

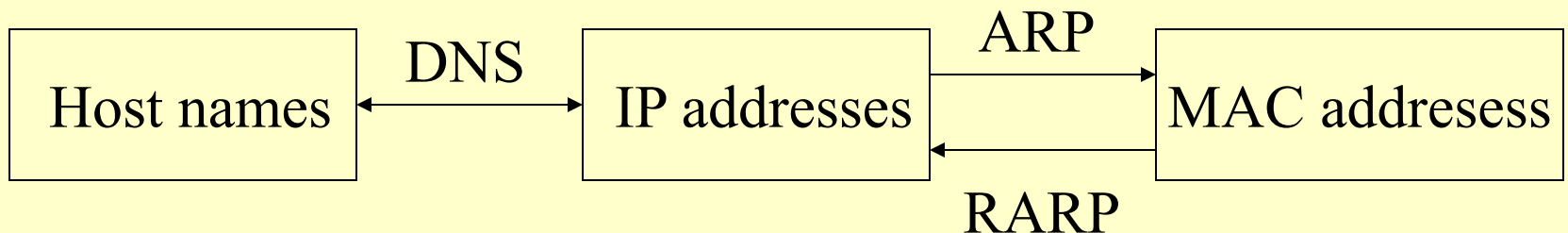
# Interconexão de Redes

## Parte 2

Prof. Dr. S. Motoyama

# Software IP nos hosts finais

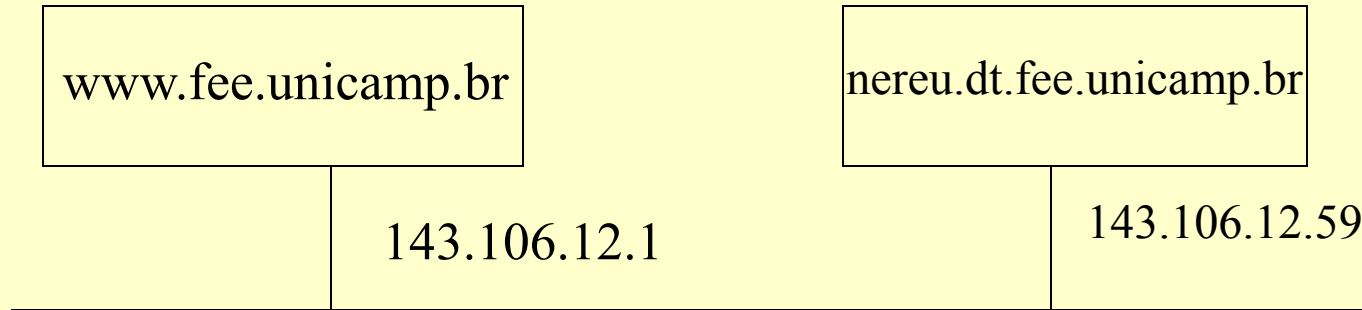
- O software IP nos hosts finais consiste principalmente dos seguintes módulos:
  - Camada Aplicação; DNS (Domain name system)
  - Camada Transporte: TCP, UDP
  - Camada Rede: IP, ICMP, e outros.
  - Camada enlace de dados: mapeamento de endereços MAC-IP



ARP – Address resolution protocol

RARP – Reverse address resolution protocol

# Exemplo



- Um cliente HTTP está em nereu.dt.fee.unicamp.br para conectar ao servidor HTTP em www.fee.unicamp.br
- O cliente DNS em nereu.dt.fee.unicamp.br obtém, primeiro, o endereço IP de www.fee.unicamp.br
- Os dados de aplicação (HTTP+TCP) serão então encapsulados por um datagrama IP com:

# Exemplo

- Endereço IP da origem = 143.106.12.59
- Endereço IP de destino = 143.106.12.1
- Agora nereu.dt.fee.unicamp.br precisa rodar ARP para obter o endereço MAC de www.fee.unicamp.br da interface de rede.
- O datagrama IP é então encapsulado em um quadro Ethernet com
  - Endereço MAC da origem = de nereu.dt.fee.unicamp.br
  - Endereço MAC de destino = de www.fee.unicamp.br

# Software de IP em roteadores

- O software em roteadores é usado principalmente para encaminhar o datagrama.
- Cada roteador está rodando no mínimo um protocolo de roteamento para construir uma tabela de encaminhamento.
- Cada entrada em uma tabela de roteamento consiste de um endereço IP de destino e o endereço IP do próximo salto.
- Ao receber um datagrama, um roteador envia-o baseado em um conjunto de regras e na tabela de roteamento.

# Obtenção da tabela de ARP

- Uma mensagem de solicitação ARP é enviada por difusão (broadcast) na LAN com o endereço IP alvo.
- Cada host IP faz uma cópia da mensagem e examina o endereço IP alvo.
  - Se combina com seu endereço IP, então envia uma mensagem ARP de resposta ao emissor com o seu endereço MAC.
  - Senão, descarta a mensagem.
- Para reduzir tráfego de broadcast, cada host usa um cache para ARP para lembrar os mapeamentos recentes.

# Mensagem ARP

0	8	16	31
Hardware type = 1		Protocol Type = 0x0800	
HLen = 48	PLen = 32	Operation	
SourceHardwareAddr (bytes 0 – 3)			
SourceHardwareAddr (bytes 4 – 5)		SourceProtocolAddr (bytes 0 – 1)	
SourceProtocolAddr (bytes 2 – 3)		TargetHardwareAddr (bytes 0 – 1)	
TargetHardwareAddr (bytes 2 – 5)			
TargetProtocolAddr (bytes 0 – 3)			

Hardware type = especifica tipo de rede física, por ex., Ethernet.

Protocol type = especifica o protocolo da camada superior, por ex., IP.

Hlen = tamanho de endereço de hardware

Plen = tamanho de endereço do protocolo.

Operation = especifica se é uma solicitação ou uma resposta.

SourceHardwareAddr = endereço de hardware de origem.

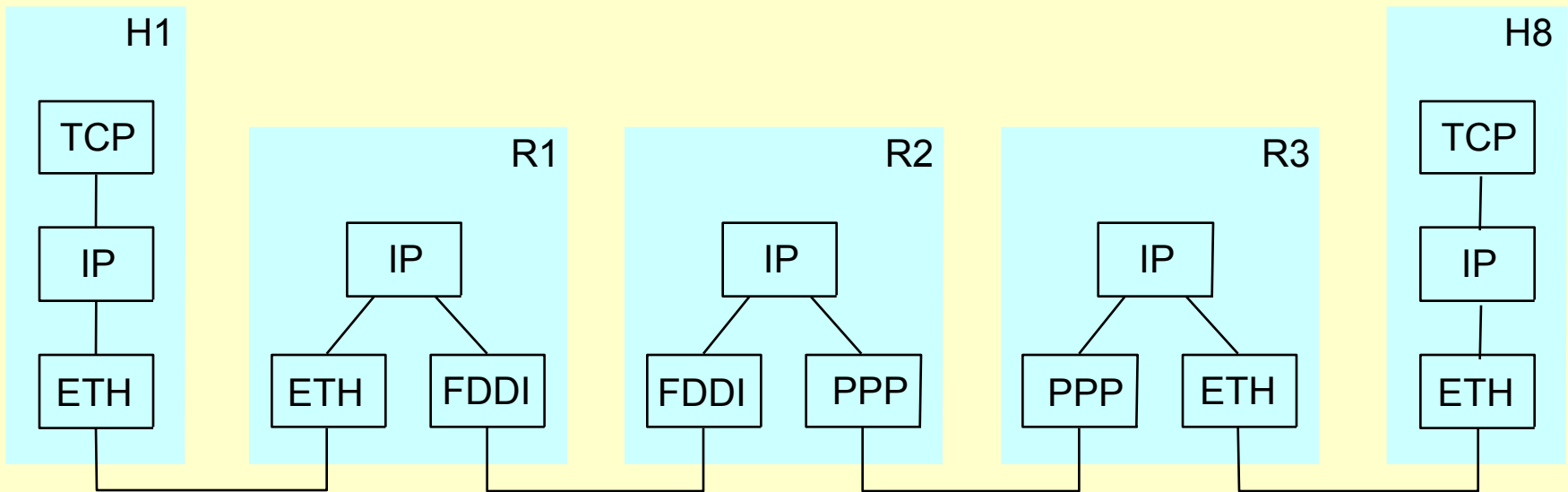
SourceProtocolAddr = endereço IP de origem.

TargetHardwareAddr = endereço de hardware de destino.

SourceProtocolAddr = endereço IP de destino.

# Exemplo de interconexão de redes

- Em cada “hop ou link,” ocorrem encapsulamento de dados e resolução de endereços.





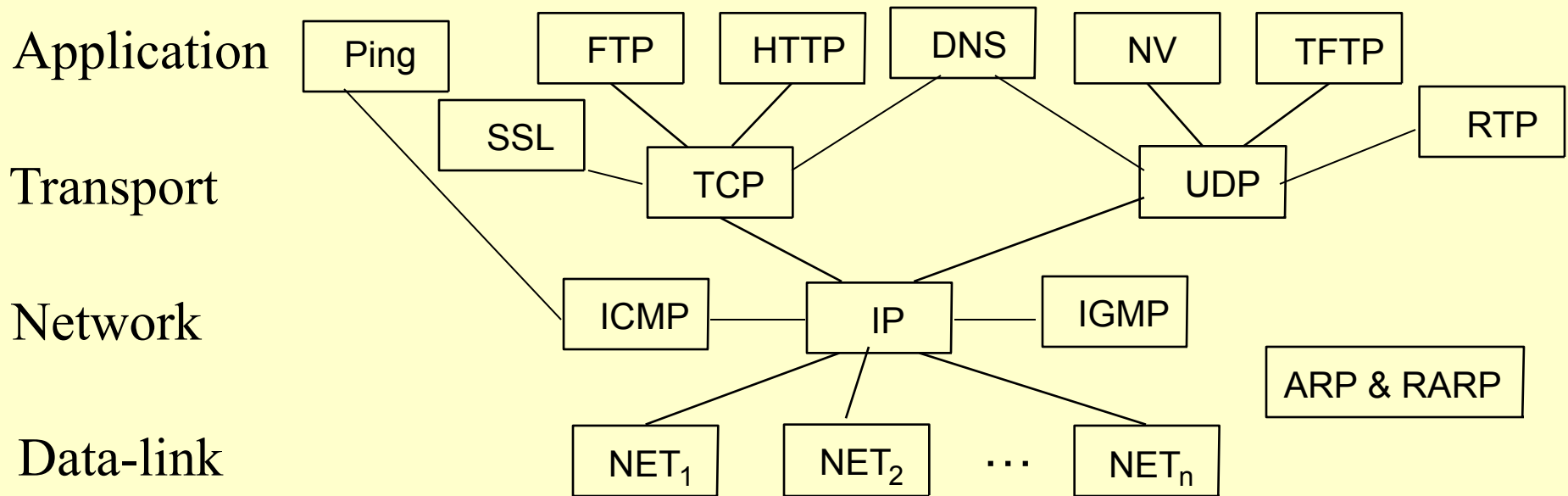
# A tecnologia IP (menos roteamento)

- Modelo de serviço IP
- Família de protocolo IP
- Estrutura de datagrama IP
- Fragmentação e remontagem do datagrama IP
- Mecanismos de envio IP
- Túneis IP
- Outros protocolos da camada IP

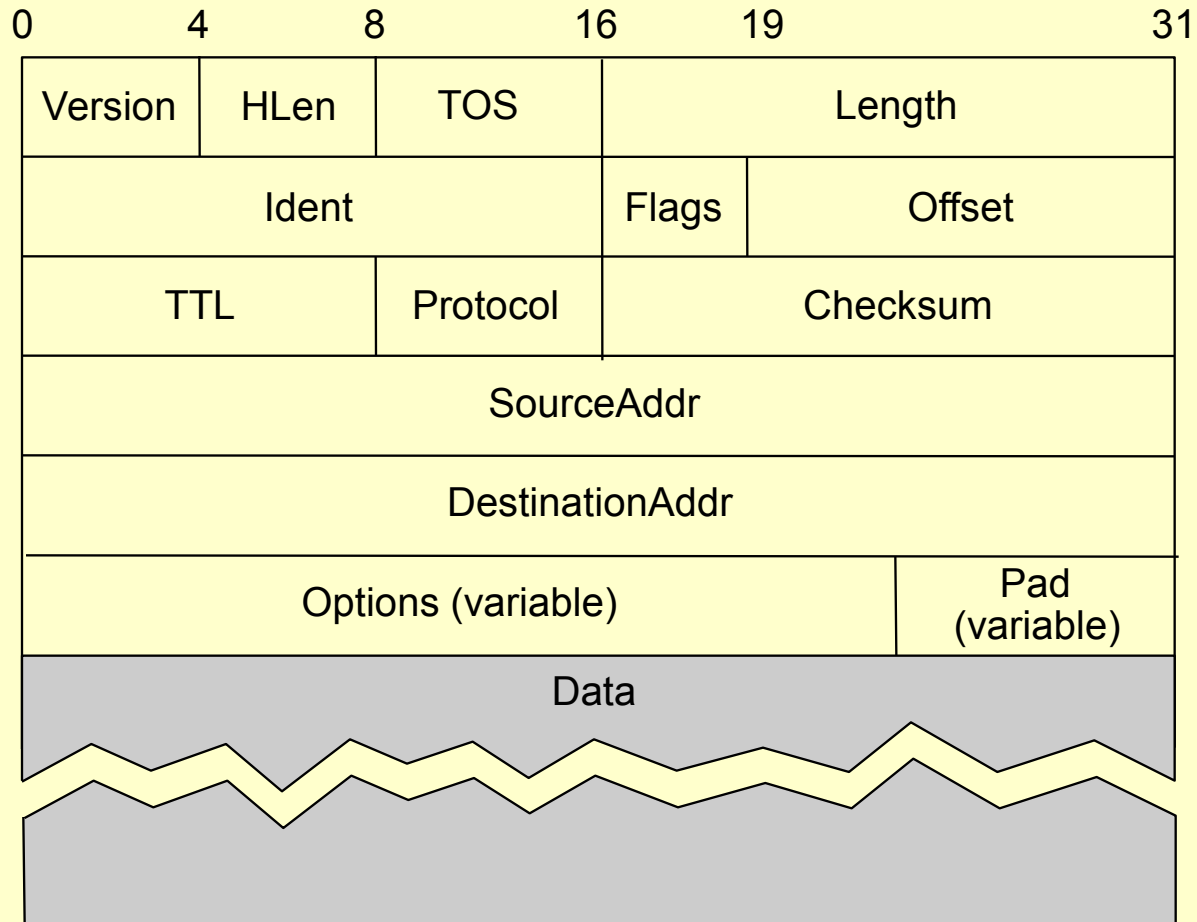
# Modelo de serviço IP

- O modelo de serviço IP consiste de
  - Um esquema de endereçamento para identificar um host IP, e
  - Um modelo de datagrama (sem conexão) para entrega de dados.
- IP proporciona um serviço de melhor esforço.
  - IP faz o seu melhor esforço para enviar um datagrama ao seu destino.
  - O serviço de melhor esforço não garante uma entrega de datagrama confiável, isto é, é um serviço não confiável.

# Família de protocolo internet (incompleto)



# Datagrama IP



# Datagrama IP

- Version(versão): 4 para o IP atual.
- TOS - Type of service (tipo de serviço): para especificar como o roteador deve manipular esse datagrama.
- Hlen - Header length (comprimento do cabeçalho): para manipular um comprimento de cabeçalho variável.
- Length (comprimento): esse campo de 16 bits limita o tamanho de um datagrama IP em 65,535 bytes, incluindo o cabeçalho IP.
- Ident - identification, flags, e offset são usados para a fragmentação e remontagem do pacote.

# Datagrama IP

- TTL - time to live: limita o número de roteadores que um datagrama pode percorrer.
- Protocolo: especifica o tipo de payload, por ex., 6 para TCP e 17 para UDP.
- Checksum: é um checksum de 16 bits.
- Options: por ex.,  
Roteamento de origem
- Pad: preenchimento

# MTU e fragmentação de pacote

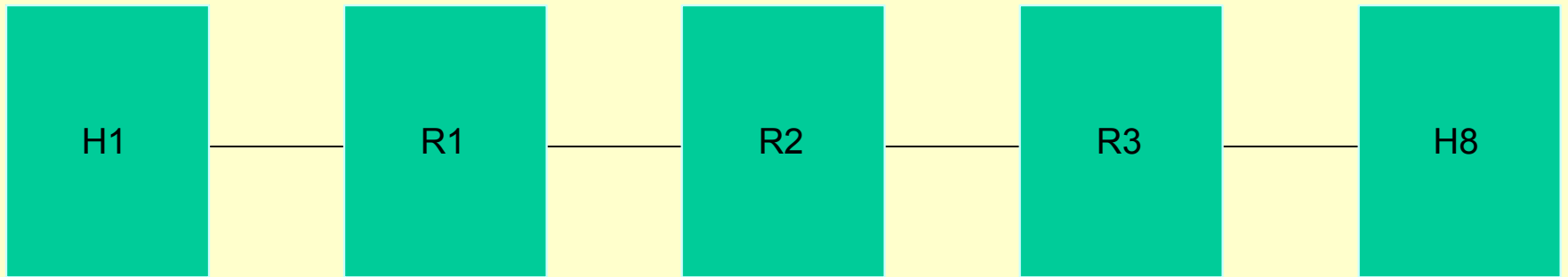
- Cada rede escolhe um tamanho de pacote máximo que pode enviar, a MTU (Maximum Transmission Unit) unidade máxima de transmissão. Por exemplo,
  - 1500 bytes para Ethernet de 10 Mbps
  - 4352 bytes para FDDI
  - 17914 bytes para token ring de 16-Mbps
- Note que todas as MTUs são menores do que o máximo tamanho do datagrama IP.
- Um dos problemas de interconexão de redes é como acomodar os vários valores de MTU.

# MTU e fragmentação de pacote

- Para enviar datagramas a um host conectado diretamente use a MTU da rede.
- Para enviar datagramas a um host não conectado diretamente use a MTU do caminho.
  - A MTU do caminho é o mínimo das MTUs no caminho da origem ao destino.
- Se a MTU real usada for maior do que a MTU do caminho, ocorre a fragmentação do pacote.
  - Fragmentação ocorre quando um roteador tenta enviar a rede com a MTU menor.



# MTU e fragmentação de pacote



ETH	IP	(1400)
-----	----	--------

FDDI	IP	(1400)
------	----	--------

PPP	IP	(512)
-----	----	-------

ETH	IP	(512)
-----	----	-------

PPP	IP	(512)
-----	----	-------

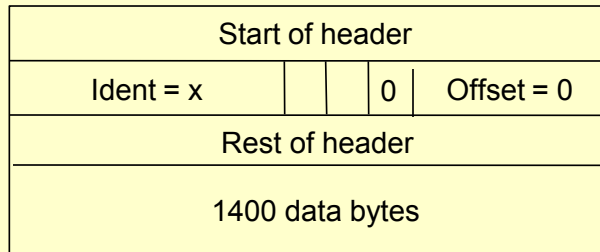
ETH	IP	(512)
-----	----	-------

PPP	IP	(376)
-----	----	-------

ETH	IP	(376)
-----	----	-------

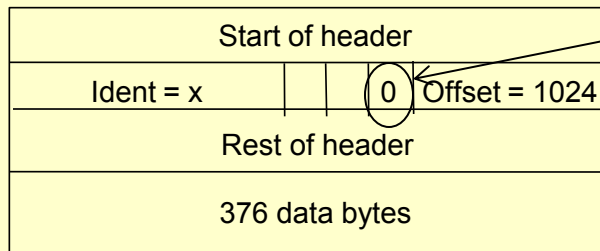
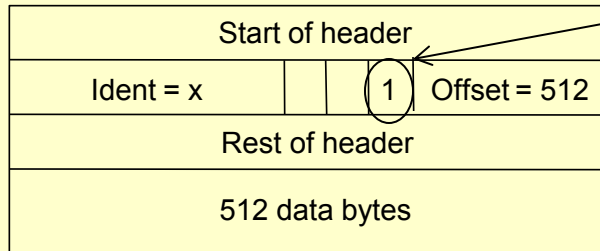
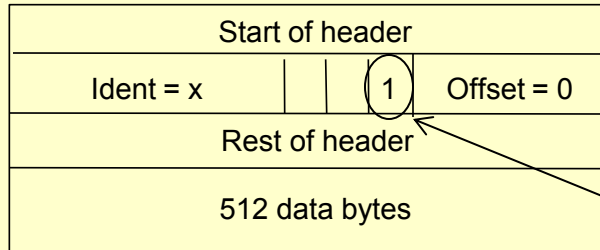
Pacote a ser enviado

(a)



Pacote fragmentado em três pacotes menores

(b)



Continuação

Fim

# MTU e fragmentação de pacote

- Cada fragmento IP contém informação suficiente para enviar ao destino.
- Um datagrama IP fragmentado será remontado somente no nó destino.
- Se um ou mais fragmentos não chega dentro de um certo tempo, outros fragmentos recebidos serão descartados.
- Fragmentação pode ocorrer várias vezes em um datagrama IP.

# Exercício

1 Um pacote IP é segmentado em 5 fragmentos para transmitir em uma rede. Cada fragmento tem uma probabilidade de perda de 5%. Considere que cada fragmento seja independente de outro.

- a) Calcular a probabilidade de perda do pacote quando os fragmentos são transmitidos na rede.
- b) Qual é a probabilidade de 2 perdas consecutivas de fragmentos?