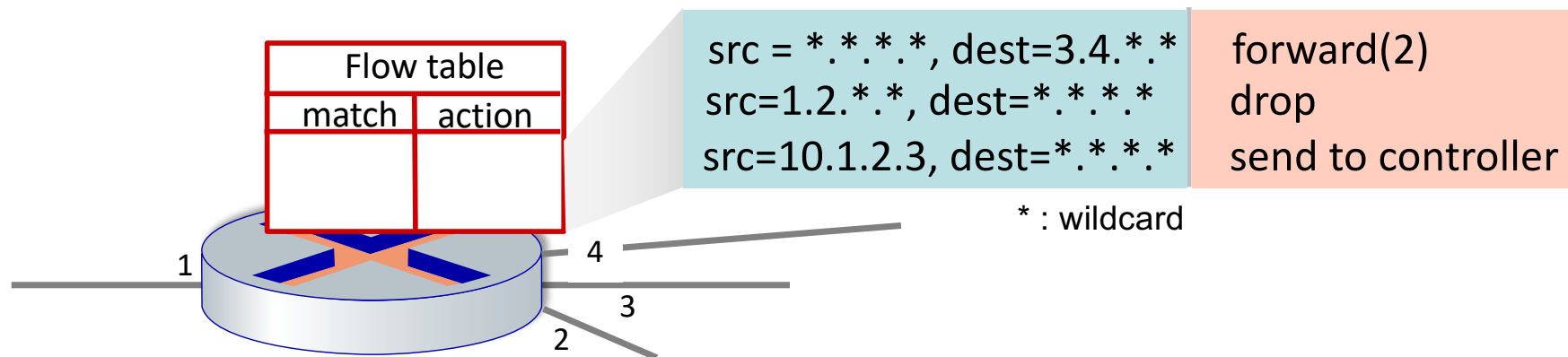
Arquitetura das SDNs



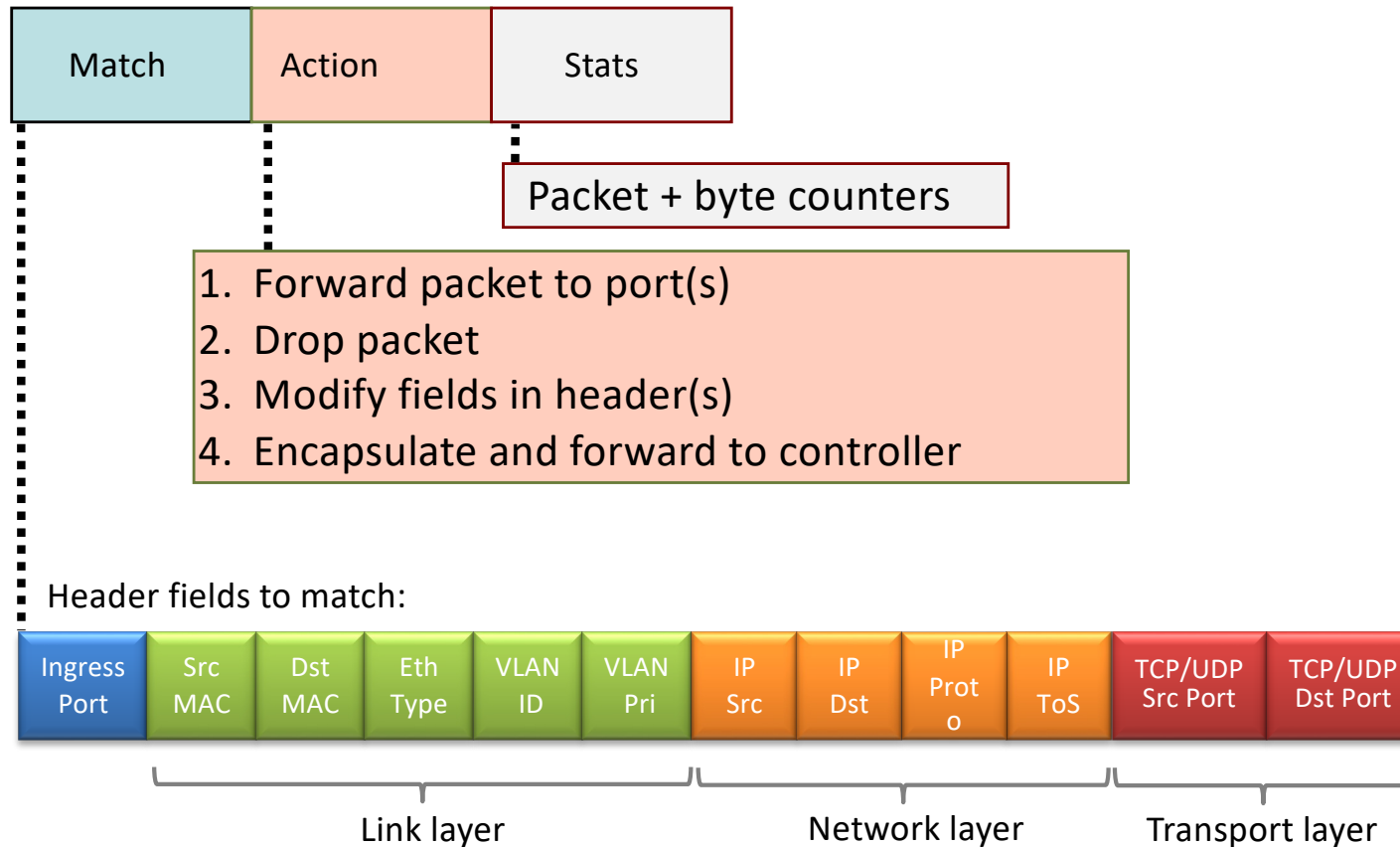
Tabelas de Fluxos



- **Generalização do forwarding (re-envio) dos pacotes com base no endereço destino**
 - Os diferentes campos dos cabeçalhos dos pacotes podem ser usados como chave de pesquisa nas tabelas (tabelas de fluxos/flow tables)
 - E podem desencadear diferentes tipos de ações: re-envia, descarta, modifica, etc



OpenFlow: tabelas de fluxos



OpenFlow: exemplos



Destination-based forwarding:

Switch Port	MAC src	MAC dst	Eth type	VLAN ID	VLAN Pri	IP Src	IP Dst	IP Prot	IP ToS	TCP s-port	TCP d-port	Action
*	*	*	*	*	*	*	51.6.0.8	*	*	*	*	port6

IP datagrams destined to IP address 51.6.0.8 should be forwarded to router output port 6

Firewall:

Switch Port	MAC src	MAC dst	Eth type	VLAN ID	VLAN Pri	IP Src	IP Dst	IP Prot	IP ToS	TCP s-port	TCP d-port	Action
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	22	drop

Block (do not forward) all datagrams destined to TCP port 22 (ssh port #)

Switch Port	MAC src	MAC dst	Eth type	VLAN ID	VLAN Pri	IP Src	IP Dst	IP Prot	IP ToS	TCP s-port	TCP d-port	Action
*	*	*	*	*	*	128.119.1.1	*	*	*	*	*	drop

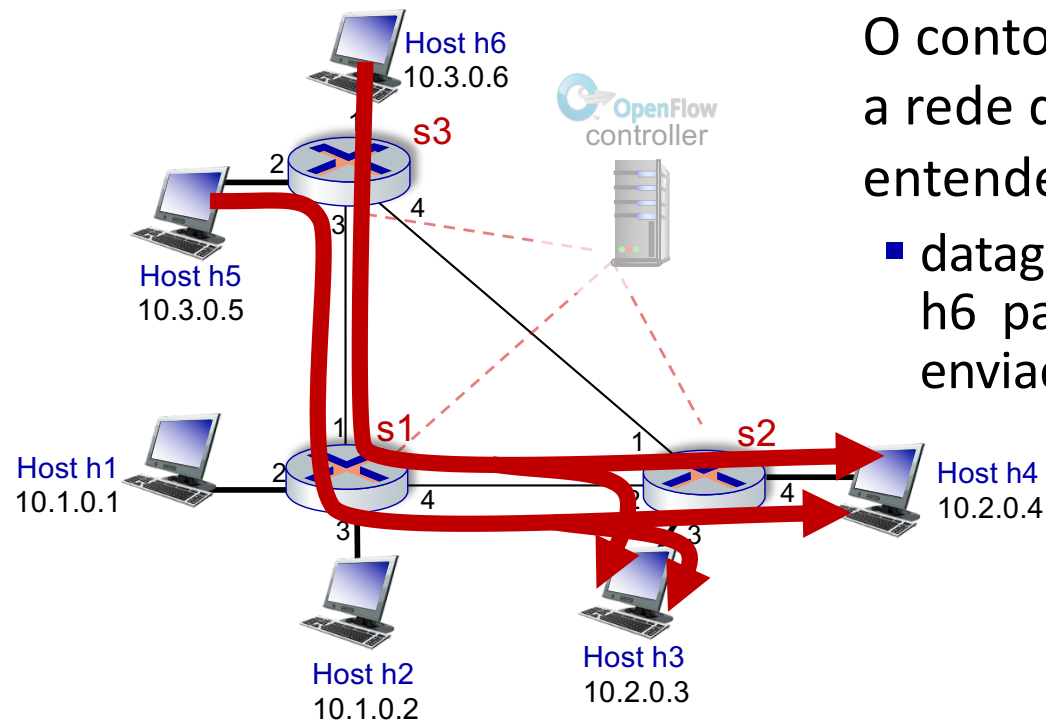
Block (do not forward) all datagrams sent by host 128.119.1.1

Layer 2 destination-based forwarding:

Switch Port	MAC src	MAC dst	Eth type	VLAN ID	VLAN Pri	IP Src	IP Dst	IP Prot	IP ToS	TCP s-port	TCP d-port	Action
*	*	22:A7:23:11:E1:02	*	*	*	*	*	*	*	*	*	port3

layer 2 frames with destination MAC address 22:A7:23:11:E1:02 should be forwarded to output port 3

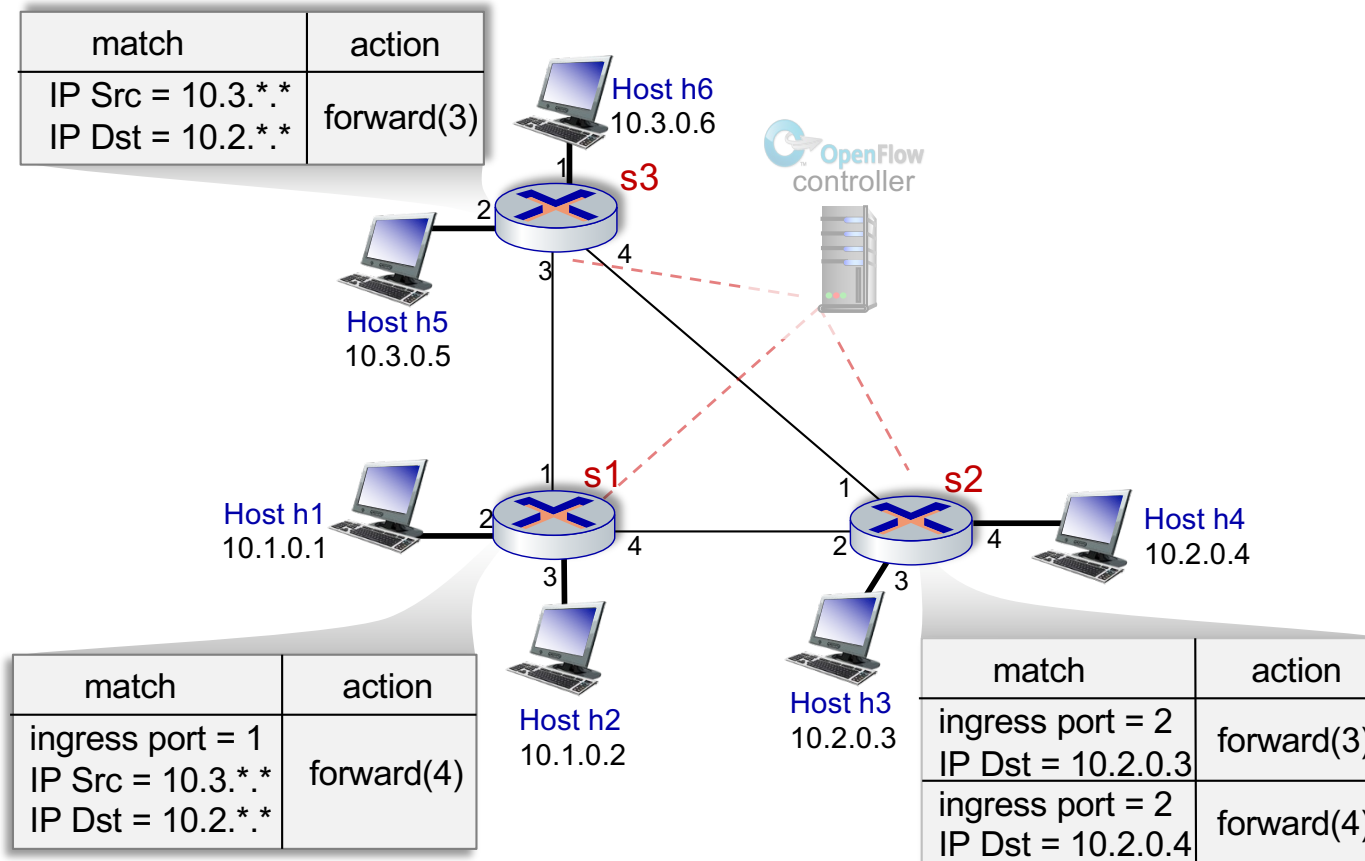
OpenFlow: mais um exemplo



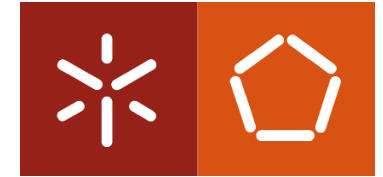
O controlador pode programar a rede da forma que entender, por exemplo:

- datagramas enviados por h5 e h6 para h3 or h4 devem ser enviados através de s1 e s2.

OpenFlow: mais um exemplo



Redes Definidas por Software



- **Controladores SDN**

- Completamente construídos com base em software
- Centralizam a inteligência da rede
- Mantêm uma visão global da Rede

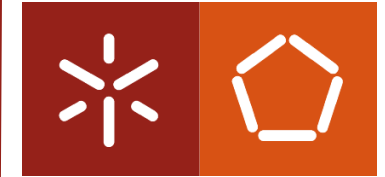
- **As aplicações**

- Vêm a rede como um simples comutador lógico

- **Dispositivos de rede**

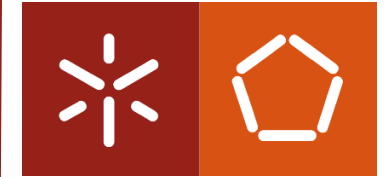
- São bastante mais simples que os atuais
- Não precisam de compreender e processar milhares de protocolos normalizados
- Apenas executam as instruções dos controladores

Vantagens das SDNs

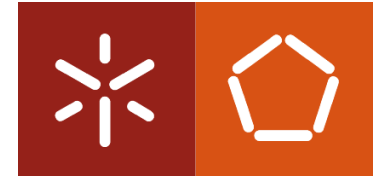


- **Arquitetura totalmente independente dos fabricantes**
 - O controller SDN gere qualquer dispositivo de rede, independentemente do fabricante, desde que este esteja habilitado com o OpenFlow
- **Simplicidade na concepção e operação da rede**
 - É possível desenvolver ferramentas para automatizar muitas tarefas que são feitas atualmente de forma manual
- **Maior fiabilidade e segurança**
 - A automação reduz a probabilidade de falha de configuração ou inconsistência de políticas
- **Melhora a experiência de utilização**

Conclusões



- **Há um consenso alargado acerca da necessidade de fazer evoluir a Internet de forma a colmatar as limitações atuais**
- **Mas, não existe uma visão comum sobre a forma como isso deve acontecer (incremental ou a partir da estaca zero?)**
- **Por esse motivo a comunidade científica tem lançado diferentes propostas**
 - Muitos projetos sobre a “Internet do futuro”
 - Redes piloto onde as novas ideias podem ser testadas e avaliadas
- **As NDNs, SDNs DTNs, etc surgiram neste contexto como arquiteturas claramente NOVAS!!!**



- Subharthi Paul, Jianli Pan, Raj Jain, "**Architectures for the Future Networks and the Next Generation Internet: A Survey,**" Computer Communications, UK, Volume 34, Issue 1, 15 January 2011, pp. 2-42, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366410003580>