

# Redes de Computadores

## Endereços IP

# Objetivos do Capítulo

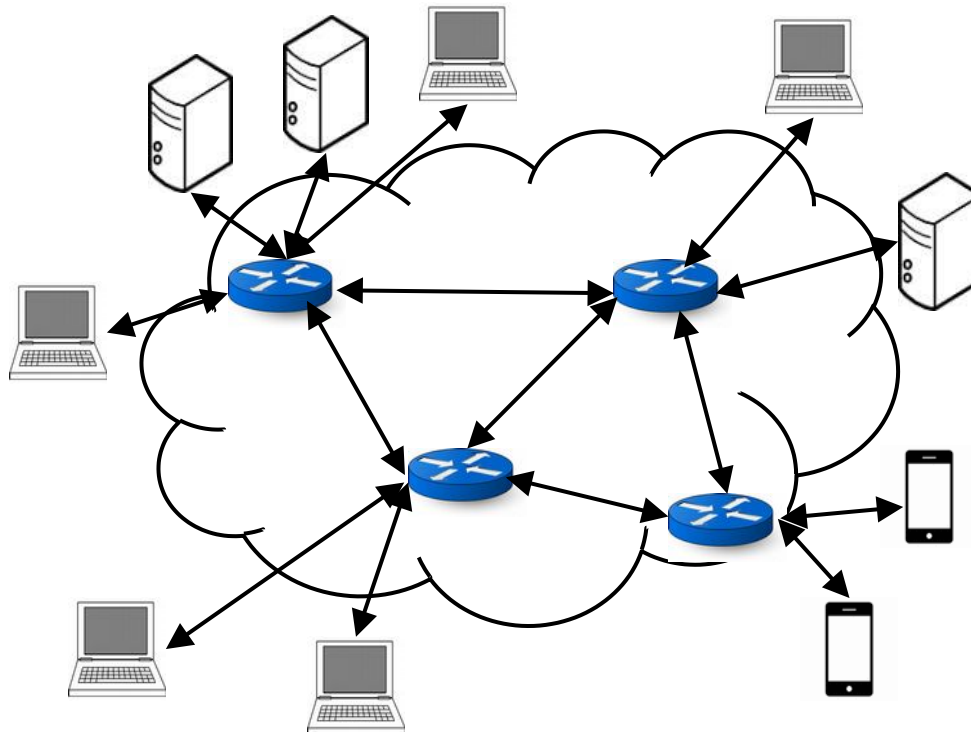
- O funcionamento da Internet exige que os computadores tenham endereços compatíveis com o protocolo IP
- Os sistemas de endereçamento têm um grande impacto na administração, gestão e escalabilidade de uma rede
- Saber como são construídos e afetados os endereços IP é o objeto desta lição

*An expert is a man who made all the mistakes, which can be made, in a very narrow field.*

*- Autor: Niels Bohr*

# Endereços de Rede

- Para se poder enviar pacotes para um computador, é necessário indicar, através de símbolos, uma forma de designar um ponto de ligação de uma das suas interfaces à rede
- Cada interface deve ter um endereço de rede distinto



# Requisitos

- Os endereços têm de ser distintos globalmente
- É desejável **evitar** que tenham de ser afetados **manualmente**
- É desejável **evitar** que tenham todos de ser afetados centralmente um a um, por uma **autoridade global**
- Devem **facilitar a implementação** dos comutadores de pacotes
- Idealmente deve-se evitar que os comutadores tenham de ter **forwarding tables** muito grandes e difíceis de gerir

# A Solução Mais Simples Seria ....

- Gerá-los aleatoriamente com base num grande número de bits (e.g. 128, 256, ... bits) como as chaves criptográficas
- O método seria descentralizado e permitiria grande autonomia
- Mas as tabelas de encaminhamento teriam dimensão

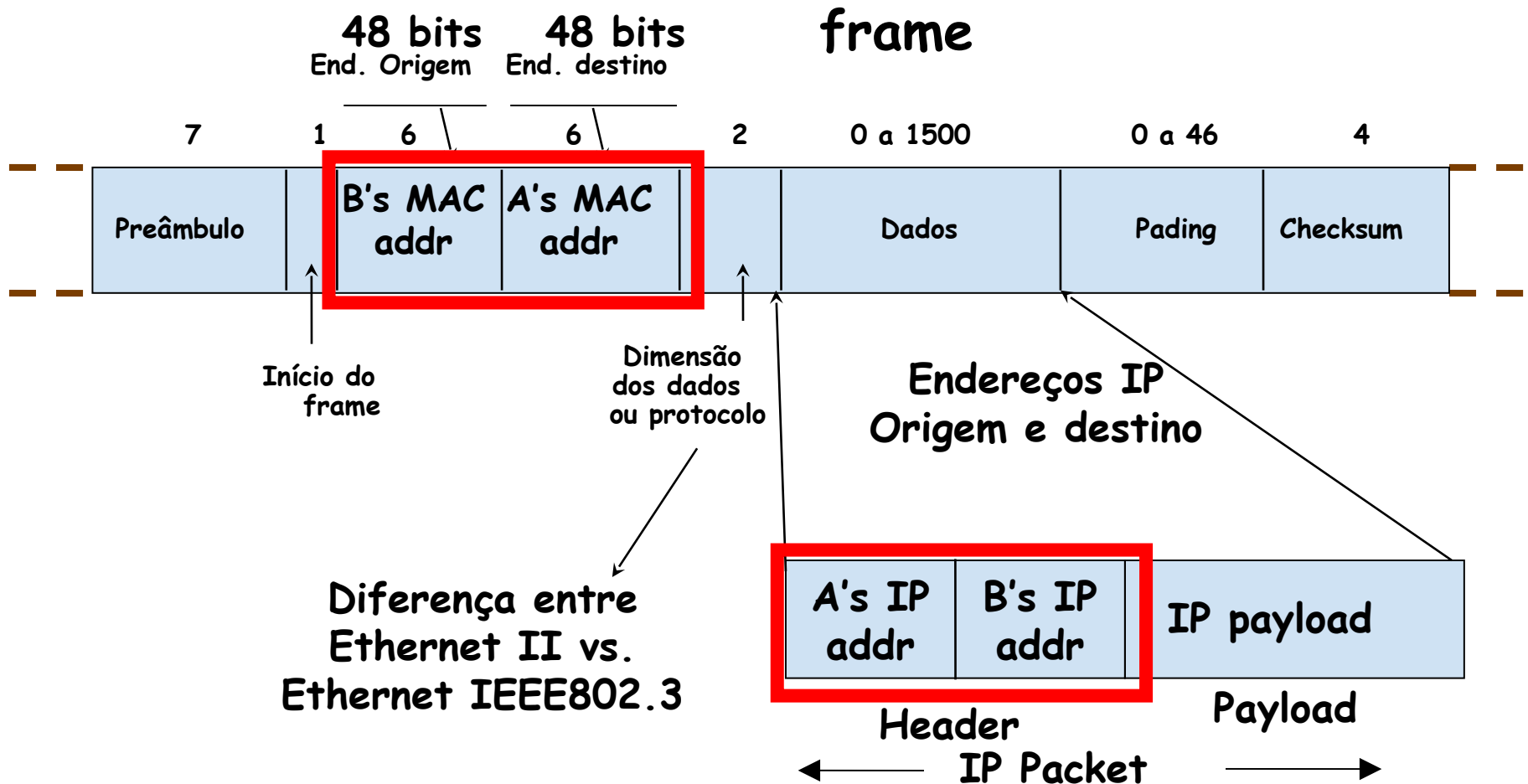
$O(\# \text{ computadores})$

- Não pode ser usada na grande maioria das situações (endereço muito grande (?), dimensão dos cabeçalhos (?), dimensão das tabelas, custo da sua actualização quando há alterações, ...)

# Hierarquias São uma Boa Ideia

- Nos nomes DNS: **www.fct.unl.pt**
  - **Domínio**: afetado pelo administrador da UNL
  - **Computador**: afetado pelo administrador da FCT
- Endereços IP: **193.136.126.43**
  - **Prefixo**: afetados pelo ICANN, regional Internet *registries*, pelos ISPs e pelos administradores de rede
  - **Computadores**: estáticos ou via DHCP
- Endereços MAC: **00-15-C5-49-04-A9**
  - **Blocos**: afetados pela IEEE a fabricantes / vendedores
  - **Interfaces**: afetados pelos fabricantes

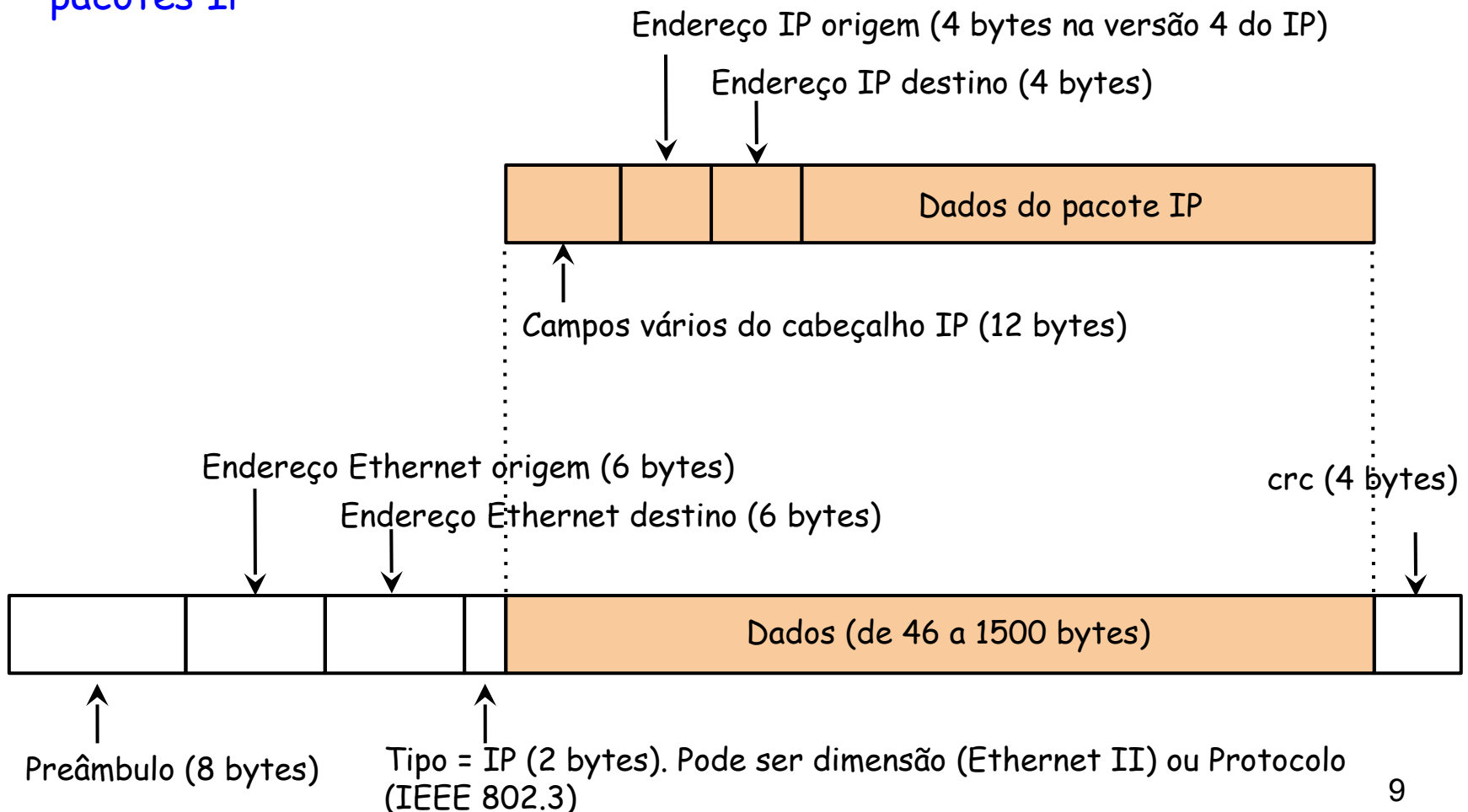
# Frames Ethernet e Pacotes IP





# Frames Ethernet e Pacotes IP

Os *frames* contêm na parte de dados mensagens dos níveis superiores (encapsuladas). Frequentemente os *frames* Ethernet transportam pacotes IP



# Endereços IP e Endereços Mac

- Endereços IP: 32 (IPv4) ou 128 bits (IPv6)
  - Endereços do nível rede afetados com uma estrutura hierárquica e ligados à localização
  - Identificam origem/destino dos datagramas IP
- Endereços LAN (ou MAC, Data-Link ou de nível canal)
  - Indicam origem e destino de um *frame* num canal multi-ponto
  - Têm 48 bits
  - Únicos à saída da fábrica
  - Com mais bits até poderiam ser aleatórios
  - Usá-los na Internet seria difícil ou mesmo impossível devido à escalabilidade do encaminhamento

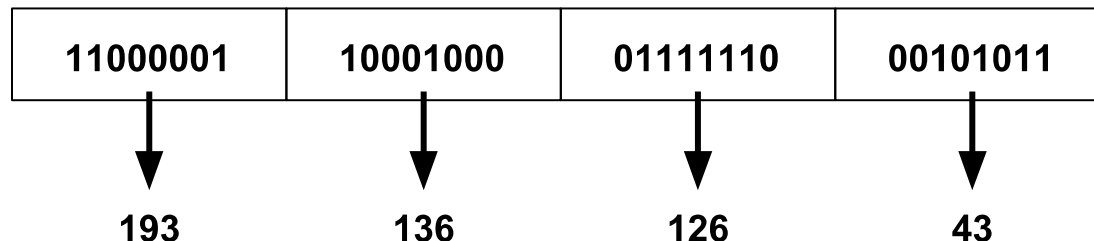
# Endereços IP (IPv4)

- Um número único com 32 bits
- Identifica uma interface de um computador
- Representado na notação: 193 . 136 . 126 . 43

3 246 947 883 — Notação decimal

1100000110001000011111000101011 — Notação binária

**193.136.126.43 — *Quad Notation***

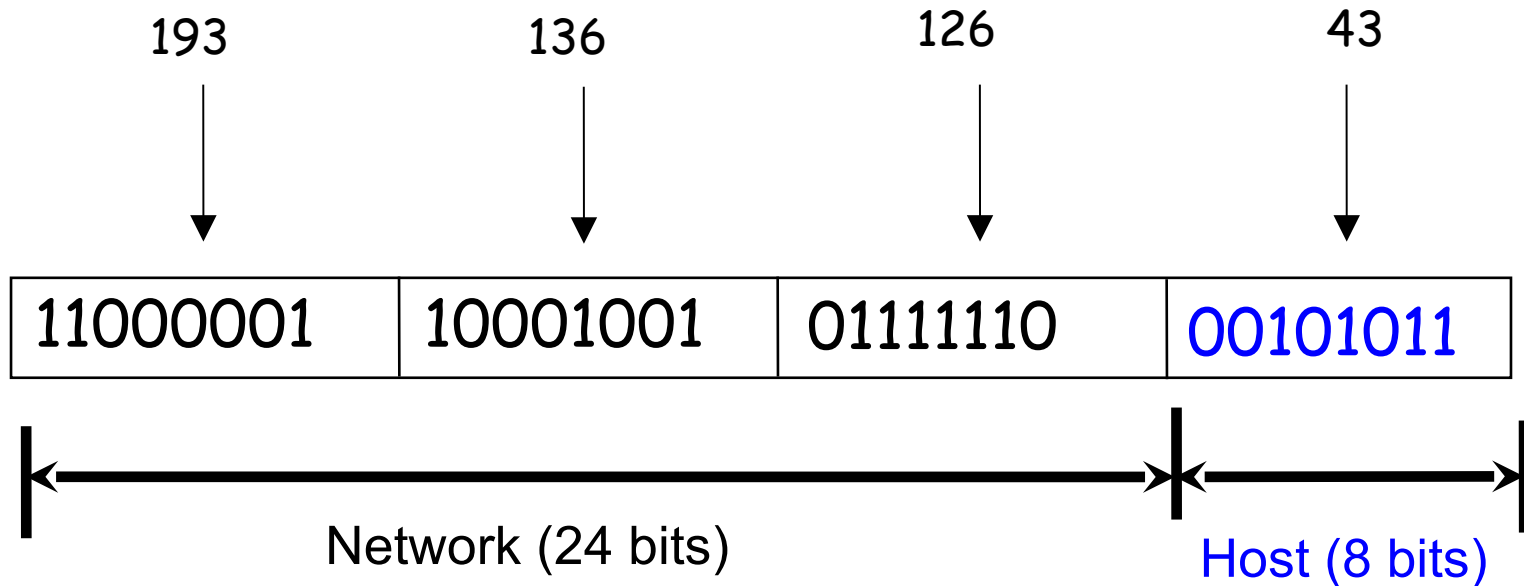


# Mais em detalhe

- Para os computadores e os utilizadores os endereços IP parecem não ter estrutura
- Mas a rede necessita de encaminhar pacotes com base no endereço IP de destino
- Sem alguma estrutura ou hierarquia, as tabelas de encaminhamentos seriam da dimensão do número de computadores ativos (*reachable*)
- Mas isso significaria que os computadores tinham de ter tabelas com milhões de endereços
- Porque não fazer como com os endereços das casas que têm uma hierarquia (país, cidade, rua, prédio, ...) ?

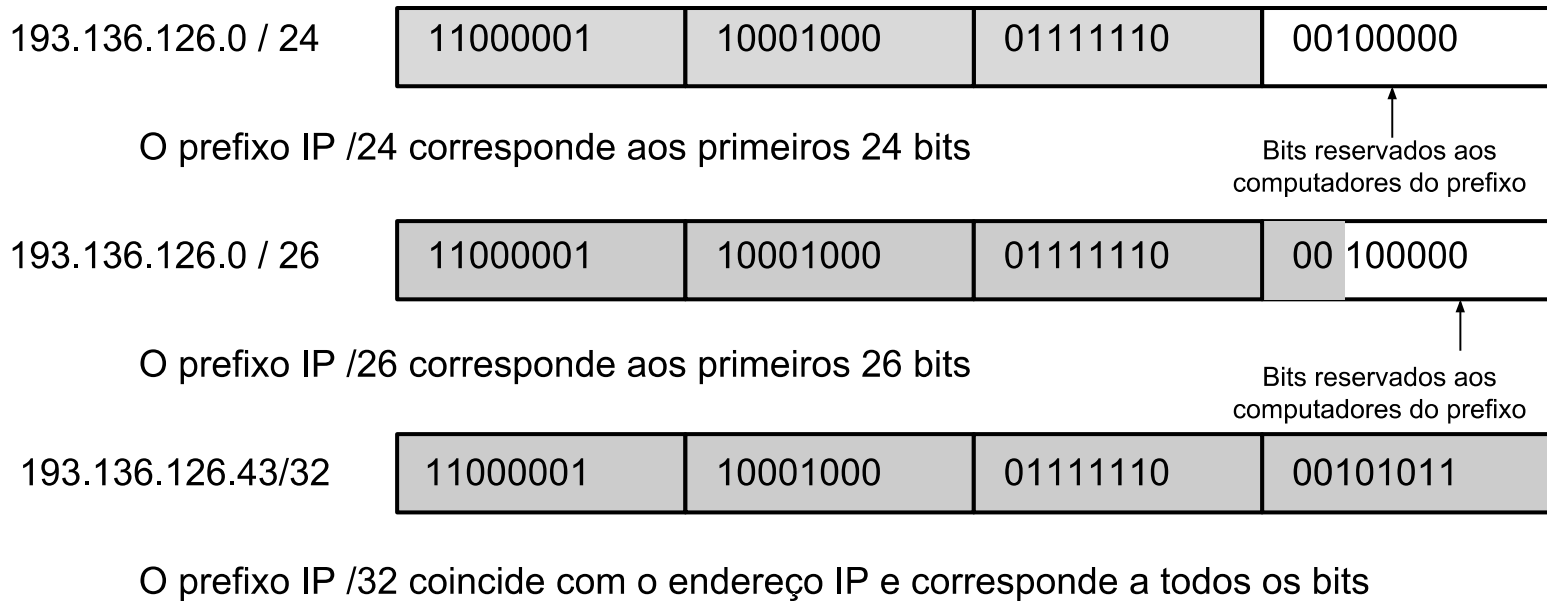
# Os endereços IP são hierárquicos

- Parte dita prefixo de rede e parte dita número do computador
- Também se costuma dizer a parte da rede (*network*) e a parte do computador (*host*)
- 193.134.158.0/24 é um prefixo com 24 bits

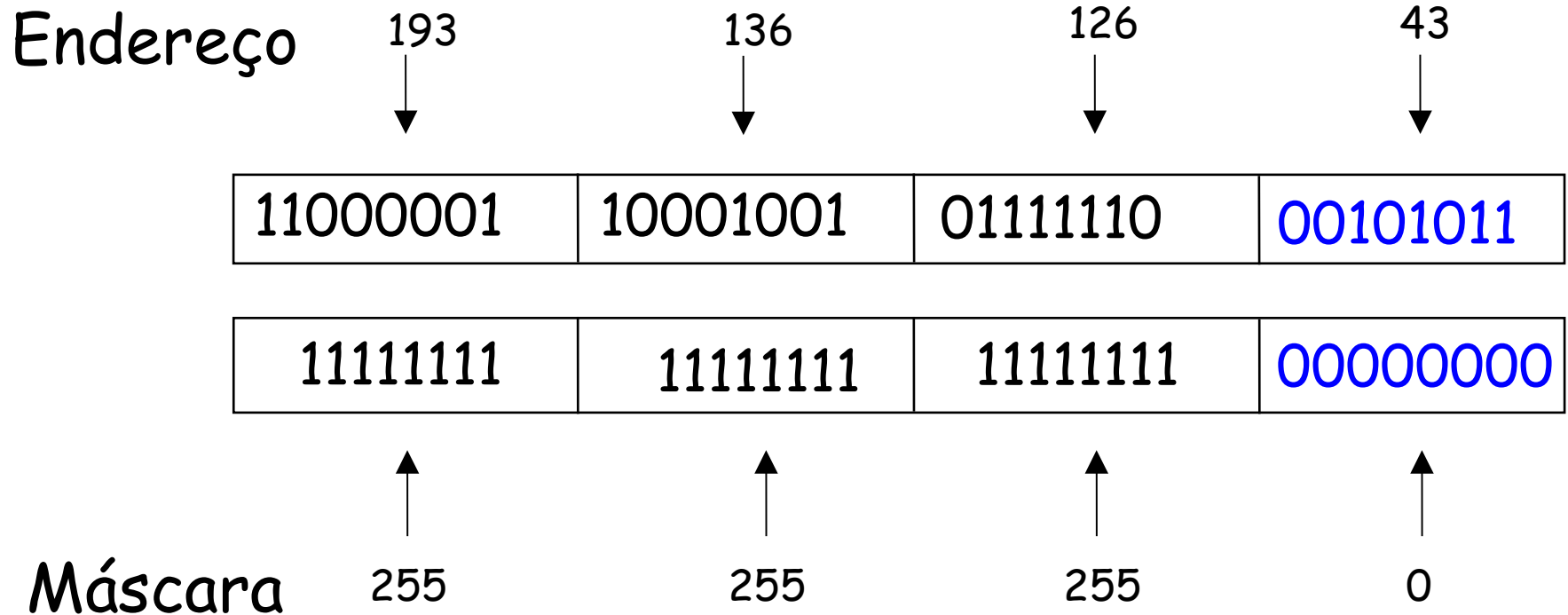


# Os Prefixos IP são hierárquicos

- Os endereços IP estão organizados em intervalos da dimensão de potências de dois
- Quanto maior o /número menor a dimensão do prefixo
- Os prefixos estão organizados em subconjuntos



# Prefixos IP e Máscaras

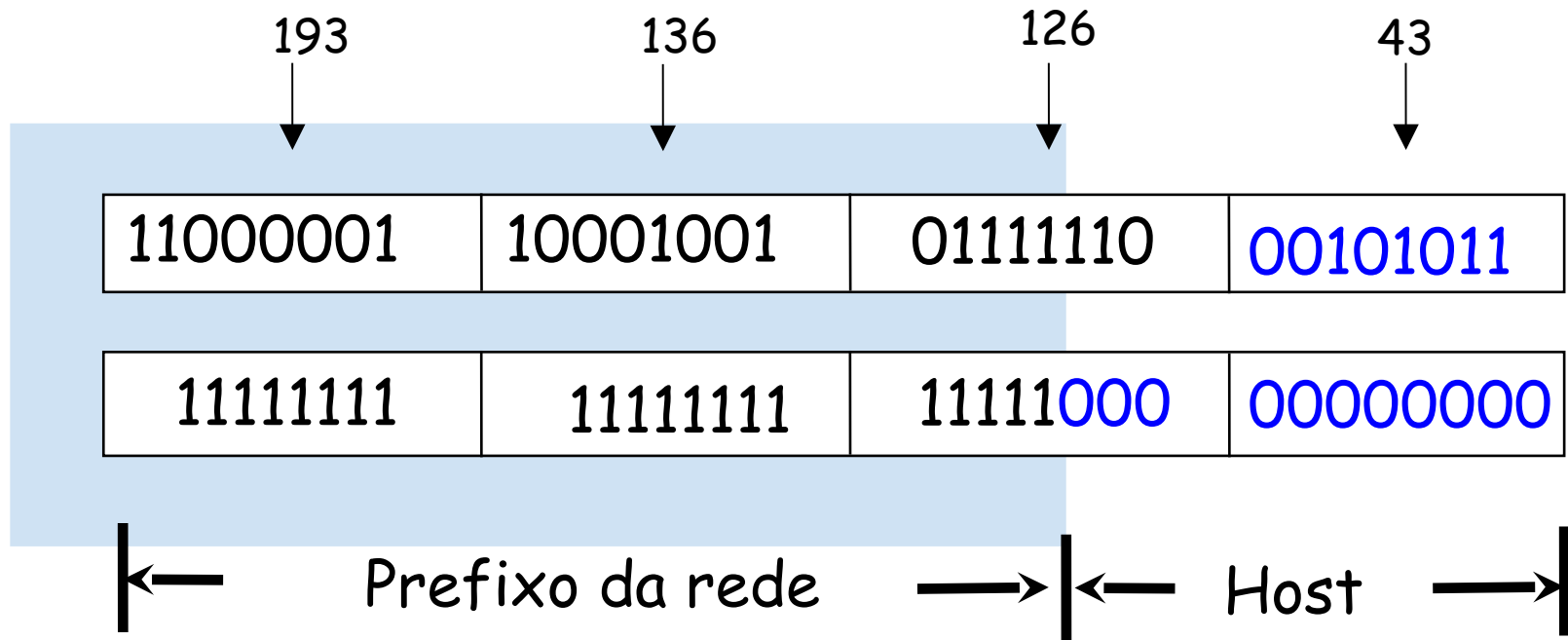


**Prefixo: 193.136.126.0/24**

**Máscara: 255.255.255.0**

# Endereço ou Prefixo da Rede

Endereço de Rede: Endereço / Dimensão do Prefixo



Notação: 193.136.120.0 / 21

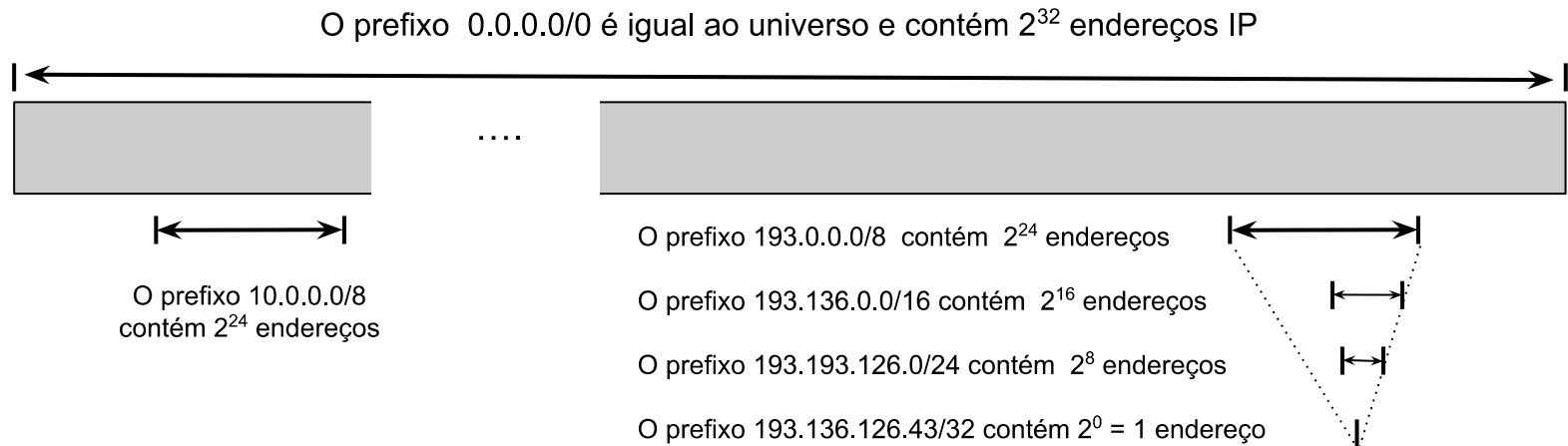


# Exemplos

- Vários blocos /16 agregados
  - A FCCN tem o bloco 193.136.0.0/15 correspondente a 193.136.0.0/16 e 193.137.0.0/16
- A FCT/UNL tem o equivalente a 8 blocos de /24 agregados
  - FCT/UNL has 193.136.120.0/21 correspondente a 193.136.120.0/24 a 193.136.127.0/24

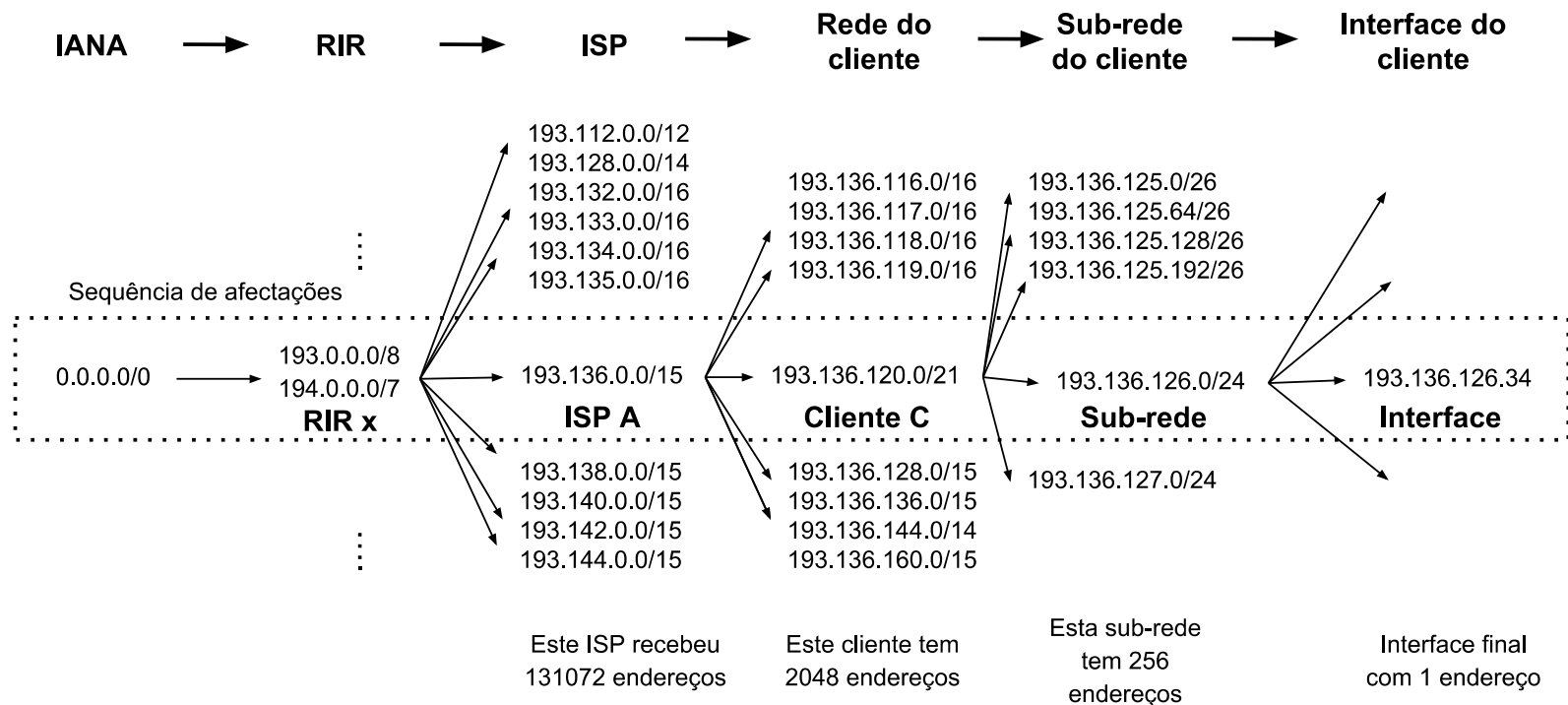
# A Noção de Rede é um Conceito Recursivo

- O universo de todas as redes da Internet tem um endereço correspondente a um prefixo de comprimento nulo
- A rede de uma instituição é um sub-prefixo do prefixo de um ISP ou de um prefixo "*provider independent*"



# Afetação de Endereços IP

- Os prefixos são afetados hierarquicamente pela ICANN/IANA às
- RIRs (*Regional Internet Registries*) que por sua vez afetam sub-prefixos aos ISPs (as RIRs podem afetar endereços “*provider independent*” diretamente a instituições)
- Os ISPs afetam depois sub-prefixos aos seus clientes e os clientes às suas sub-redes e computadores



# Explicações

- Separação do controlo

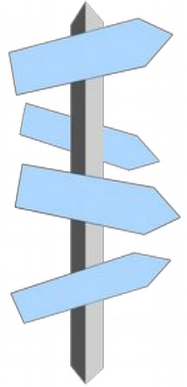
- Prefixos: afetados a uma instituição ou a uma subrede
- Endereços: afetados pela instituição aos seus computadores

- Quem afeta prefixos IP?

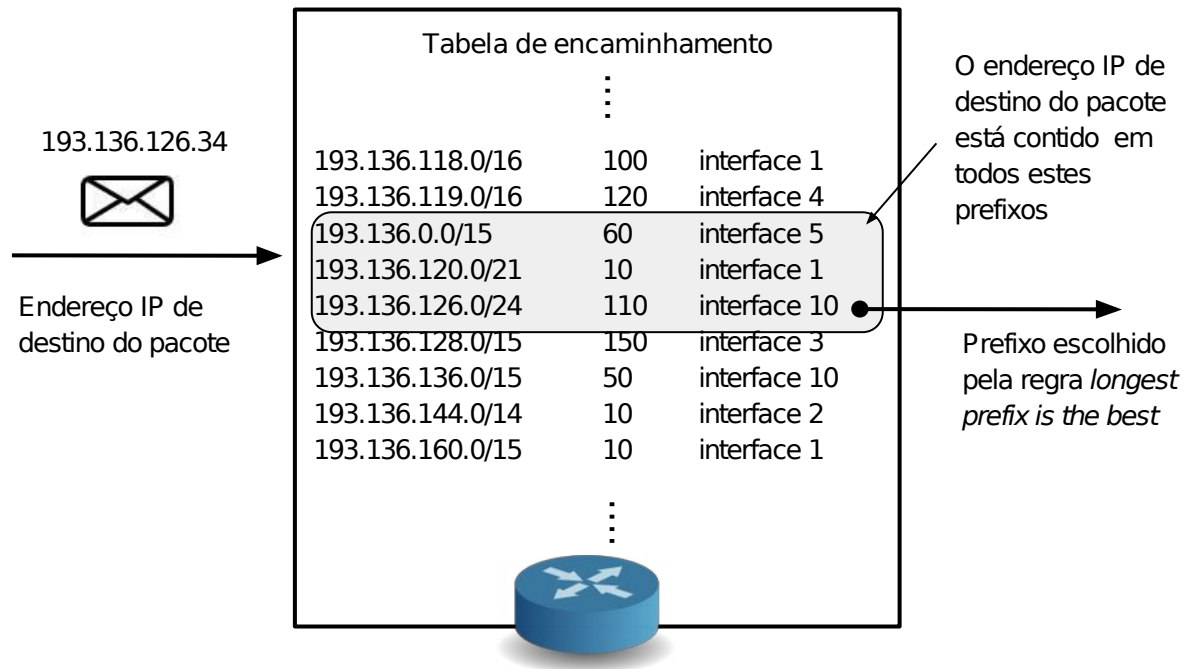
- Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
  - Afeta blocos de endereços às Regional Internet Registries
- Regional Internet Registries (RIRs)
  - E.g., RIPE (Réseaux IP Européens)
  - Afetam blocos de endereços a subregiões
  - Afetam prefixos aos Internet Service Providers e às instituições grandes
- Internet Service Providers (ISPs)
  - Afetam prefixos aos seus clientes

# Encaminhamento

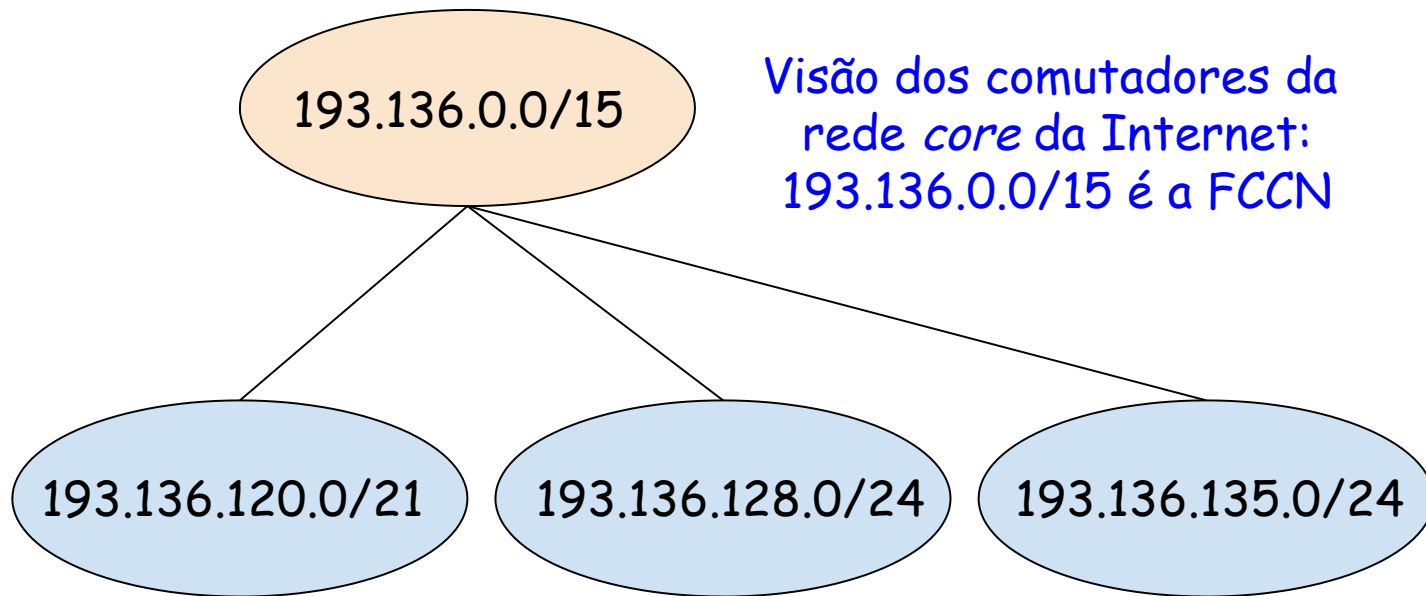
- Cada comutador tem uma tabela de encaminhamento que
  - Mapeia prefixos para interfaces
- Quando recebe um pacote
  - Procura nessa tabela a entrada correspondente ao prefixo que contém o endereço de destino
  - E envia o pacote pela interface indicada
- Mas se a um endereço podem corresponder várias entradas
  - Qual delas deve escolher ?



# Longest Prefix Match Forwarding



# A Escalabilidade Baseia-se na Agregação



Visão dos computadores da  
rede *core* da Internet:  
193.136.0.0/15 é a FCCN

Visão na rede da FCCN:  
193.136.120.0/21 é a FCT  
193.136.135.0/24 é a .....

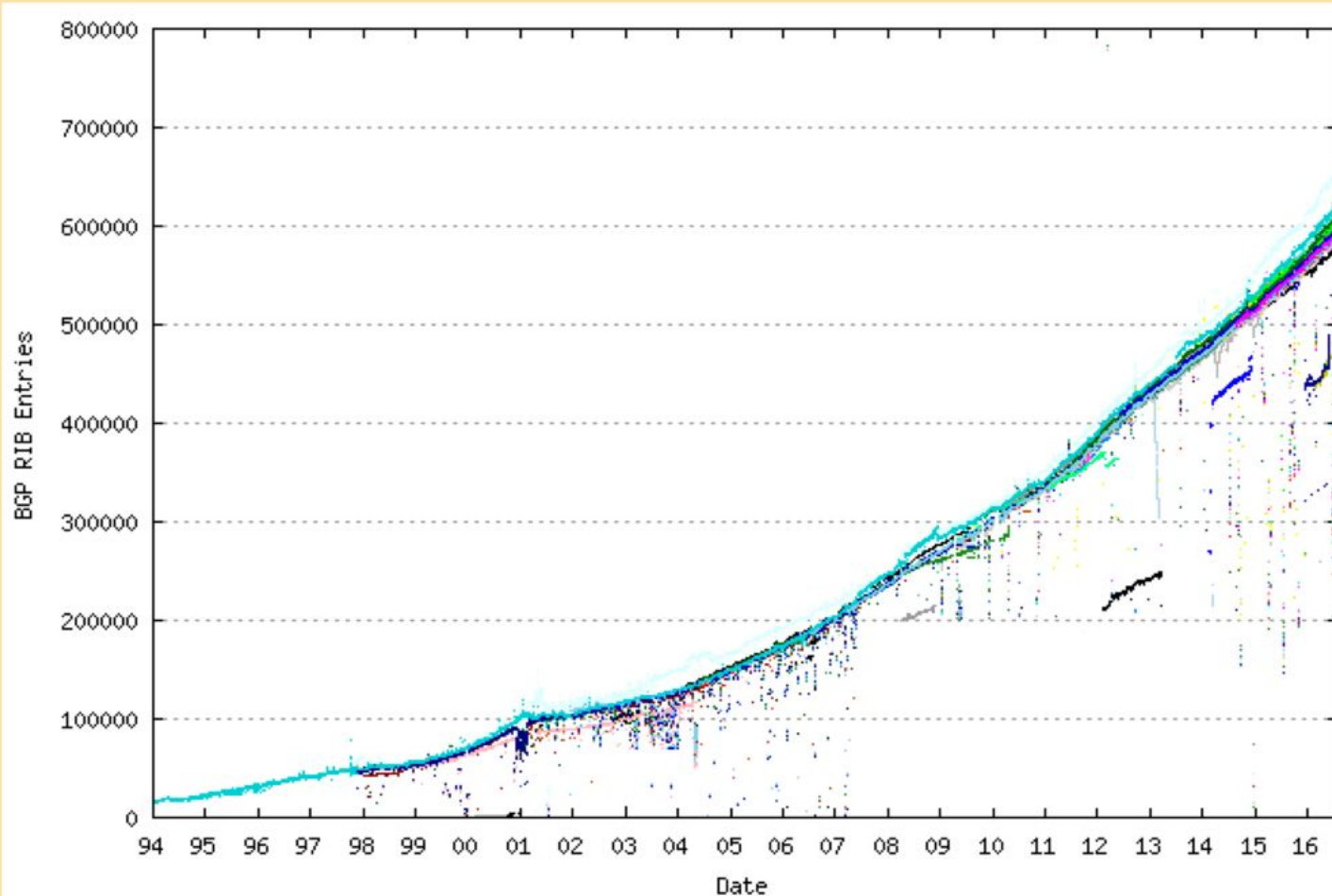
# A Escalabilidade Baseia-se na Hierarquia

- Hierarquia estrita
  - Ótima para a escalabilidade
  - Não obriga toda a gente a conhecer todos os outros
  - Reduz o tamanho das tabelas
  - Reduz o número de atualizações quando alguma coisa muda
- Hierarquia não uniforme ( ..../xx )
  - É muito útil pois as redes são de diferentes dimensões
- E assim evita que as tabelas cresçam muito



# No Concreto Não é Bem Assim

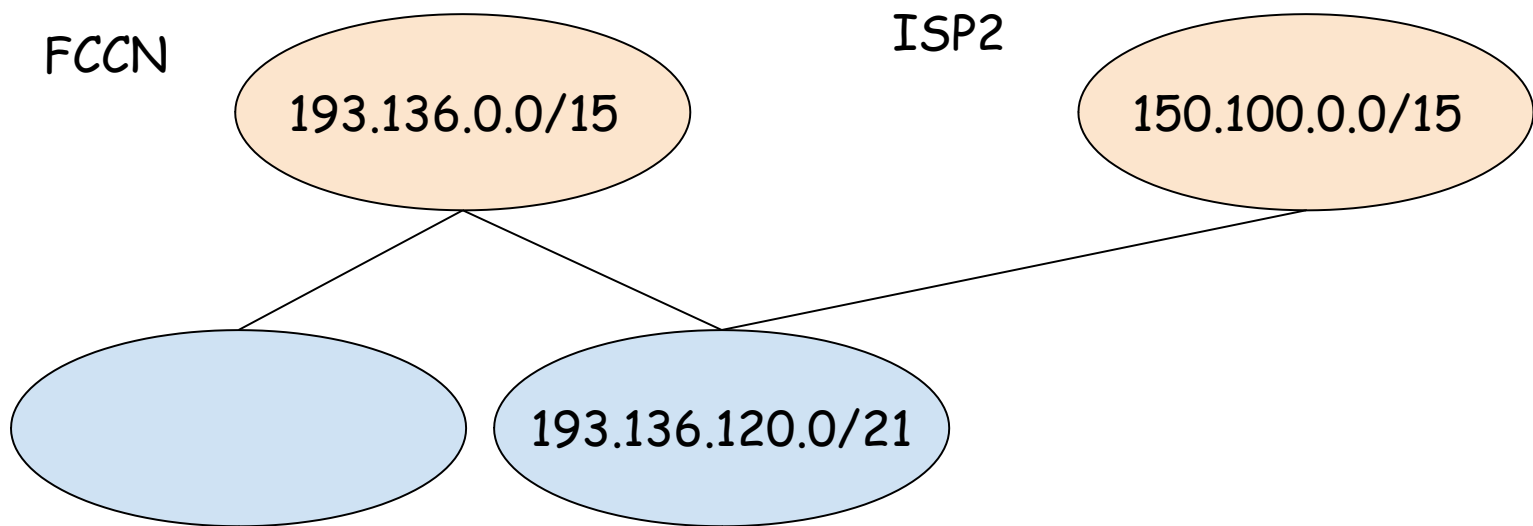
Growth of the BGP Table - 1994 to Present



# Multi-Homing: A Agregação Deixou de Ser Possível

Visão dos comutadores da rede core da Internet:

193.136.0.0/15 é a FCCN  
mas 193.136.120.0/21 é a FCT/UNL  
que é atingível via a FCCN e o ISP2



O resto da Internet necessita de saber que o prefixo 193.136.120.0/21 é acessível via a FCCN e o ISP2.

As tabelas de encaminhamento passaram a ter que ter duas entradas distintas para prefixos em que um é um subconjunto do outro.

# A Quem Pertence um Endereço?

- *Address registries*

- Existem diretorias públicas dos prefixos dos diferentes ISPs
- Em geral estão desatualizadas

- *Como consultá-las*

- UNIX: "whois -h whois.ripe.net 193.136.126.43"
- <http://www.ripe.net/whois/>
- <http://www.geektools.com/whois.php>
- ...

# Exemplo

```
$ whois -h whois.ripe.net 193.136.126.43
```

```
% This is the RIPE Database query service.
```


```
% The objects are in RPSL format.
```

```
inetnum:      193.136.120.0 - 193.136.127.255
netname:      PT-FCT-UNL-1
descr:        Faculdade de Ciencias e Tecnologia da Universidade Nova ...
country:      PT
admin-c:      RCUN1-RIPE
tech-c:       RCUN1-RIPE
status:       ASSIGNED PA
org:          ORG-UNDL3-RIPE
remarks:      SERVIP-UNL
remarks:      created 19931130
mnt-by:       AS1930-MNT
```

# Geolocalização de um Endereço IP

Existem também bases de dados de localização dos endereços IP:

## Geolocation data from **DB-IP** (Product: Full updated on 11/3/2015)

IP Address	Country	Region	City	ISP
188.37.139.250	PT 	Lisbon District	Lisbon	Vodafone Portugal
Time Zone		Latitude	Longitude	Organization
Europe/lisbon		38.7663	-9.09784	

[Google Map for Lisbon, Lisbon District, PT \(New window\)](#)

# Conclusões

- Os endereços IP têm duas partes, o prefixo e o número de computador
- Os prefixos estão associados a um sub parte da Internet (e.g. ISP, instituição, edifício, rede sem fios, ...)
- O conceito é hierárquico pois um conjunto com um único prefixo a certo nível pode decompor-se em mais sub-prefixos
- A decomposição acaba nos prefixos dos canais (ver adiante)
- Esta hierarquia é fundamental para a escalabilidade do encaminhamento na Internet