

Internet — de Curiosidade Científica a Infraestrutura Crítica Os Desafios da Escala

Intervenção convidada @ crc 2010

José Legatheaux Martins

FCT/UNL

Internet Origin

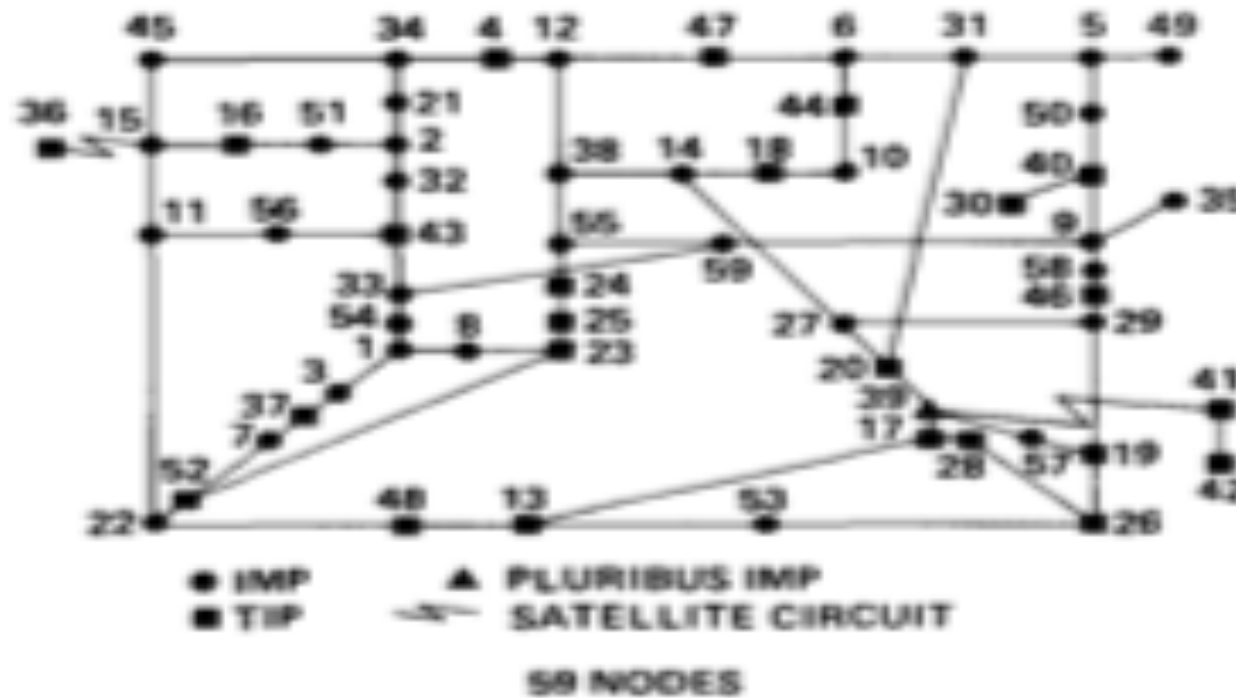
The Internet was created in simpler times. Its creators and early users shared a common goal — They wanted to build a network infrastructure to **hook up all computers** in the world together so that as yet unknown applications could be invented to run there.

in David Clark et al. “Tussle in Cyberspace: Defining Tomorrow’s Internet,” in Proceedings of SIGCOMM’ 02, 2002, USA

Nessa altura os computadores contavam-se às centenas ou em poucos milhares

Arpanet Logical Map. August 1976

Fig. 4. Arpanet logical map, August 1976.



in I. K. Dalal and R. Metcalf, "Reverse Path Forwarding of Broadcast Packets," CACM, December 1978, Volume 21, Number 12

Portugal — 1991

- Durante 1991 várias universidades começaram a numerar as suas redes internas com endereços IP legais, únicos no mundo (NIC registered networks)
- No final de 1991 era possível enviar e receber (quase sempre !) pacotes IP do Backbone da RCCN em Portugal para o Backbone da NSF nos EUA
- A conectividade internacional era assegurada por um link de 64 Kbps (IP over X.25 circuit) — entre o IST e a EUNET em Amsterdam - CWI (IP over the “Telephone System”); mais tarde este link foi substituído por linhas da própria RCCN
- Nessa altura, de acordo com alguns “European OSI Standards gurus” usar IP era perigoso !

A Internet em Portugal - Dez. 1991

- FCCN, Univ. Porto, Minho, Aveiro, Lisboa, FCT/UNL, INESC, Coimbra, IST, LIP e PUUG estavam conectadas — 26 redes IP (25 antigas redes C ou /24 e 1 antiga rede B ou /16)
- A conectividade internacional só estava acessível a: FCCN, Minho, Porto, Aveiro, INESC e PUUG
- 21 Domínios com 933 hosts registados
- O host ns.dns.pt recebia $\approx 5,000$ queries / dia ou 3 / minuto

In José Legatheaux Martins, “Relatório de execução do Projecto Serviço IP da RCCN durante o ano de 1991,” Março de 1992, Relatório Técnico da FCCN

Nascimento do Domínio .PT

- O domínio PT foi estabelecido de Setembro a Novembro de 1991 e oficialmente reconhecido pelo NIC em Janeiro de 1992 — isto é, os root name servers deixaram de ligar PT a uma rede de correio electrónico mantida pela IBM (BITNET) e passaram a dirigir as queries para os servidores com autoridade sobre o domínio PT
- A partir desse momento, as aplicações passaram a funcionar como é hoje normal
- Os primeiros serviços foram: E-mail, Network News e arquivos FTP (archie.inesc.pt, archie.ncc.up.pt, fct.unl.pt, uminho.pt, puug.pt, ...)

Portugal foi Oficialmente Considerado “Internet Connected” em Janeiro de 1992

“A terceira e última fase consistiu na aceitação pelo NIC do sistema nacional. Essa aceitação teve efeitos práticos no início do corrente ano (1992), momento a partir do qual os “root name servers” da Internet passaram a indicar que o servidor central do domínio “PT” (Portugal) é o servidor “ns.dns.pt”, uma máquina propriedade da FCCN, instalada na sua sede e dedicada em exclusivo à gestão do DNS do país.

O domínio “PT” tem vários servidores secundários (“de backup”) nos EUA (Berkeley, Stanford e UUnet), na Europa (EUnet, INRIA, NORDUnet) e a nível nacional.”

In José Legatheaux Martins, “Relatório de execução do Projecto Serviço IP da RCCN durante o ano de 1991,” Março de 1992, Relatório Técnico da FCCN

O Domínio .PT hoje

Last login: Thu Nov 4 09:11:09 on console

jose-legatheaux-martinss-macbook-pro:~ jalm\$ dig @ns.dns.pt pt. ns

;; QUESTION SECTION:

pt. IN NS

;; ANSWER SECTION:

pt.	28800	IN	NS	ns2.nic.fr.	
pt.	28800	IN	NS	ns.dns.pt.	← FIRST DOMAIN REGISTERED UNDER PT.
pt.	28800	IN	NS	ns2.dns.pt.	
pt.	28800	IN	NS	auth210.ns.uu.net.	
pt.	28800	IN	NS	auth200.ns.uu.net.	
pt.	28800	IN	NS	ns.dns.br.	
pt.	28800	IN	NS	sns-pb.isc.org.	
pt.	28800	IN	NS	ns-pt.nlnetlabs.nl.	

;; ADDITIONAL SECTION:

.....

;; Query time: 16 msec

;; SERVER: 193.136.0.1#53(193.136.0.1)

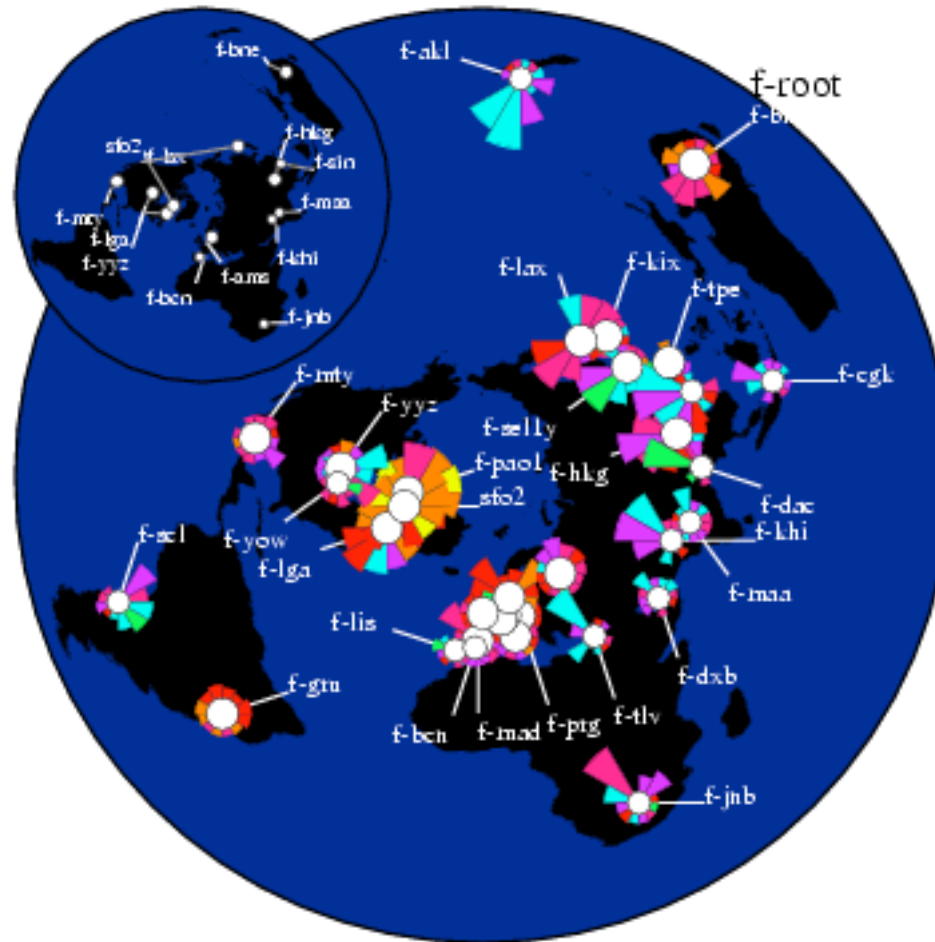
Domain Name System in 2010 Q2

TLD Domain	# Approximate in millions
.com, .net	100
Country Codes	76
.de biggest CC	13
Other TLDs	20
Total	196

.com & .net daily queries	# in billions
Average	62.5 billions
Peak	83.6 billions
Average yearly growth	28%
Average peak growth	43%

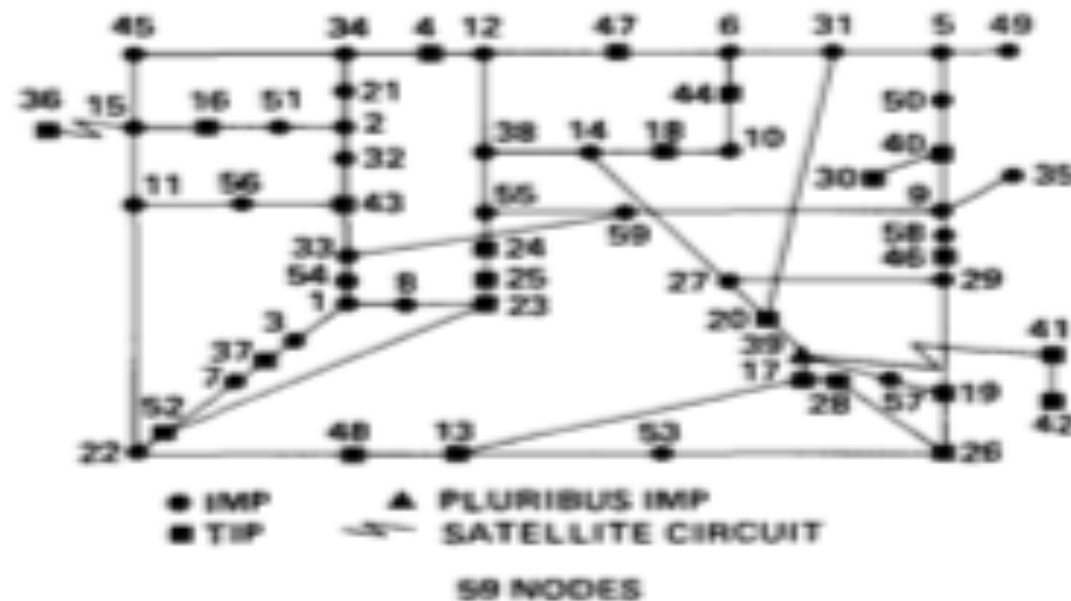
In VeriSign Domain Report, September 2010

Distribuição de carga através de Anycast



Arpanet Logical Map. August 1976

Fig. 4. Arpanet logical map, August 1976.



in I. K. Dalal and R. Metcalf, "Reverse Path Forwarding of Broadcast Packets," CACM, December 1978, Volume 21, Number 12

International PT IP Traffic in December 1991 (As Seen by RCCN Router GTRCCN2 in Bytes)

From / To	RCCN	RCCN int.	RCCN nat.	Internacional	Total
RCCN	1012404	838377	174027	299869	1312274
RCCN intern.	240598	79035	161563	275443	516342
RCCN nacional	771805	759341	12464	24425	796231
Internacional	1430492	1430489	2	305	1430797
Total	2442896	2288868	174030	380175	2743072

In José Legatheaux Martins, “Relatório de execução do Projecto Serviço IP da RCCN durante o ano de 1991,” Março de 1992, Relatório Técnico da FCCN

Portuguese IP Address Evolution

	DNS Domains Portugal	IP Addresses Portugal	IP Addresses Europe	Portugal / Europe %
1991 January				
1992 January	25	820	141308	0,58 %
1993 January	63	1901	303828	0,63 %
1994 January	117	3382	587135	0,58 %
1995 January	130	5521	1106077	0,50 %
1996 January	411	12698	2284750	0,56 %
1996 July	512	15776	3017784	0,52 %
2010	n x 100.000 ?	2.500.000 ?	150.000.000 ?	1,3 % ?

In José Legatheaux Martins, “Evolução Tecnológica da Internet em Portugal,” Ingenium – Revista da Ordem dos Engenheiros, 2ª Série, N.º 17, Maio 1997, pp.s 70 - 78

Internet Penetration (IP Per Capita)

Global	0.07
Norway	0.49
Finland	0.44
Sweden	0.43
Monaco	0.41
Netherlands	0.41
USA	0.40
Denmark	0.39
Iceland	0.39
Germany	0.38
Australia	0.37

A Akamai estima que os seus servidores são visitados por um bilião de utilizadores por dia

35 países têm níveis de penetração ≥ 0.25 IPPC e 73 países têm IPPC ≥ 0.1

Portugal deve estar no intervalo [0.20 – 0.25]

Number of unique IP addresses Worldwide (in millions)

Global	465,0
USA	124,9
China	52,1
Japan	32,2
Germany	30,9
France	21,4
UK	20,0
South Korea	16,1
Canada	11,4
Spain	10,8
Brazil	10,7

The top 10 countries account for
71%

Portugal may have around 10 M
 $\times 0.25 \approx 2.5$ M since Spain has 10
M or $\approx 0,25$

Worldwide Yearly IP Transported data

By Segment	2009	%	2013	%
Consumer IP	10 399	70,5 %	40 543	72,9 %
Business IP	4 258	28,8 %	12 833	23,0 %
Mobile IP	85	0,5 %	2 184	3,9 %
Total	14 743	≈ 100 %	55 560	≈ 100 %
Internet IP	11 627	78,8 %	40 401	72,7 %

1 PB = 1 Peta Byte = 1 000 000 000 000 000 = 10^{15} Bytes = 1 Quadrillion or 1000 Tera Bytes (1 DVD = 8×10^9 bytes)

Consumer denotes all Internet traffic generated by households, universities, cafés, ...

Business denotes all IP traffic generated by business and government (private WANs and Internet transported)

Mobile includes mobile data and Internet data generated by handsets, notebook cards,

...

In Cisco Visual Network Index: Forecast and Methodology, 2008 - 2013

A “Vingança” dos Telecoms

- A Internet nasceu como um “overlay” sobre a rede telefónica
- Por volta de 1994 tornou-se “main stream” nos países ocidentais
- Em 1995 o NSF Backbone foi desmantelado e substituído por vários backbones privados
- Por volta do ano 2000 a maioria dos ISPs e outros operadores IP estava na posse ou intimamente ligado a grandes carriers e outros operadores mais clássicos de telecomunicações

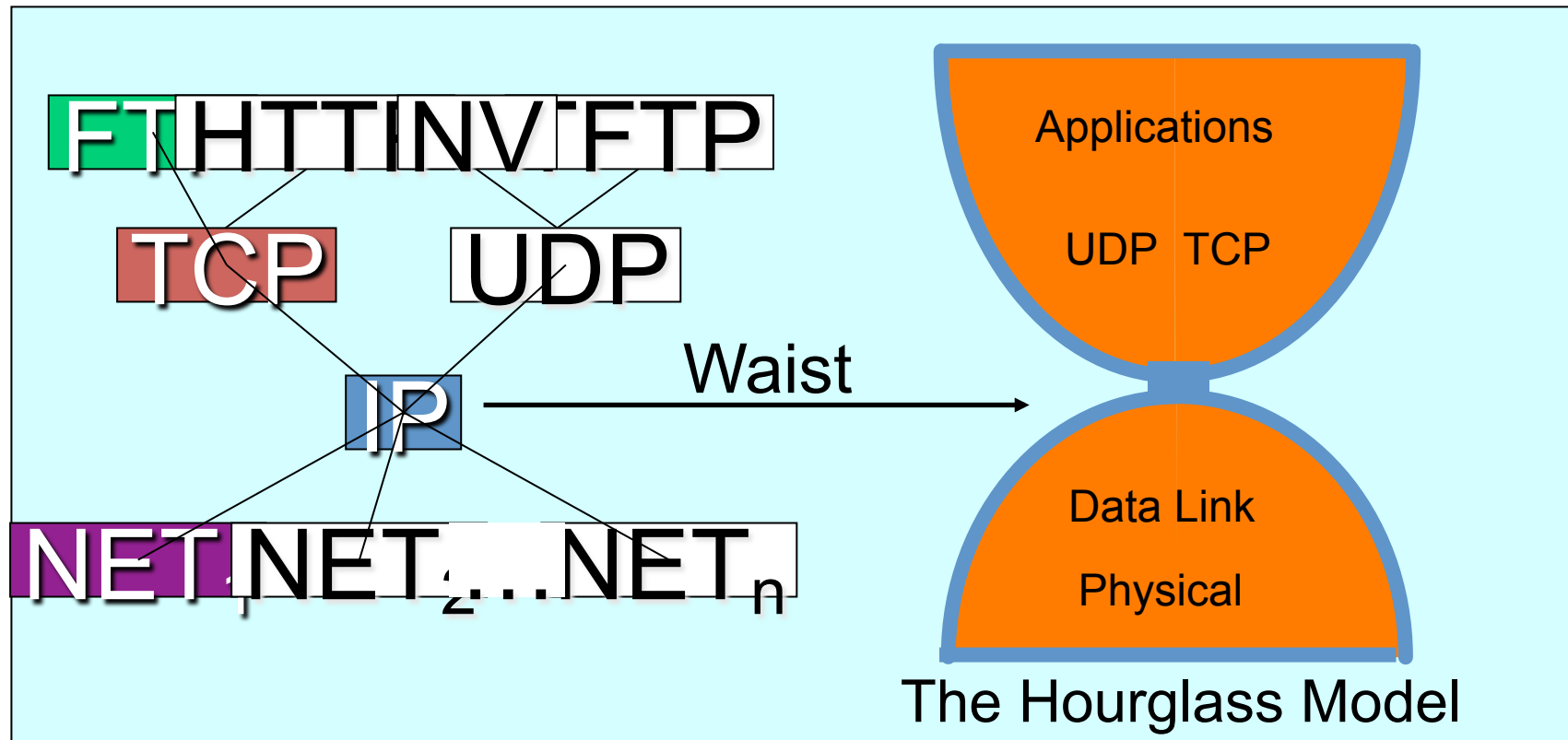
A Internet

- Is the largest public communications network ever build
- Is embracing and replacing current telephone and television networks
- Is becoming THE way to diffuse content (newspapers, music, films, books, ...)
- Remote health assistance, surveillance and monitoring, ... will be increasingly supported by the Internet
- Probably, even critical infrastructures monitoring and control (e.g. power grids) networks as well as critical closed business networks (e.g. Swift) will be partially integrated within the Internet

Systems Design Principles

- KISS — Keep It Simple, Stupid !
- Master Complexity with:
 - Interfaces
 - Information Hiding
 - Layering
 - Hierarchy

The Internet Protocol Suite



O gargalo facilitou a interoperabilidade e a inovação

End to end arguments

“One of the most respected and cited of the Internet design principles is the end to end arguments, which state that mechanisms should not be placed in the network if it can be placed in the end node, and that the core of the network should provide a general service, not one that is tailored for a specific application. There are two general dimensions to the arguments: [innovation and reliability](#).”

In Tussle in Cyberspace: David Clark et al. “Defining Tomorrow’s Internet,” in Proceedings of SIGCOMM’ 02, 2002, USA

Os Desafios da Internet

- Um bilião de utilizadores troca 30 a 40 Peta Bytes por dia na Internet (Inter AS)
- Dentro de alguns anos serão vários biliões a utilizarem dispositivos móveis inteligentes
- Será que
 - A Internet conseguirá escalar a esse nível ?
 - Tornar-se-á fiável e segura ?
 - Não se transformará num gigantesco big brother ?
 - Continuará a ser neutra para as aplicações e aberta à inovação ?
 - Continuará aberta e livre em todos os países ?

Os problemas da Escala

Channels	1980	1990	2010	2015
End User Average Interface Speed	2,4 K bps	2,4 K bps	10 M bps	100 M bps
End User Advanced Interface Speed	2,4 K bps	9,6 K bps	100 Mbps	1 G bps
Backbone Average Interface Speed	64 K bps	64 K bps	10 G bps	100 G bps
Backbone Research Interface Speed	128 K bps	512 K bps	100 G bps	1 T bps
Users and channels	thousands	1 million ?	1 billion	? billions

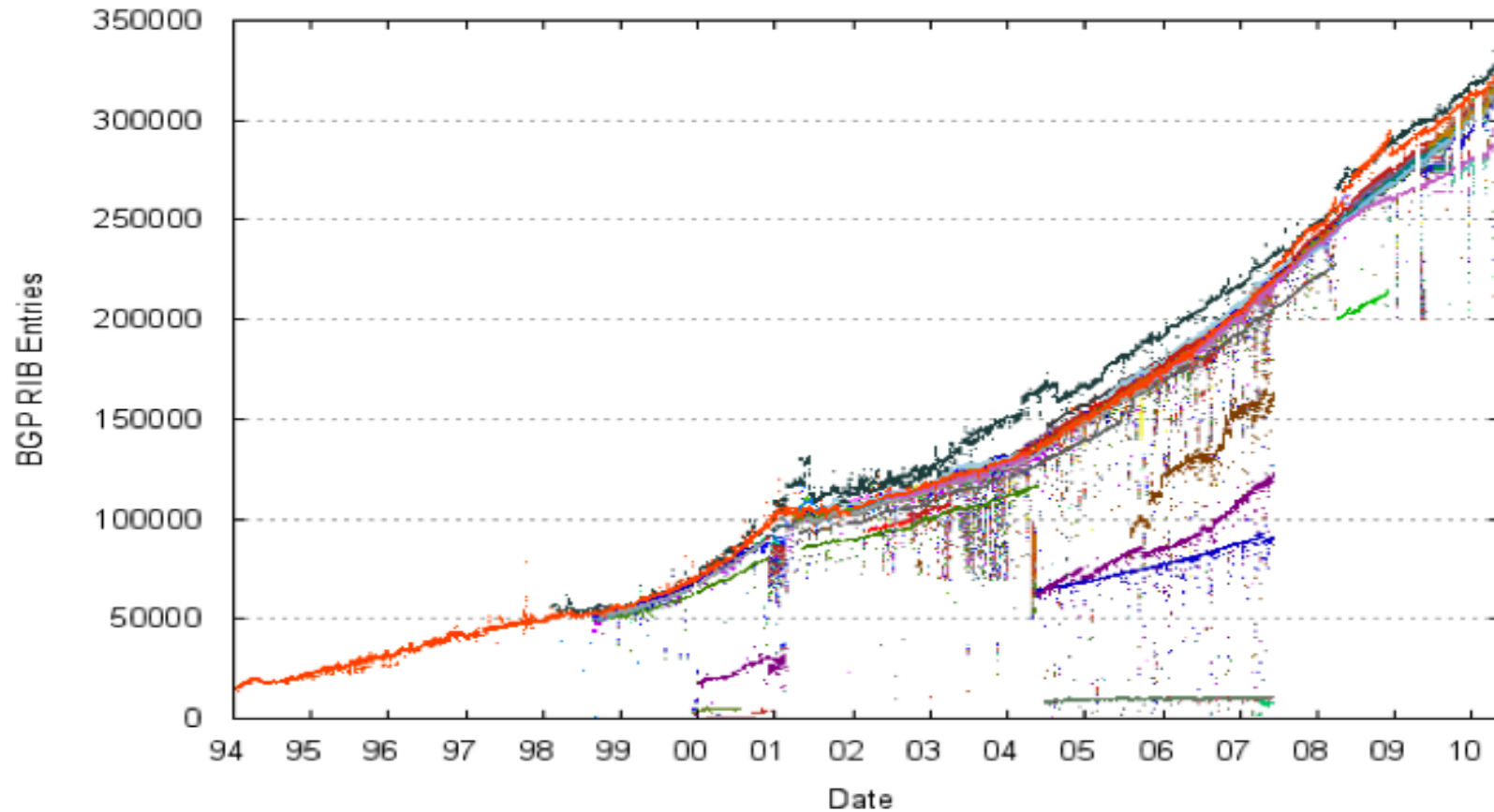
Quer o número de canais, quer a respectiva capacidade aumentará várias ordens de grandeza

Quantos endereços globais serão necessários ?

Como acomodar bilhões de utilizadores móveis ?

Scaling The Backbone — BGP Prefixes

Growth of the BGP Table - 1994 to Present



In <http://bgp.potaroo.net>

Scale in the Backbone — BGP Updates

7 Day BGP Profile: 24-April-2010 00:00 - 30-April-2010 23:59 (UTC+1000)

Number of BGP Update Messages: 608618

Number of Prefix Updates: 1263963

Number of Prefix Withdrawals: 95959

Average Prefixes per BGP Update: 2.23

Average BGP Update Messages per second: 0.88

Average Prefix Updates per second: 1.97

Peak BGP Update Message Rate per second: 1032

(04:59:53 Tue, 27-Apr-2010)

Peak Prefix Update Rate per second: 787

(11:56:15 Tue, 27-Apr-2010)

Peak Prefix Withdraw Rate per second: 4268 ← Tratamento de falhas

(04:59:53 Tue, 27-Apr-2010)

Prefix Count: 329975

In <http://bgp.potaroo.net>

Problemas do BGP

- No essencial, o BGP usa um único mecanismo para lidar com vários problemas
- Resultado
 - Bom para políticas, mas as falhas são tratadas pelo mesmo mecanismo que trata as políticas — a convergência é muito lenta
 - Mau para falhas, ausência de optimalidade do encaminhamento, ausência de traffic engineering
 - Escala e segurança são críticas mas estão ausentes

Keep Complexity Under Control

- Há soluções de curto prazo (afinar timers, propagação inteligente de updates, ...)
- Arquiteturais de médio prazo (LISP – locator / identifier separation, ...)
- Mais disruptivas: simplificar o core e dar mais liberdade de escolha e responsabilidade à periferia, ignorar o tratamento de falhas de curto prazo no core como ?

However: “Perfection is reached not when there is no longer anything to add, but when there is no longer anything to take away” Antoine de Saint Exupéry

Inter AS Consumer transported data

By Sub-Segment	2009	%	2013	%
Web/Mail	1 595	18,2 %	3 965	12,3%
File Sharing P2P	4 083	46,6 %	9 629	29,9%
Online Gaming	87	0,99 %	239	0,74%
Consumer VoIP	129	1,4 %	190	0,5 %
Live Video Communications	57	0,6 %	354	1,1 %
Video to PC (pay TV, VoD, YouTube \ Vo P2P)	2 431	27,7 %	12 442	38,7 %
Video to TV (same to a TV set)	149	1,7 %	2 594	8 %
Ambient Video (security cams, ...)	224	2,5 %	2 715	8,4 %
Total	8755		32129	

In Cisco Visual Network Index: Forecast and Methodology, 2008 - 2013

The Akamai Content Distribution Network

- Provavelmente a maior rede overlay comercial baseada em infra-estrutura do mundo, ao nível aplicativo, construída nos últimos 10 anos
- 77.000 servidores distribuídos pelo mundo inteiro
- Presente em cerca de 1000 AS diferentes (felizmente, por agora, ainda não há concentração dos ISP finais !)
- Fornece, de forma transparente para os utilizadores, melhor acesso aos conteúdos dos seus clientes (conteúdo estático e dinâmico, streaming, ...)
- Usada pelos grandes nomes da indústria (Apple, ...)

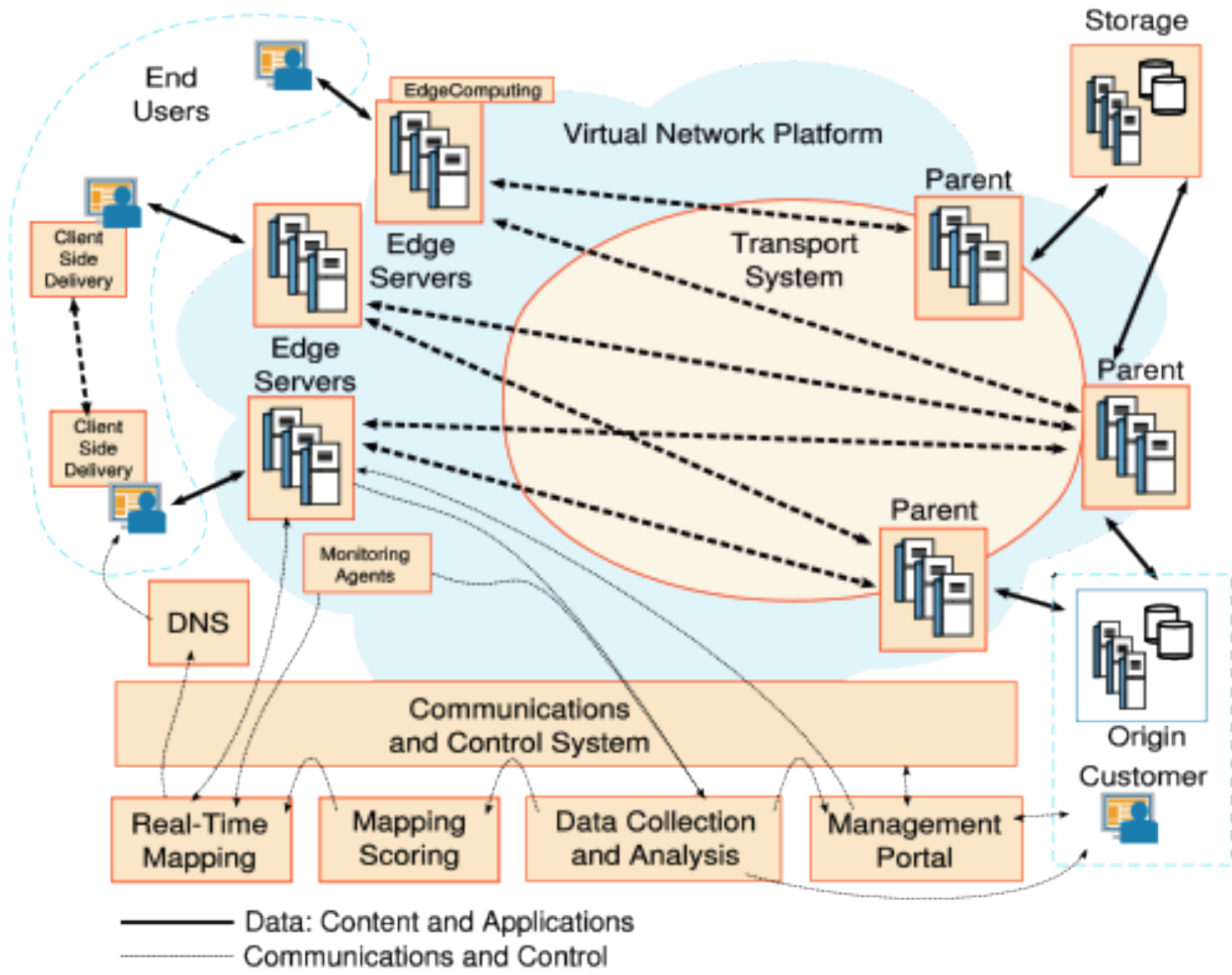


Figure 5: System components of the Akamai platform.

Técnicas usadas na rede Akamai

- Redirigir os clientes para os seus servidores mais próximos
- Caching intensivo, incluindo pre-caching
- Sistema próprio de mapping e monitorização da Internet
- Encaminhamento: utiliza servidores intermédios para contornar as deficiências do BGP
- Contorna as deficiências do TCP e o packet loss utilizando multicaminho e vários fluxos em paralelo

Os Desafios do Transporte

- O TCP, sendo completamente end-to-end, coloca problemas de fundo, provavelmente não ultrapassáveis numa Internet profundamente heterogénea e com muitos clientes móveis
- Como diminuir o impacto do problema:
 - Caching intensivo
 - Multi-interfaces e multi-caminhos simultâneos pode ser uma resposta
 - O utilizador deveria poder “escolher os caminhos” seguidos pelos seus pacotes

Trabalhos Recentes Interessantes

- Van Jacobson's Content Centric Networking
 - [A New Way to look at Networking](#)
- NDN – Named Data Networking (UCLA and others)
- TCP Multi-path TCP — Trilogy Project (UCL)
- NIRA (MIT) — Permitir aos hosts escolher em parte o trajecto seguido pelos pacotes na Internet

Privacy — The Good Old Days



Fiabilidade e Confiança

- A escala está a introduzir vários gigantes e uma enorme concentração
- A Cloud é uma infraestrutura operada por meia dúzia de gigantes ?
- Será que os estados e os gigantes vão lutar ou conluiar-se para controlar a Internet ?
- A “comunidade científica” deixou de contar

Em Jeito de Fecho

- Não é possível contribuir para o futuro da Internet ignorando o impacto operacional e económico das propostas de curto / médio prazo — não esquecer as lições do IP-Multicast
- A Internet apareceu como um “overlay” sobre a rede telefónica e depois acabou por a “absorver”
- Será que as propostas “clean slate” serão capazes de “repetir a história” ?

How Some Players (and Some States) conceive the Future Internet

- Bib brother-like clouds will hold your data
- We will be locked into applications, mobile operating systems and mobile devices
- Wireless capacity will stay closed
- The Internet core and the constituent networks will stay ossified and unable to use any new disruptive technologies
- The Open Internet will be second class if any class at all

Diversidade

- Promover a diversidade e a abertura pela legislação, pela regulação e com soluções técnicas é fundamental no core, no acesso, nas plataformas, nos dados e nas aplicações

If You Want to Become an Internet Tec. Leader (Whatever it means)

- Think long term
- Emphasize principles, not facts
- Understand reality
- Expect paradigms shift
- Study how things work inside
- Learn how to master complexity
- Try to solve real problems
- Ignore hype
- Don't forget the past

– A. S. Tanenbaum and D. Paterson

Membros do “Forum-IP”

- Alexandre Santos (U. Minho)
- António Inês Silva (LNEC)
- Edmundo Monteiro (U. Coimbra)
- Fernando Boavida (U. Coimbra)
- Fernando Cozinheiro (U. Aveiro)
- Henrique João Domingos (U. Lisboa)
- Joaquim Macedo (U. Minho)
- Jorge Frazão (U. Lisboa)
- José Legatheaux (U. Lisboa)
- João Neves (INESC)
- Pedro Veiga (INESC)
- Rogério Reis (U. Porto)
- Salvador Pinto Abreu (U. Nova de Lisboa)
- Vasco Freitas (U. Minho)