

# IV064 Informační společnost

## Komunikace a sítě

Jiří Zlatuška

3. října 2011

# Komunikace

- poslové na koních (pomalé tempo života)
- zvuk (zvony)
- světlo
- elektrina (Abbé Jean-Antoine Nollet, 1746)

# Komunikace na dálku (středověk)

- „sympatické“ jehly
- kardinál Richelieu
- Famianus Strada, 1617, Prolusiones Academicae
- synchronizované magnetické střelky
- vyvráceno Galileem Galieim

# Claude Chappe

- neúspěšný výzkum elektrického signálního systému pro francouzskou revoluci
- s bratrem Reném vyvinul signalizaci na bázi ciferníku s jednou ručičkou a kódovou knihou; synchronizované hodiny
- kódování zprávy do jednodušších signálů
- 2.3.1791 komunikace na 16 km (Brulon--Parce) „*Pokud uspěješ, budeš brzy zavalen slávou*“

# Claude Chappe

- tachygraf (rychlé psaní)
- telegraf (psaní na dálku) -- Miot de Mérito
- 1792 zničeno zařízení v Belleville
- dokonalejší návrh bez synchronizace hodin -  
- 94 různých pozic, tj. 8836 slov a vět  
vyjádřitelných dvěma kódy

# Claude Chappe

- 1793 nový Chappeho návrh (společně s Abrahamem-Louisem Bréguetem)  
[*„Danou právě přijel. Oznámil, že Národní shromáždění autorizovalo jeho Komisi pro bezpečnost, aby orazítkovali papíry svých nástupců*].
- 1794 spojení Lille--Paříž
- 1798 linka do Strasburku
- 1799 Napoleon Bonaparte, žádá o zařízení schopné komunikovat přes Kanál (úspěšně testovaný prototyp).

# Chappeho telegraf

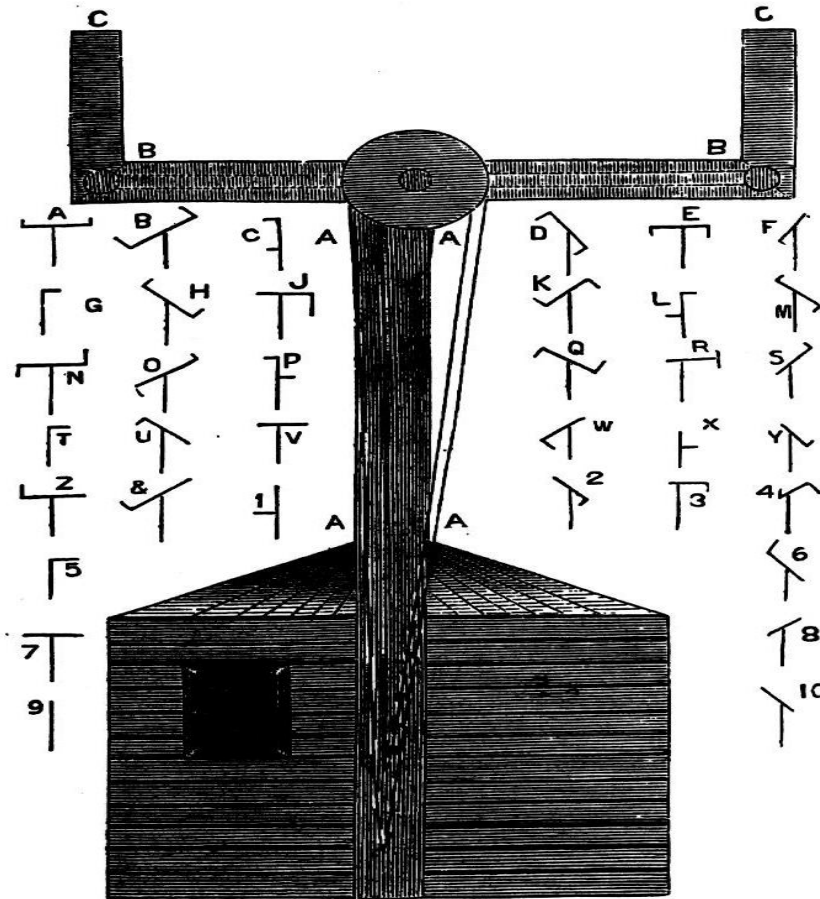


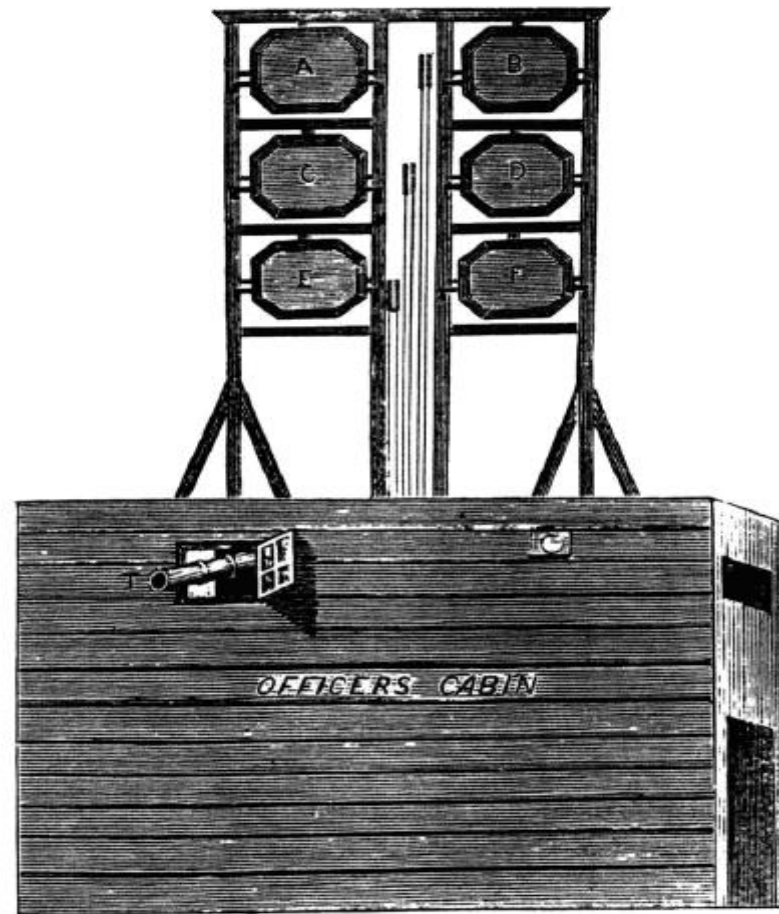
Figure 1: Chappe-style optical telegraph, showing arm positions corresponding to different letters. Mounted on the roof of a tower, the arms were controlled from the inside by an operator.

# George Murray

- britská Admiralita přikazuje postavit linku z Londýna na pobřeží -- 1797
- 64 možných kombinací



# Murrayüv telegraf



*Figure 2:* British shutter telegraph, 1797. Each of the six panels could be open (horizontal) or closed (vertical, as shown), giving a total of 64 different combinations.

# Elektrina

- 1753 dopis od autora pod pseudonymem „C.M.“
- do roku 1837 více než 60 experimentálních implementací telegrafu, často na mechanickém základě
- prototypy na bázi 26 drátů

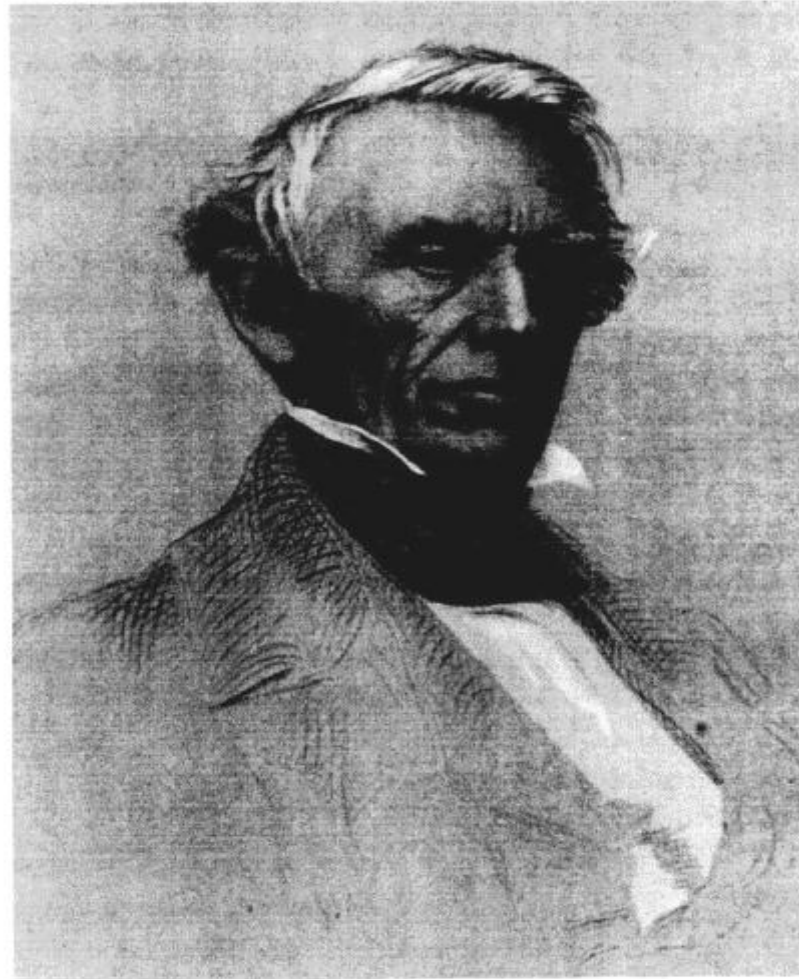
# Francis Ronalds

- demonstrační verze postavená doma
- Admirálita ruší objednávku po konci války(John Barrow: „telegrafy jakéhokoli druhu jsou nyní nepotřebné”)
- 1824 -- Peter Barlow experimentuje s elektrickým propojením

# Samuel F. B. Morse

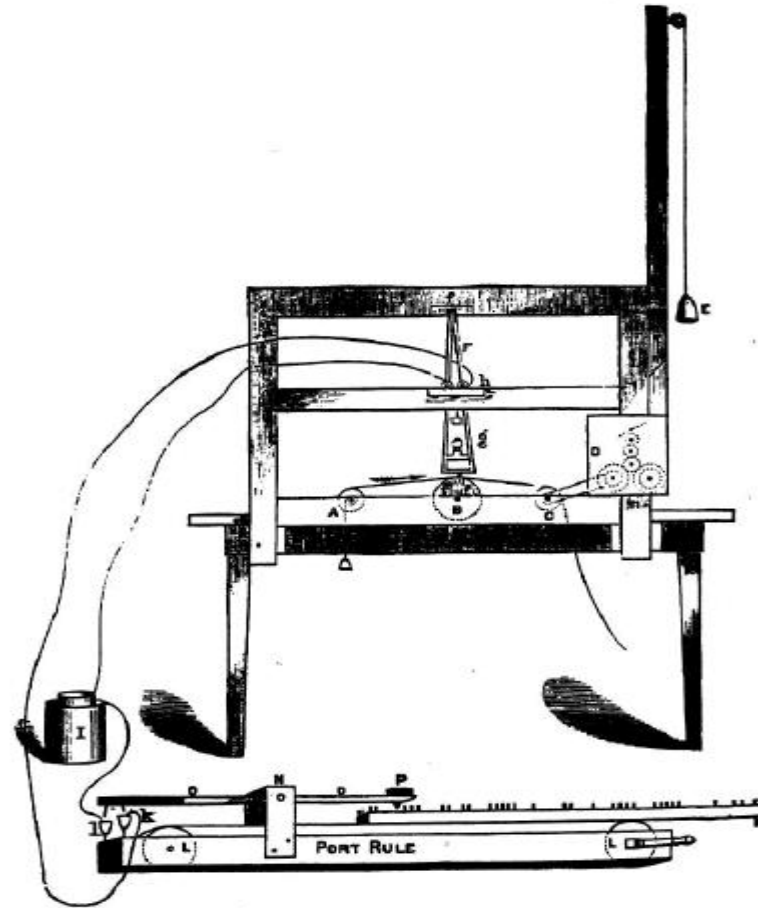
- malíř
- úmrtí ženy Lukrécie a nestihnutý pohřeb kvůli pomalosti komunikace
- 1832 princip telegrafu pomocí elektřiny
- rozpracování signálního kódu -- zamítnutí samostatných okruhů pro každé písmeno zvlášť

# Samuel F. Morse



*Figure 3: Samuel F. B. Morse*

# Morseho telegraf



*Figure 7: Morse's original telegraph. Winding the handle (L) forced the toothed rack through the transmitting apparatus (P), making and breaking the circuit. At the receiving end, the intermittent current was recorded as a zigzag line on a moving tape (A) by deflecting a pencil (G) with an electromagnet.*

# Morseho síť

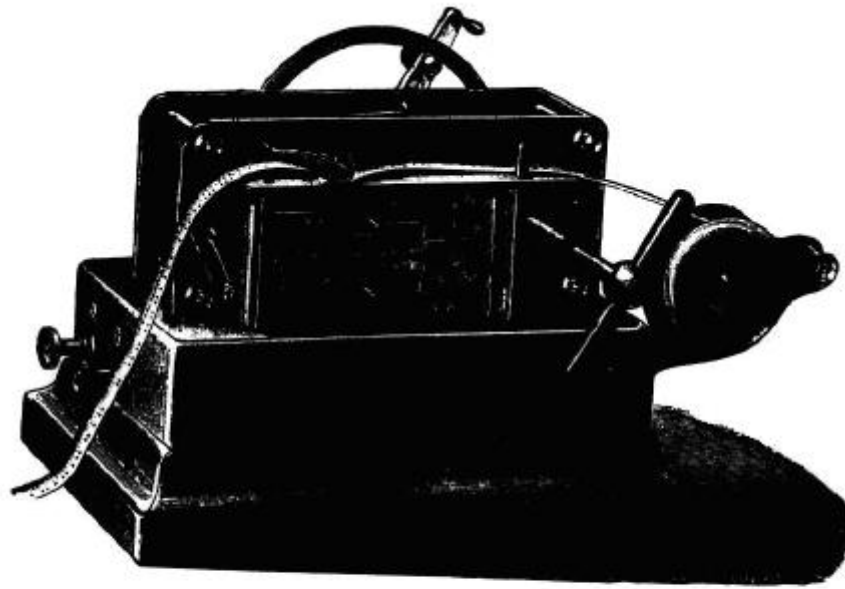
- 1844 přenos zprávy z Kongresu do ministerstva spravedlnosti („What hath God wrought“).
- 1850 Austro-Německá telegrafní unie
- milionář Gilmore a Cyrus W. Field -- plán na kabel přes Atlantik

# Transatlantické spojení

- červenec 1857 -- 2500 tun kabelu na 2 dny
- dvojice lodí Admirál a Niagara
- 1776 uveden do provozu; málo spolehlivý a pomalý
- 16 a půl hodiny trvalo poslání zprávy královny Viktorie americkému presidentu Buchananovi
- 5. srpna zahájen provoz, 1. září přestal fungovat

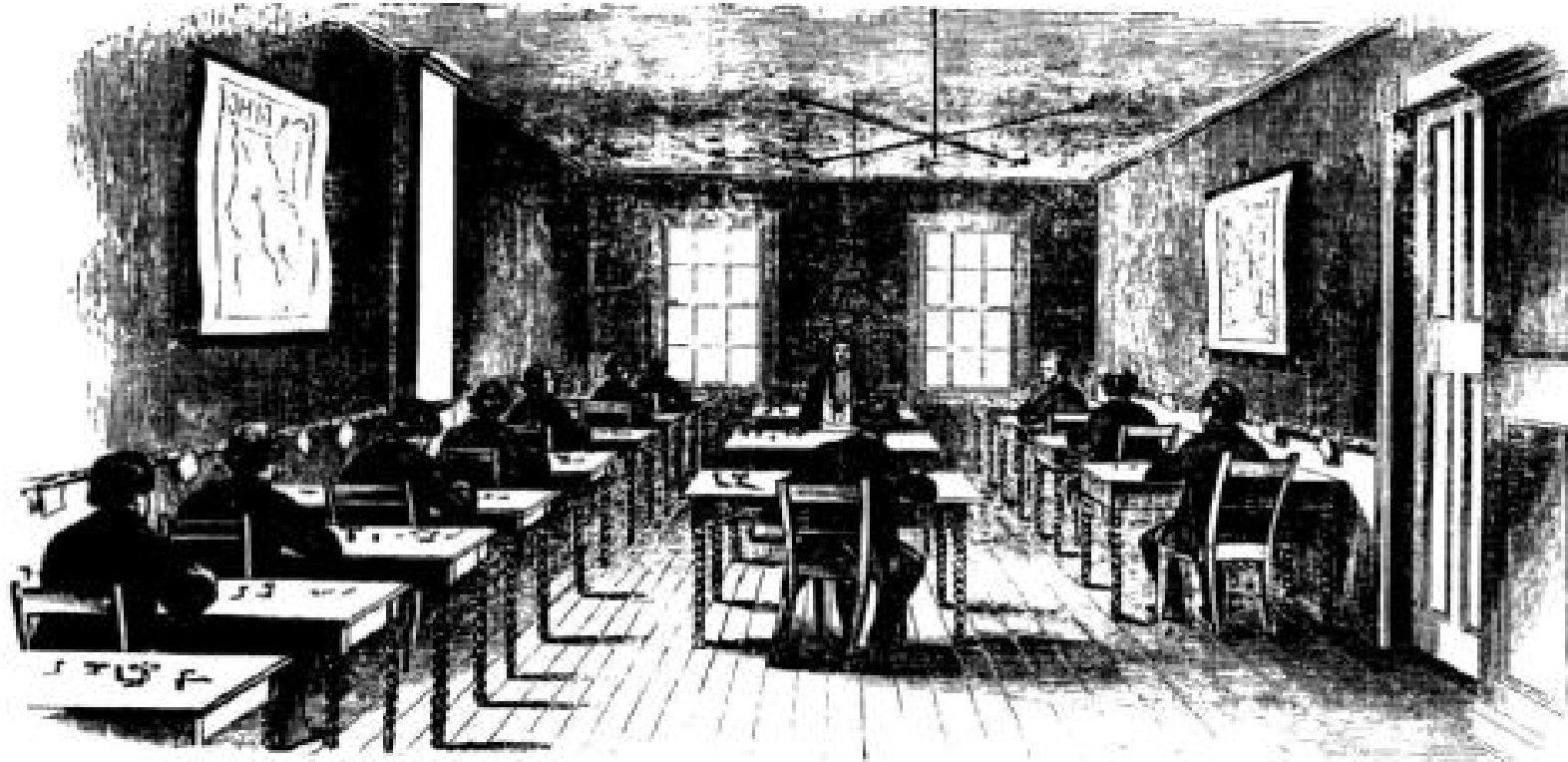


# Wheatstoneův automatický vysílač



*Figure 12: Wheatstone Automatic transmitter.*  
Messages were pre-punched on a paper tape, and could then be transmitted in Morse code at very high speed as the tape was fed through the machine.

# Telegrafní úřad v USA



*Figure 9: A typical mid-sized US telegraph office. Operators were seated at wooden tables, each equipped with a Morse key and sounder.*

# William Fothergil Cooke

- lékař
- experimenty s galvanickým telegrafem
- pětijehlový elektrický telegraf (s Charlesem Wheatstowem)
- experimenty s delšími dráty,

# Rozvoj telefonu

- Červen 1877
  - 230 telefonů
- Červenec
  - 750 telefonů
- V roce 1888
  - 30 000 telefonů

# Raná telefonní ústředna

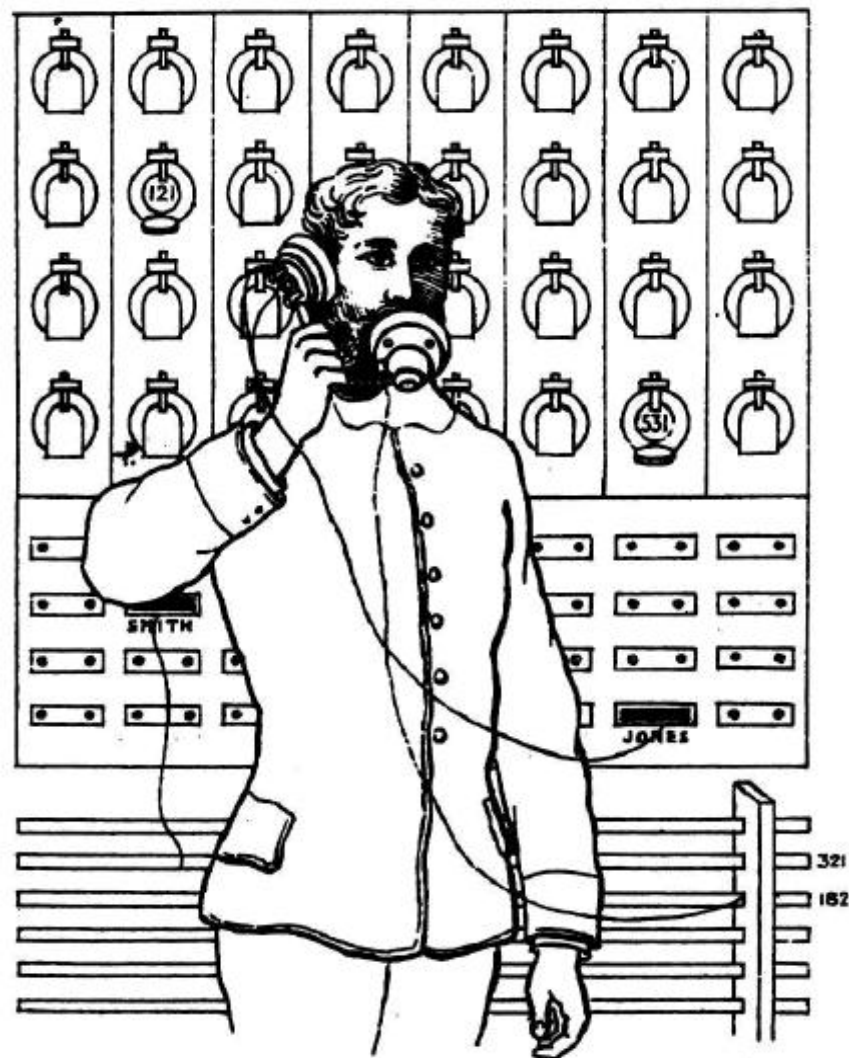


Figure 13: An early telephone exchange.

# Ústředna v květnu 1914

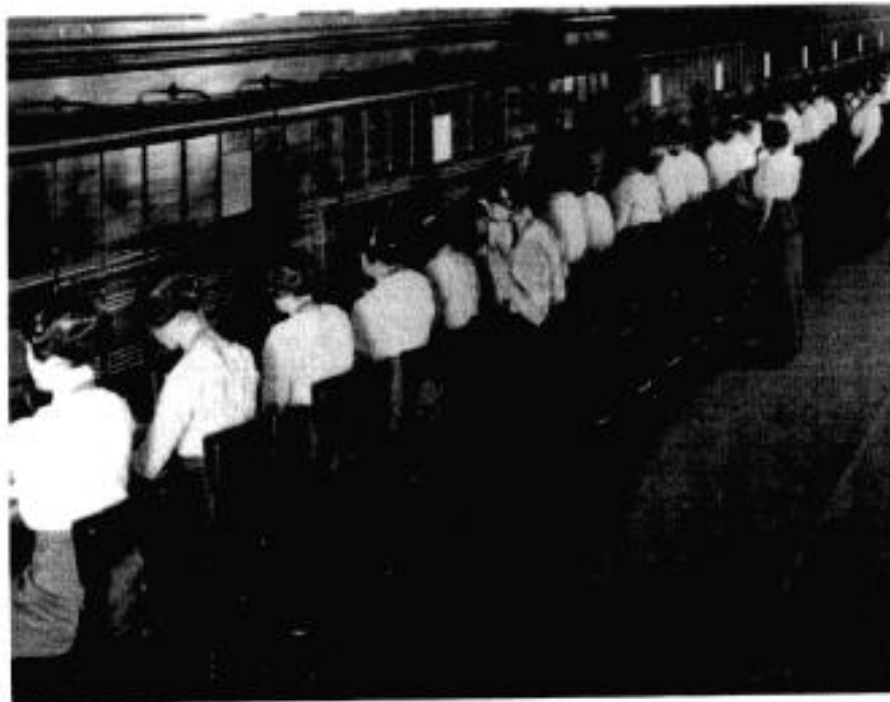


PHOTO 4. Like other central offices in large cities, the Sutter Exchange in San Francisco, 1914, employed many young women as operators and some as ever-present supervisors. Automatic dialing, phased in during the 1920s, eliminated many of these jobs. According to one casual estimate, if automatic switching had not been instituted, the growth of telephones would have led to the employment of all adult American women as operators. (Courtesy of Telephone Pioneer Communications Museum, Don T. Thrall, Archivist and Historian.)

# Masové zadrátování měst kolem roku 1900

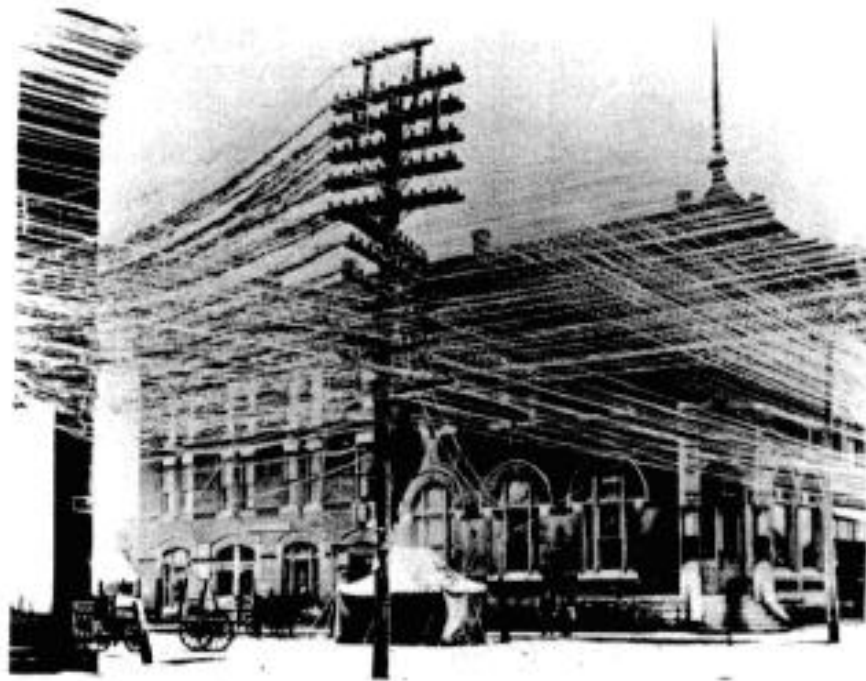


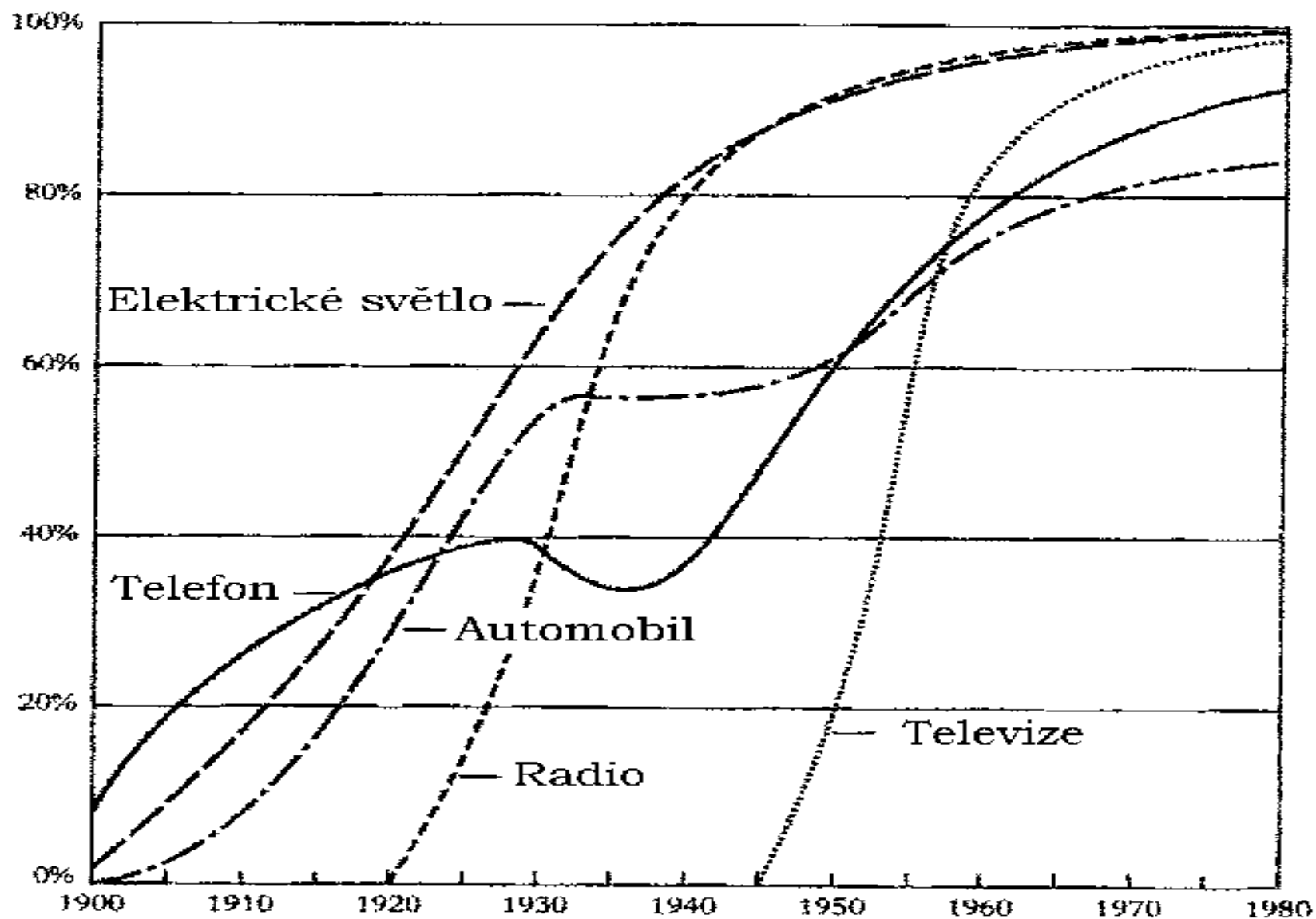
PHOTO 5. The expansion of telephone systems and telephone wires around the turn of the century led to many scenes such as this one in an unidentified California town. Besides being unsightly, mass wiring could be dangerous. Town governments often argued with telephone companies over when and how the companies would bury the wires underground. (Courtesy of Telephone Pioneer Communications Museum, Don T. Thrall, Archivist and Historian.)

# Očekávání a telegraf / telefon

- vymazání hranic
- spojení světa
- zákaz telegrafických šifer (ITU)
- nové praktiky a zvyklosti v obchodě



# Pronikání spotřebního zboží do domácností v USA



Note: Smoothed lines.

FIGURE 1. U.S. HOUSEHOLDS WITH SELECTED CONSUMER GOODS, 1900-1980. This figure shows how several demands were satisfied.

# Speaking Directly Into The Transmitter

THE transmitter of the telephone is the result of years of study and experimentation by telephone engineers. It is of delicate adjustment and its fullest efficiency can only be obtained through proper use.



The lips should not be more than an inch from the transmitter, and the voice should be clear, not loud.

Speak distinctly and directly into the mouthpiece. This will mean your satisfaction and that of the person with whom you are talking.

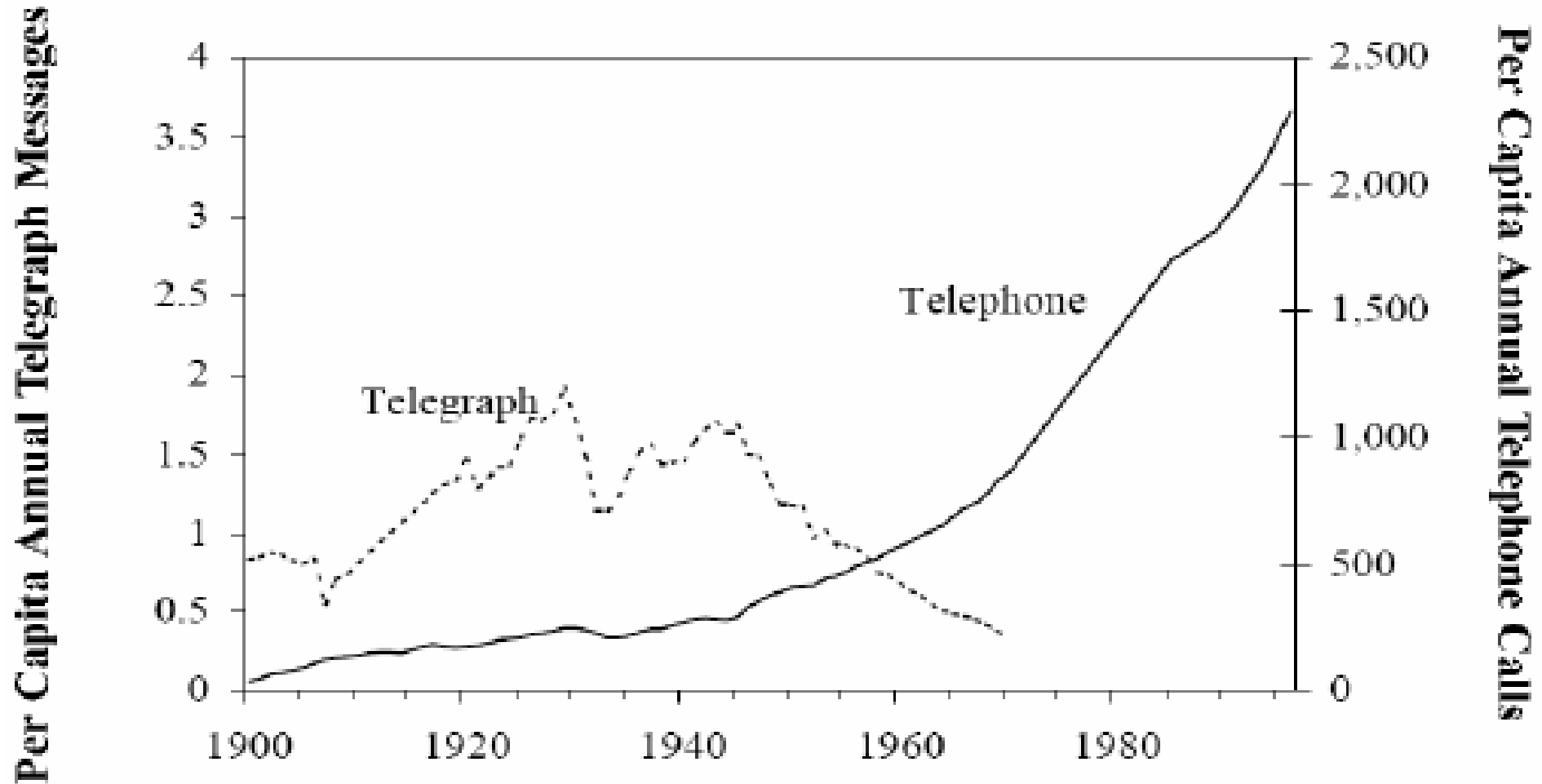


**THE PACIFIC TELEPHONE  
AND TELEGRAPH COMPANY**



# Telegraf a telefon

## Modern Communication



Sources: *Historical Statistics of the United States*, Series R 9–12, R 48, R 56; and *Statistical Abstract of the United States: 1998*, Table 915.

# Historie Internetu

- 1957 vypouští Sověti Sputnik
- McElroy zakládá ARPA (Advanced Research Projects Agency)
- otevřená R&D agentura

# 1962

- V ARPA je jmenován ředitelem IPTO  
(Information Processing Techniques Office)  
Joseph Licklider

# Joseph Licklider



J. C. R. Licklider in 1965. A psycho-acoustician who saw computers as more than calculating machines, he was the first director of ARPA's Information Processing Techniques Office (IPTO). *(Photo courtesy of the MIT Museum)*

# Joseph Licklider

- psycholog (behavior sciences --> počítače)
- šéf „Human factors Group“ (1953)
- Man-Computer Symbiosis
- MIT Lincoln Lab -- SAGE (Semi-Automatic Ground Environment, circa 1952)
- od 1953 umí programovat

# Lincoln Lab, MIT



◀ MIT's Lincoln Laboratory is home to some of the most talented minds in the world.  
*(Photo reprinted with permission of MIT, Lexington, Massachusetts)*



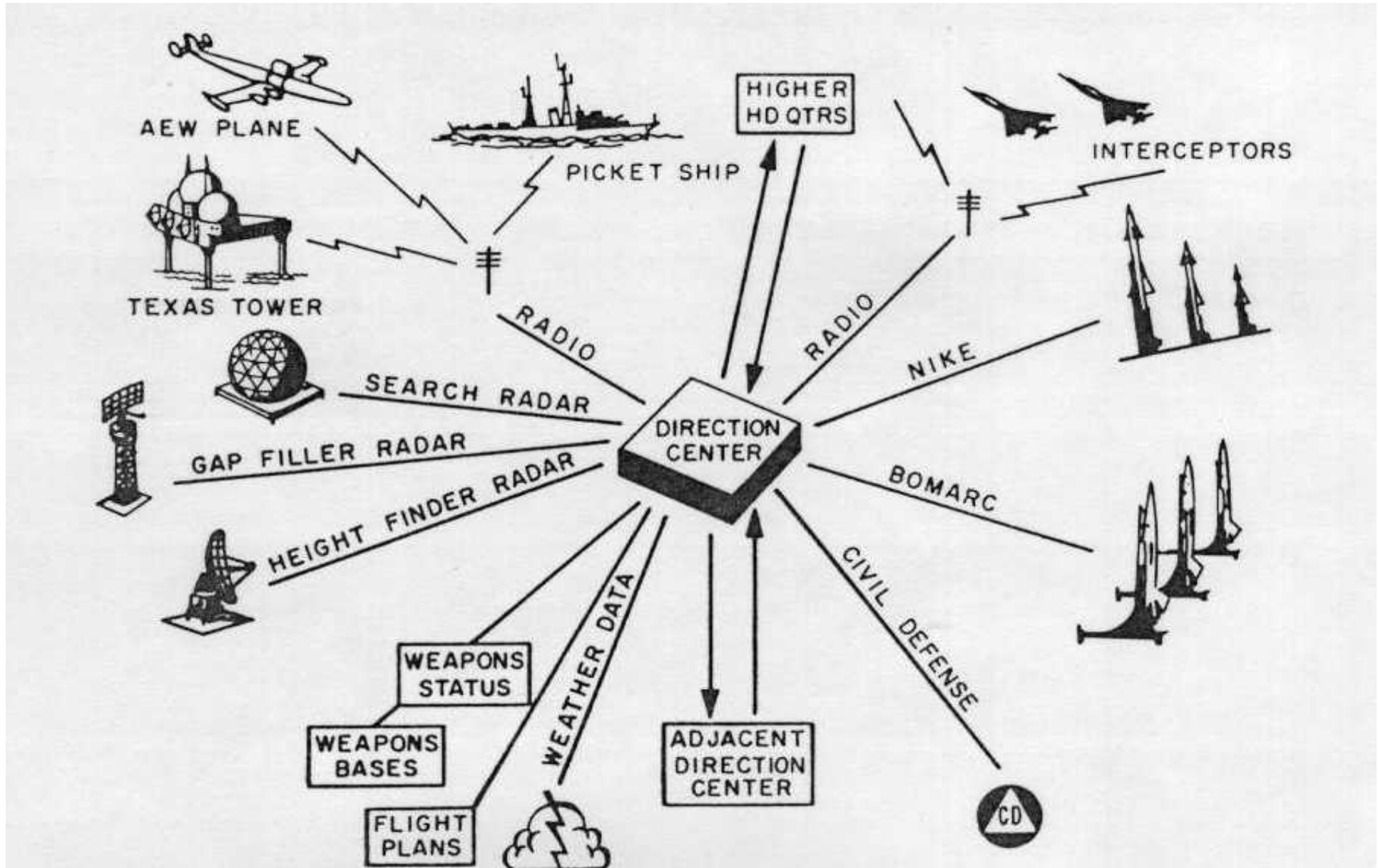
# SAGE Air Defence System



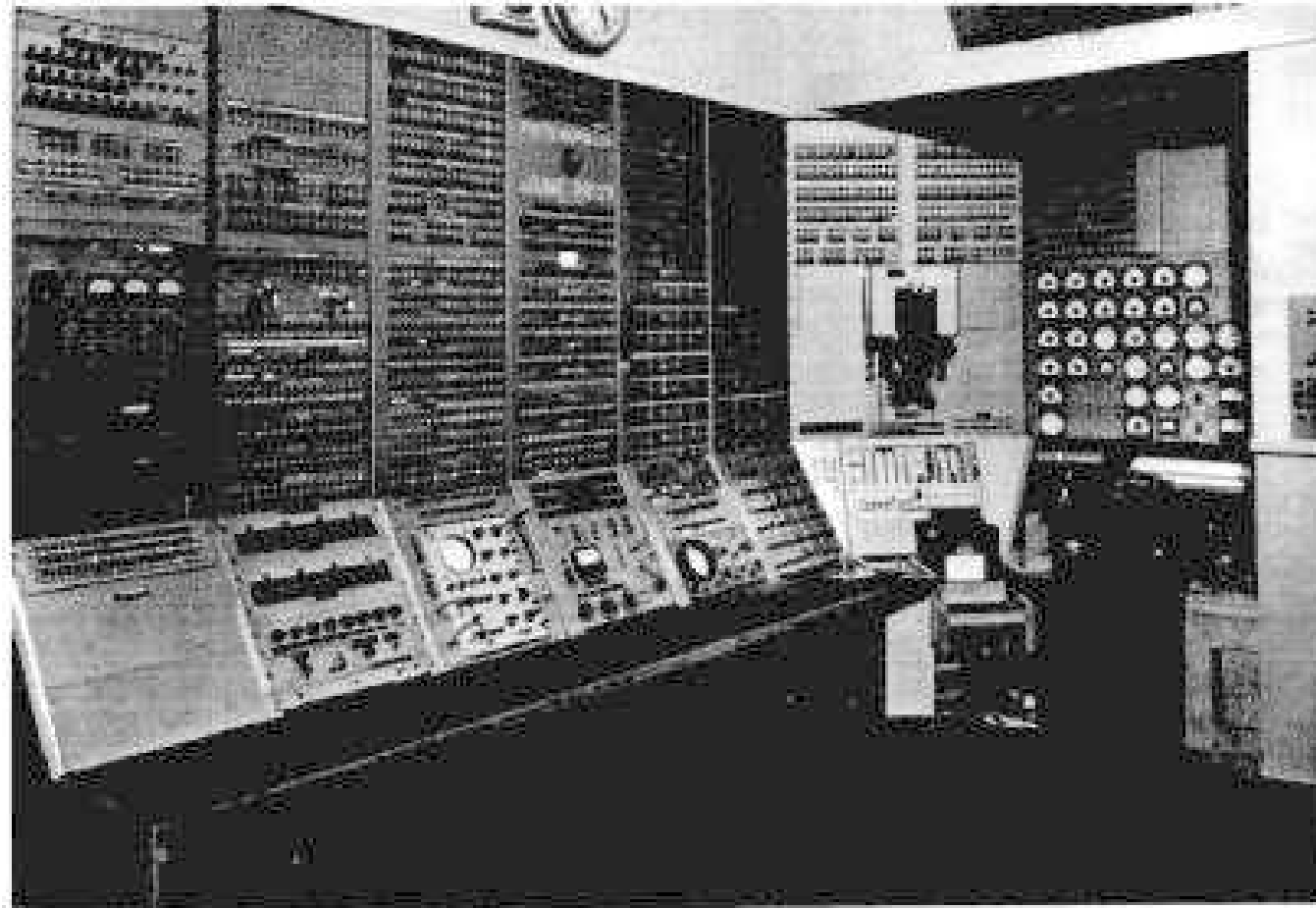
**Figure 15.2. SAGE**

Top: Schematic reveals the basic elements of the SAGE Air Defence System.

# SAGE Air Defence System



# Whirlwind computer (real-time)



▲ The Whirlwind Computer, an early “real-time” computer at Lincoln Lab that gave operators new levels of control and feedback. It was adorned with hot and cold spigots, a grenade, a shrunken head, and other “experimental features.”

*(Photo courtesy of Frank Heart)*

# Paul Baran



Paul Baran in the early 1960s. He worked for RAND and wrote the first papers on a distributed communications system. AT&T said his idea would never work.

*(Photo courtesy of Paul Baran)*

# Paul Baran

- „On distributed Communication Networks“

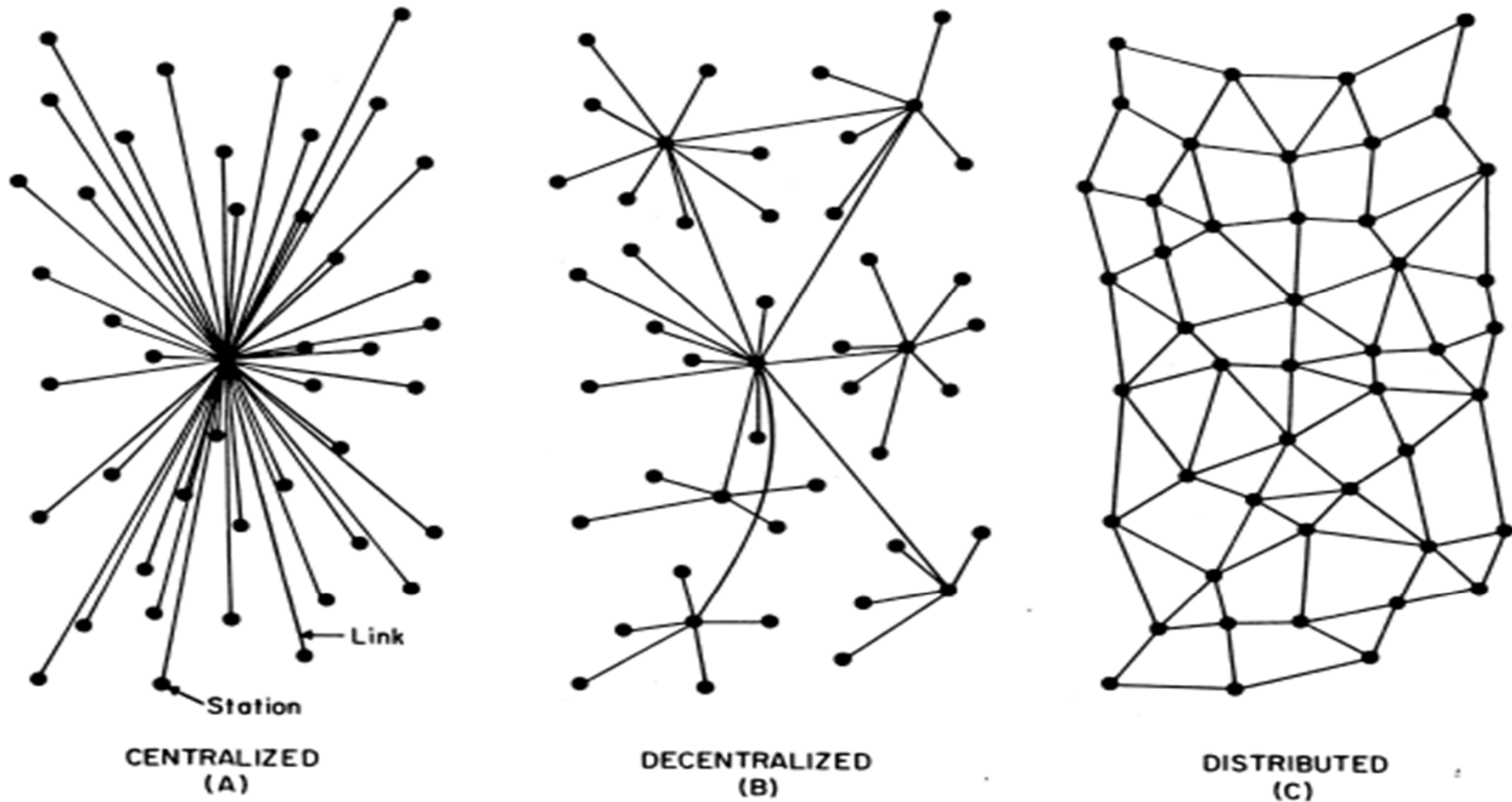


FIG. 1 — Centralized, Decentralized and Distributed Networks

# Paul Baran

- (odmítl PhD studium na UCLA a nastoupil do RAND)
- úroveň redundance v síti
- frakturizace zpráv  
--> „message blocks“
- bandwidth
- bloky dat
- samoučící se procedura v uzlech sítě
- „hot-potato routing“ (adaptivní/dynamická)

# 1964

- Licklider odchází
- nahrazen Sutherlandem
- 1965 nově najat Bob Taylor (do té doby psychoanalytik NASA)

# Bob Taylor



Bob Taylor in his office at Xerox PARC in the early 1970s. While at ARPA, Taylor had the idea for a new kind of computer network and got the funding to launch the experiment. Then he recruited Larry Roberts to build it. *(Photo courtesy of Bob Taylor)*



# 1965

- Taylor najímá Larryho Robertse
- plán vytvořit kooperativní síť počítačů se sdílením času
- přímé propojení počítačů TX-2 na MIT v Lincoln Lab a Q-32 v System Development Corporation (nikoli pakety); 2kbps modem
- Roberts jmenován ředitelem síťového projektu

# 1965 -- Donald Davies

- British National Physical Lab
- spolupracovník A. Turinga
- „paket“
- „packet switching“ místo „distributive adaptive message block switching“

# 1965 -- Donald Davies



◀ Donald Davies. A British computer pioneer, Davies independently invented “packet-switching” at the National Physical Laboratory, then learned of Paul Baran’s similar work in the United States. *(Photo courtesy of National Physical Laboratory. Crown Copyright 1966. Reproduced by permission of the Controller, Her Majesty’s Stationery Office.)*

# Larry Roberts



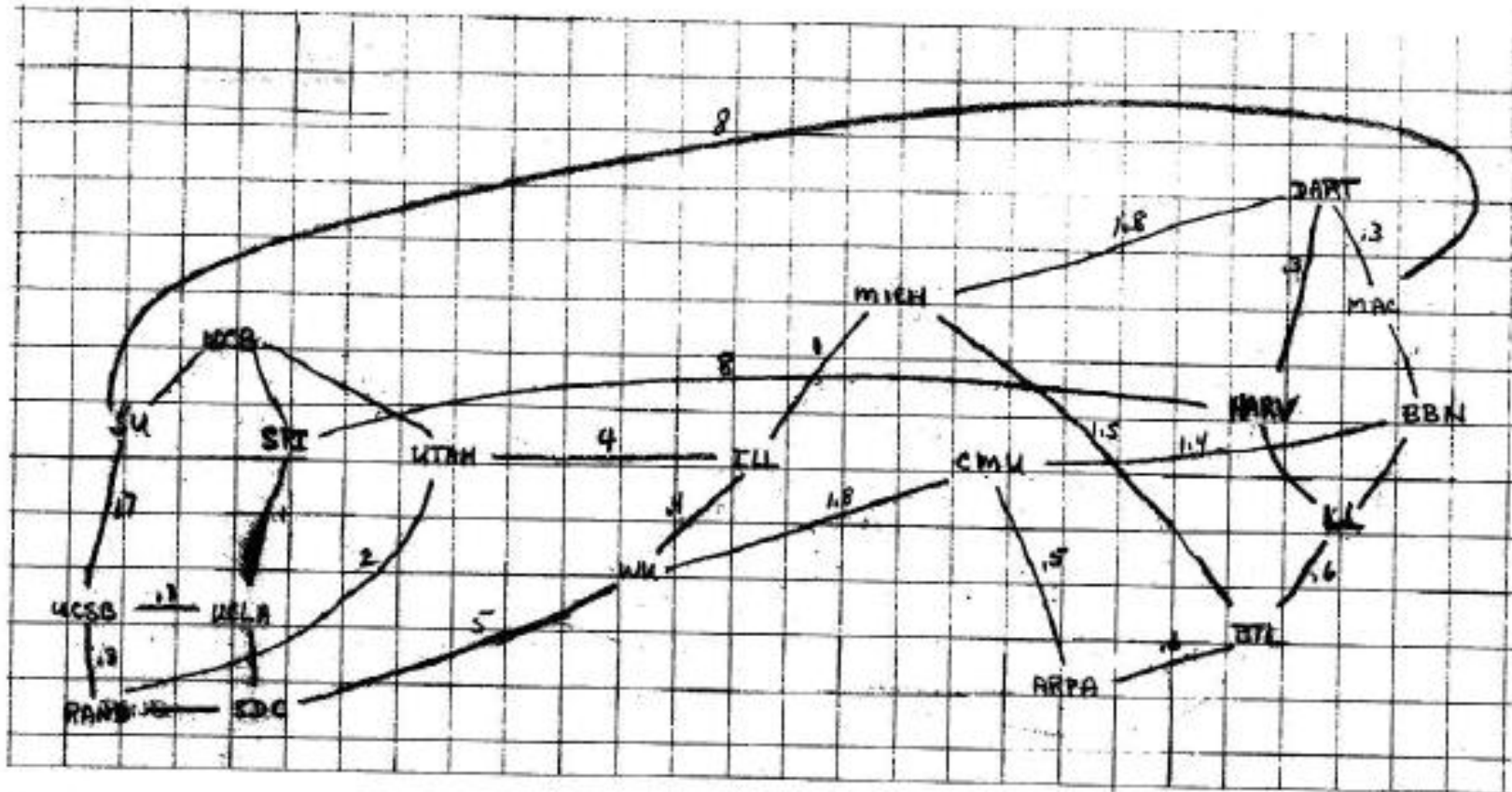
Larry Roberts, considered the father of the ARPANET. Roberts went to Washington from MIT's Lincoln Laboratory to design and direct the network project.  
*(Photo courtesy of Larry Roberts)*

# Larry Roberts

- znal Daviese z roku 1965
- zač. 1967 přednesl návrh na síť v Ann Arboru (jen malý zájem)
- 1967 presentace v Gatlinburgu vzbudila víc zájmu
- červen 1968 otevřena soutěž pro návrhy na síť
- prosinec 1968 -- Bolt Beranek and Newman + počítač DDP 512 (Honeywell)

# 1967

- Plán na síť na bázi přepínání paketů
- L. Roberts produkuje první pojednání o ARPANETu

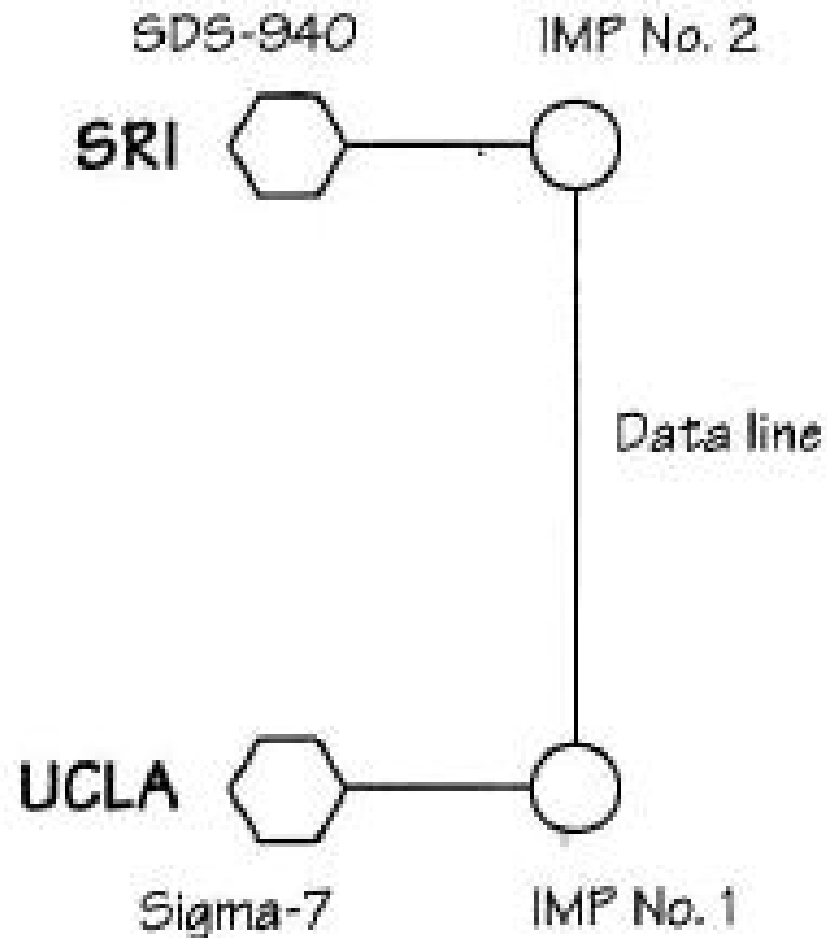


# 1968

- Paketová síť předložena agentuře ARPA

# 1969

- DoD kontrahuje ARPANET jako výzkumnou síť

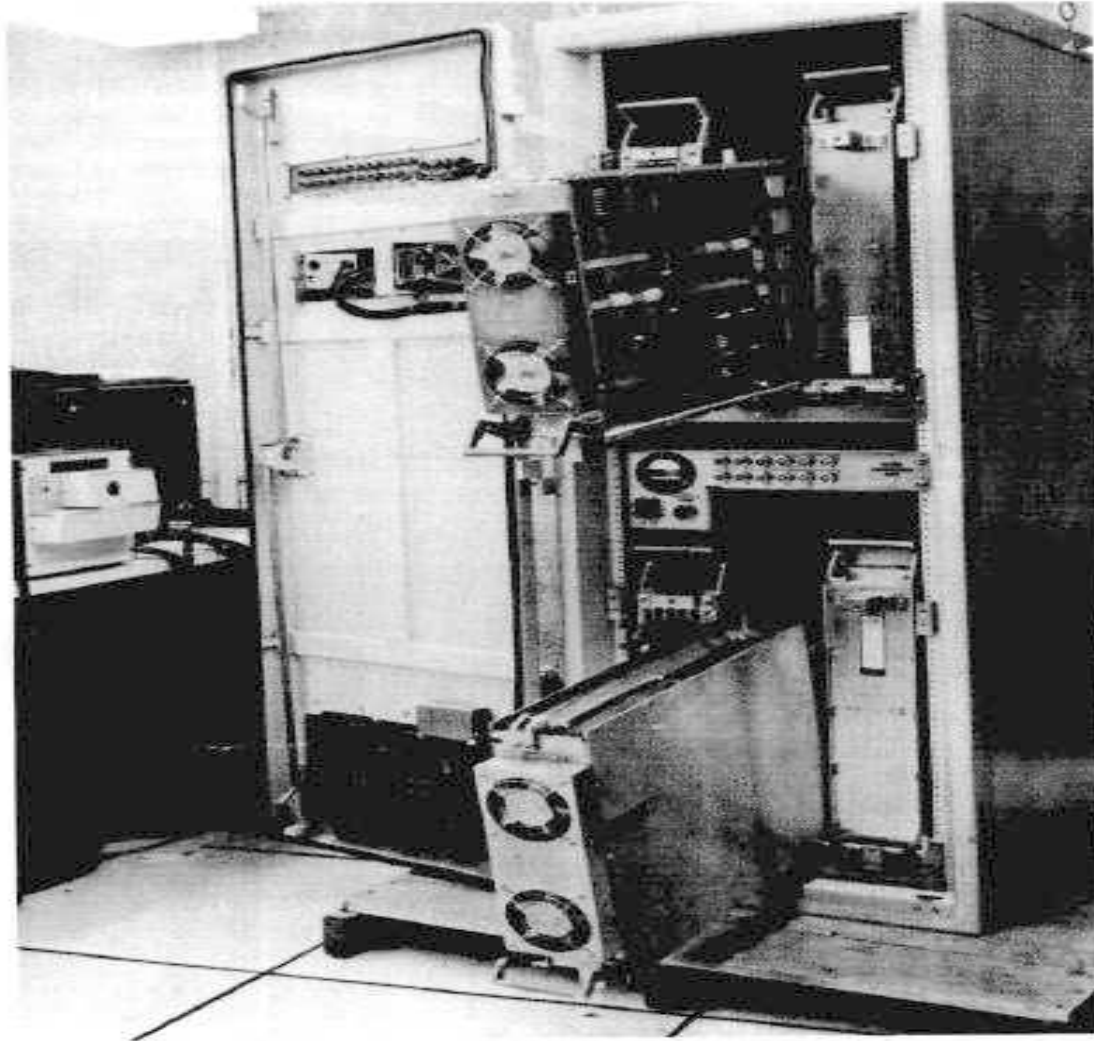




# 1969

- pro Interface Message protocol vybrán Honeywell 516; další vývoj psaní a oprav přiřazen firmě Bolt Beranek and Newman, BBN)
- BBN zavádí detekci chyb na 24 bitech
- Vinton Cerf zavádí termín protokol
- První RFC (Host Software) věnován handshaku
- Intenzivní užívání e-mailu a elektronických konferencí

# Interface Message Processor (Honeywell 516)



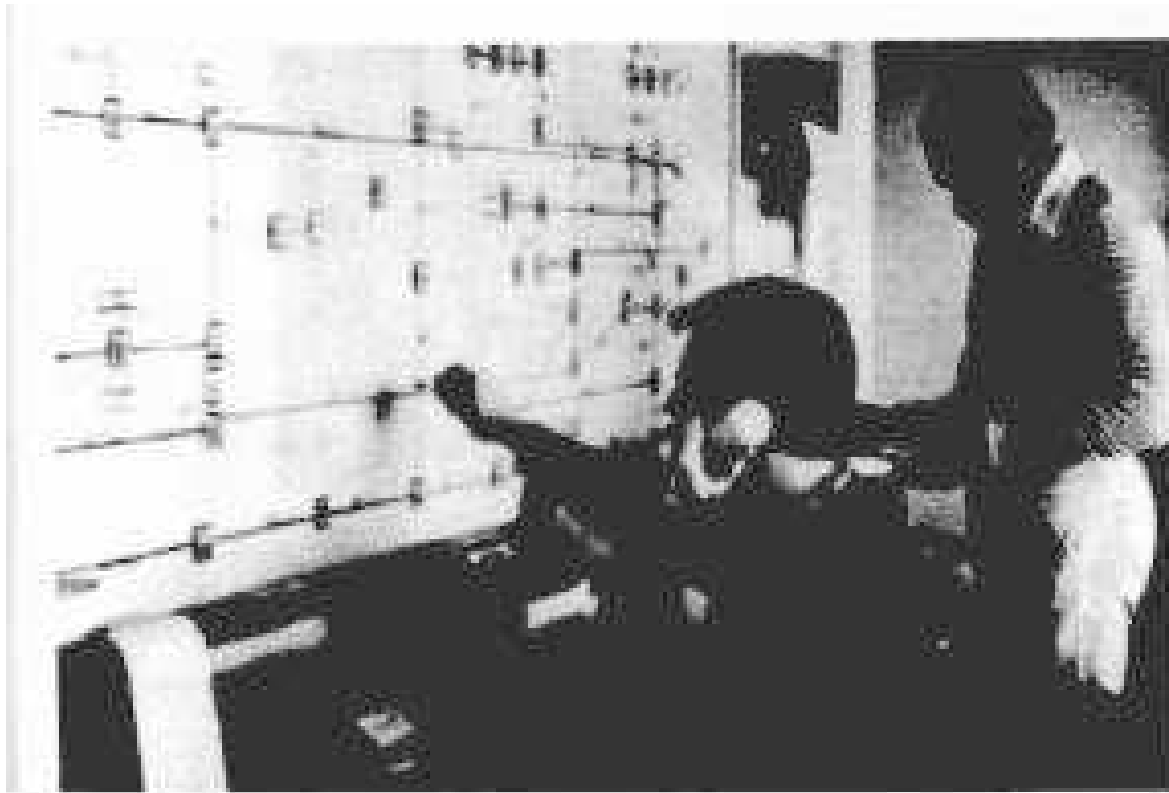
The Interface Message Processor. Based on the ruggedized Honeywell 516 minicomputer, IMPs were the first specialized computers for handling data traffic to and from ARPANET sites. *(Photo courtesy of Frank Heart)*

# Frank Heart a BBN tým

Frank Heart, manager of BBN's ► project team, was an outspoken and pragmatic engineering leader. He insisted on measures to ensure high reliability in the Interface Message Processor.  
*(Photo courtesy of Frank Heart)*

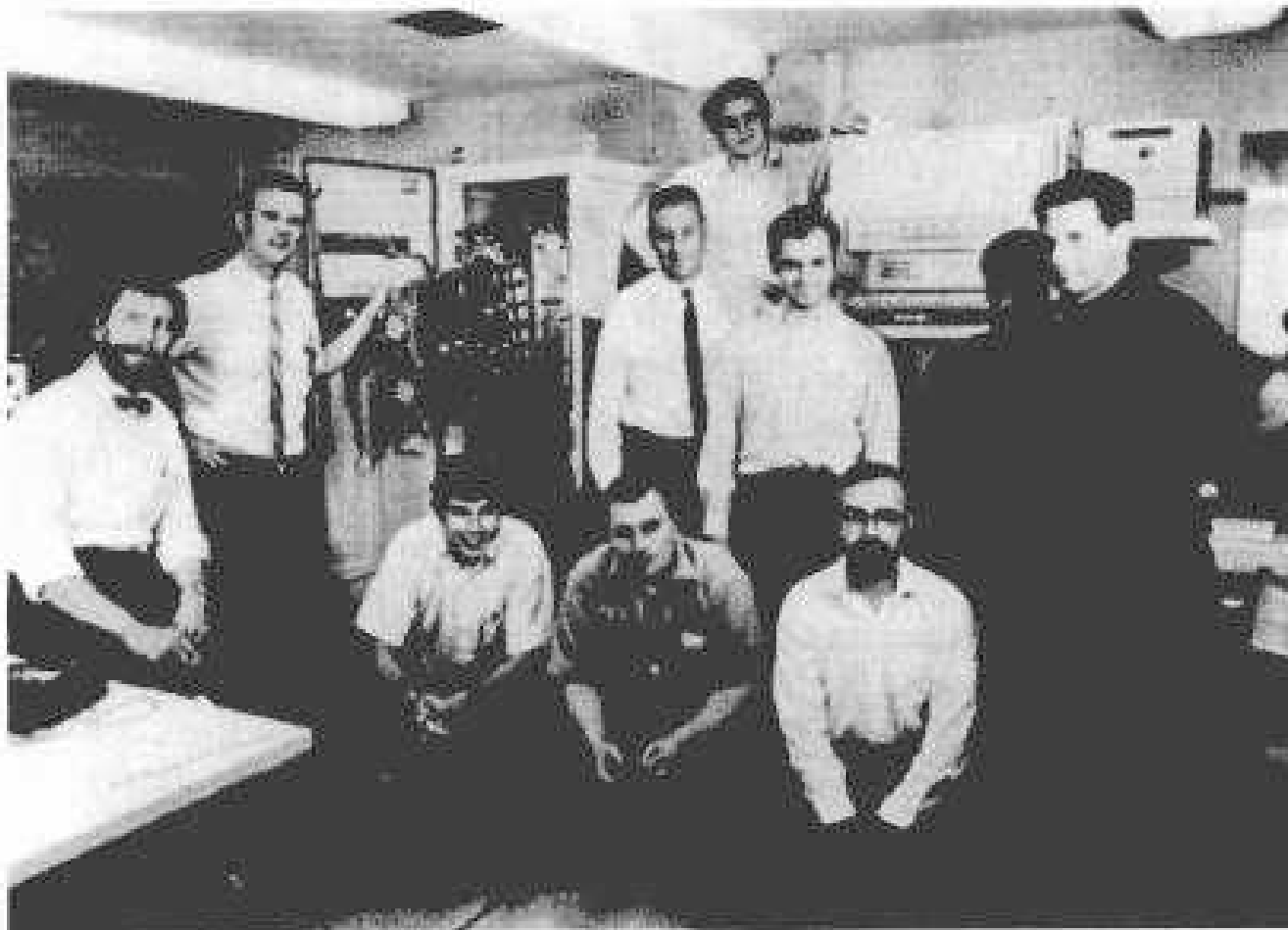


# Network Control Center (BBN)



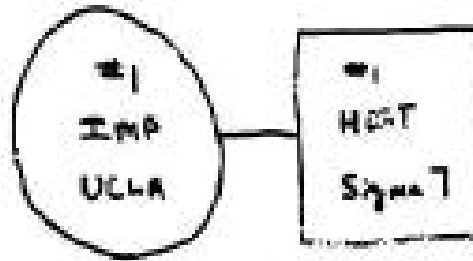
◀ BBN performed remote diagnostics; monitored the status of the network twenty-four hours a day, traced line failures, and did troubleshooting, all from the Network Control Center. *(Photo courtesy of BBN)*

# IMP tým v BBN



The IMP Guys (*left to right*): Truett Thach, Bill Bertell, Jim Geisman (crouching), Dave Walden (crouching), Frank Heart (standing), Ben Barker (behind Heart), Marty Thrope (next to Heart), Willy Crowther (crouching), Severo Ornstein, and Bob Kahn, 1969 (Bernie Cosell not pictured).

# ARPANET - začátky



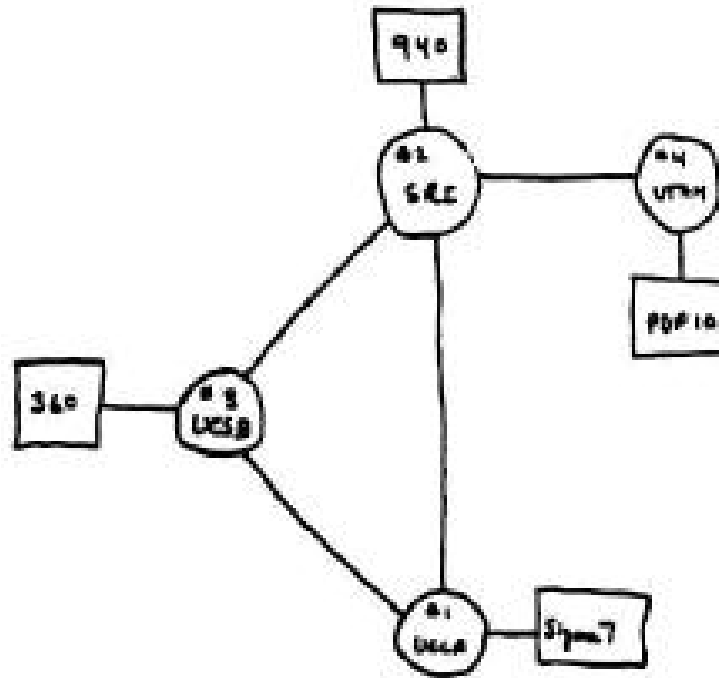
THE ARPA NETWORK

SEPT. 1969

1 NODE

FIGURE 6.1 Drawing of September 1969  
(Courtesy of Alex McKenzie)

# ARPANET - začátky



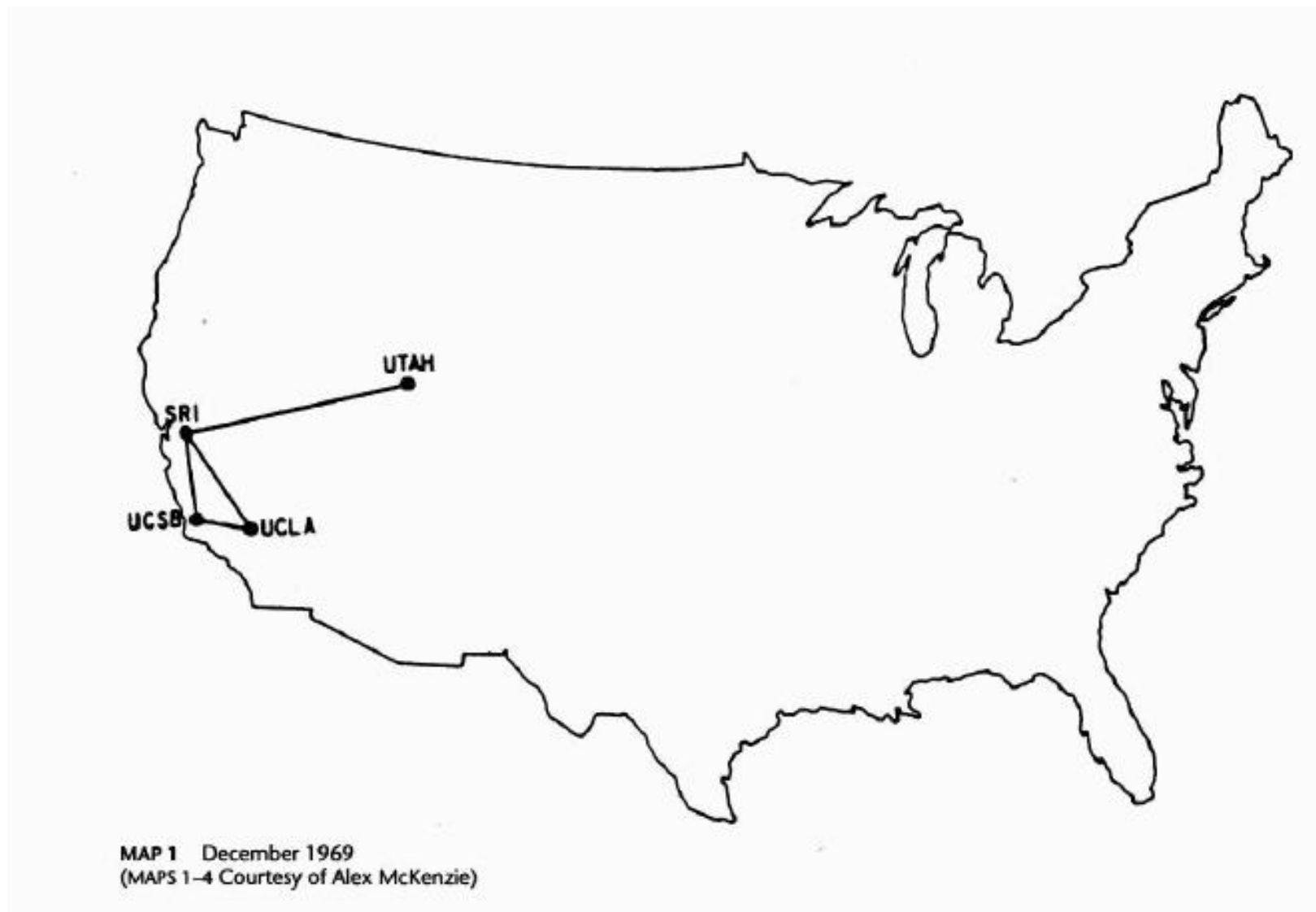
THE ARPA NETWORK

DEC 1969

4 NODES

FIGURE 6.2 Drawing of 4 Node Network  
(Courtesy of Alex McKenzie)

# ARPANET - začátky

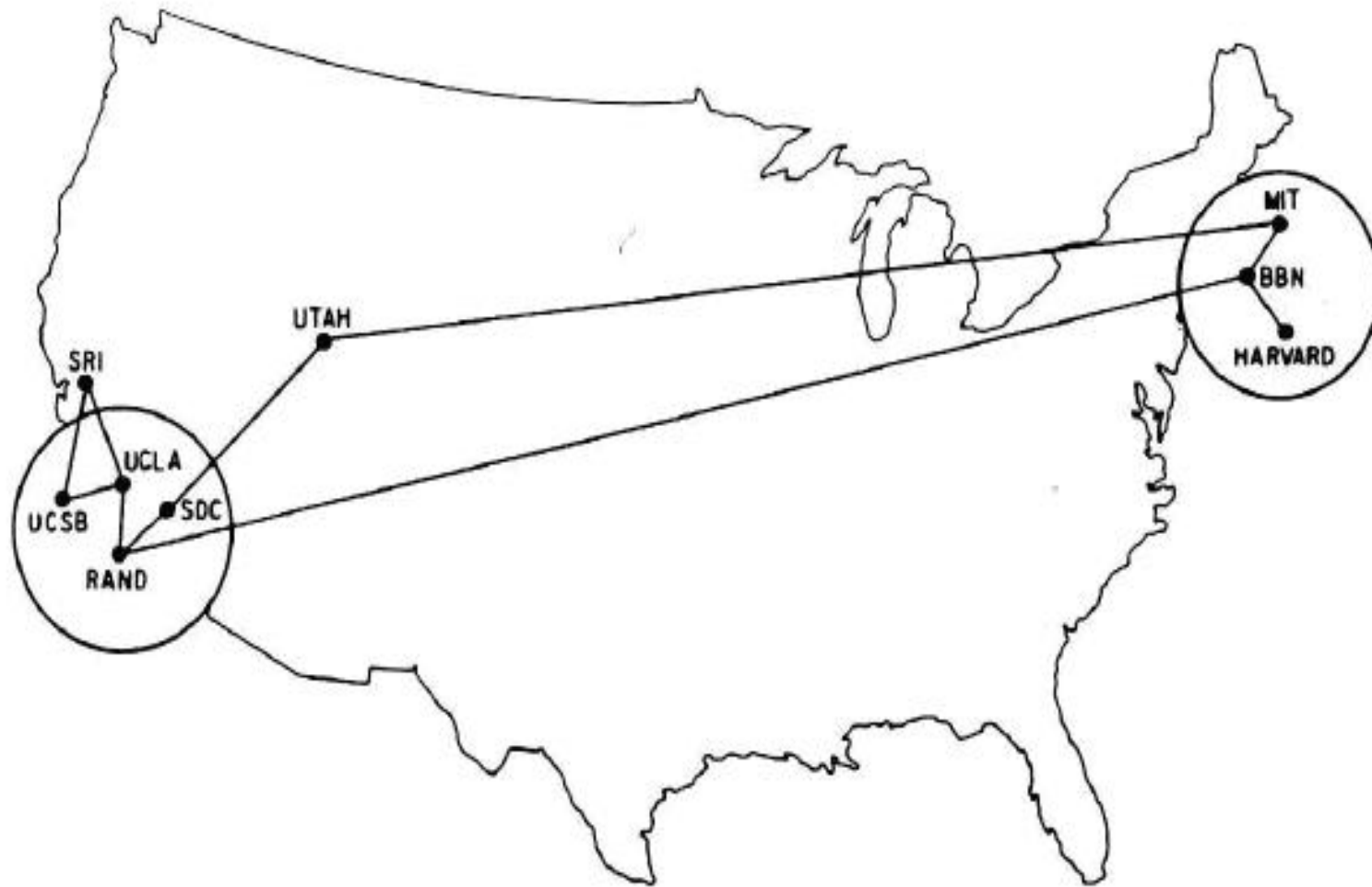




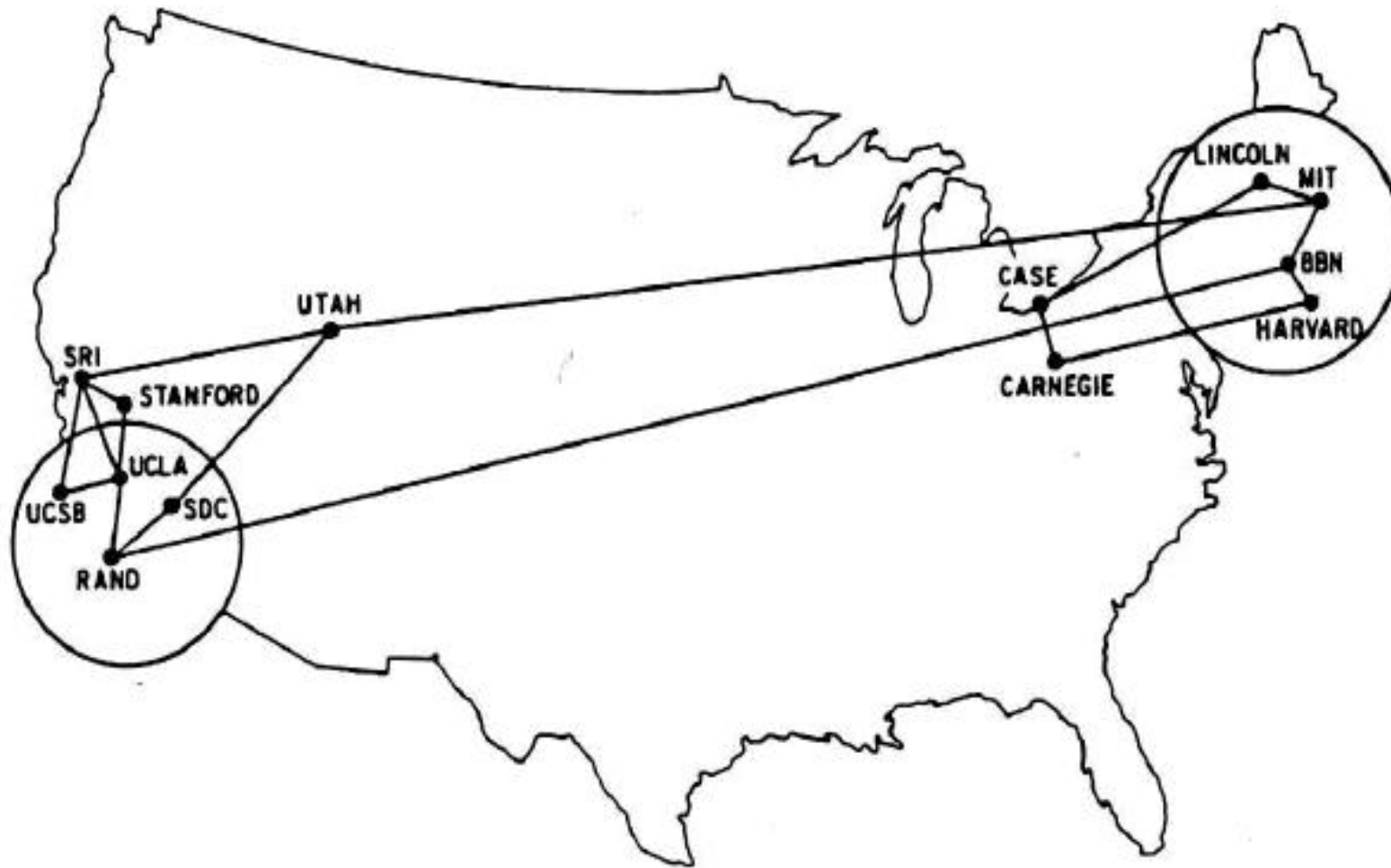
# 1970

- Na Havaji vyvinuta síť ALOHA, od 1972 součástí internetu
- ARPANET začíná využívat NCP (Network Control Protocol)

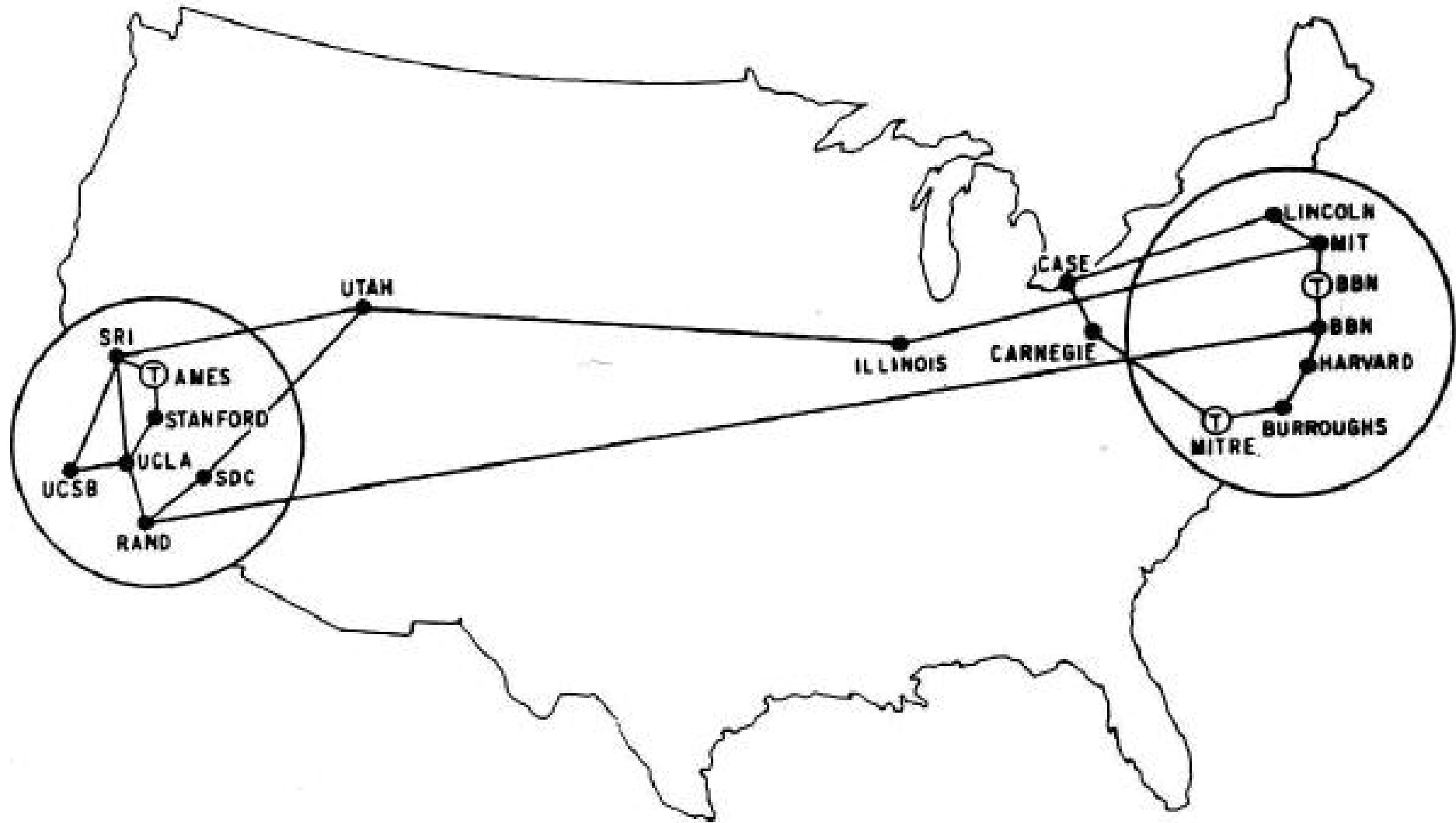
# ARPA v roce 1970



# ARPA v roce 1970



# ARPA má 15 uzlů v roce 1971



MAP 4 September 1971

# 1972

- International Conference on Computer Communications, demonstrace ARPANET mezi 40 stroji a TIP (terminálový interface procesor)
- ustanovena pracovní skupina pro protokoly pod vedením Vintona Cerfa (InterNetworking Working Group)
- specifikován Telnet jako RFC 318

# Hierarchie protokolů

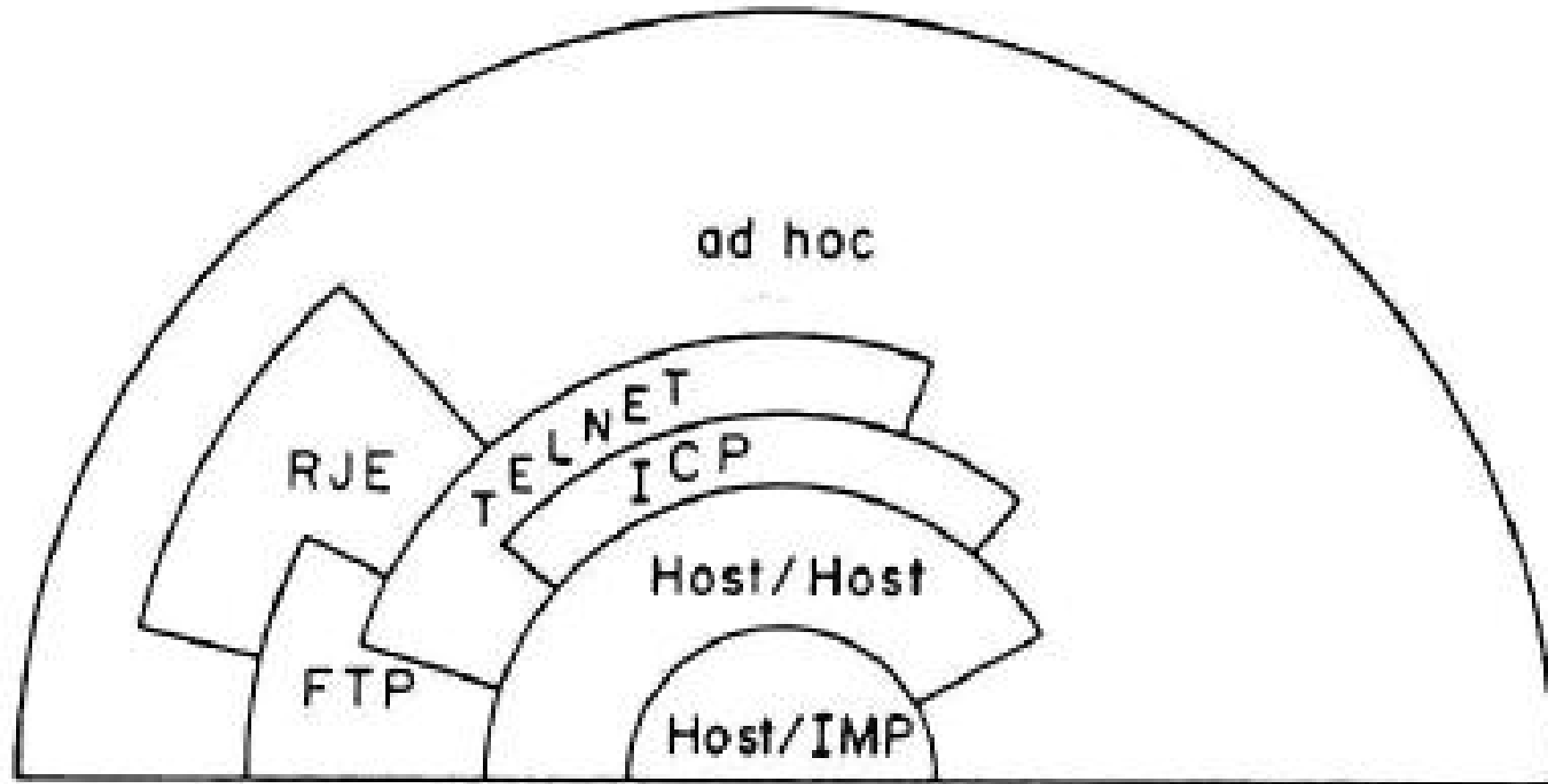


FIGURE 10.2 Layered Relationship (From D. C. Walden, "Host to Host Protocols," in *International Computer State of the Art Report No. 24* (Maidenhead, UK, 1975); with permission of the author)

# Protokoly mezi počítači

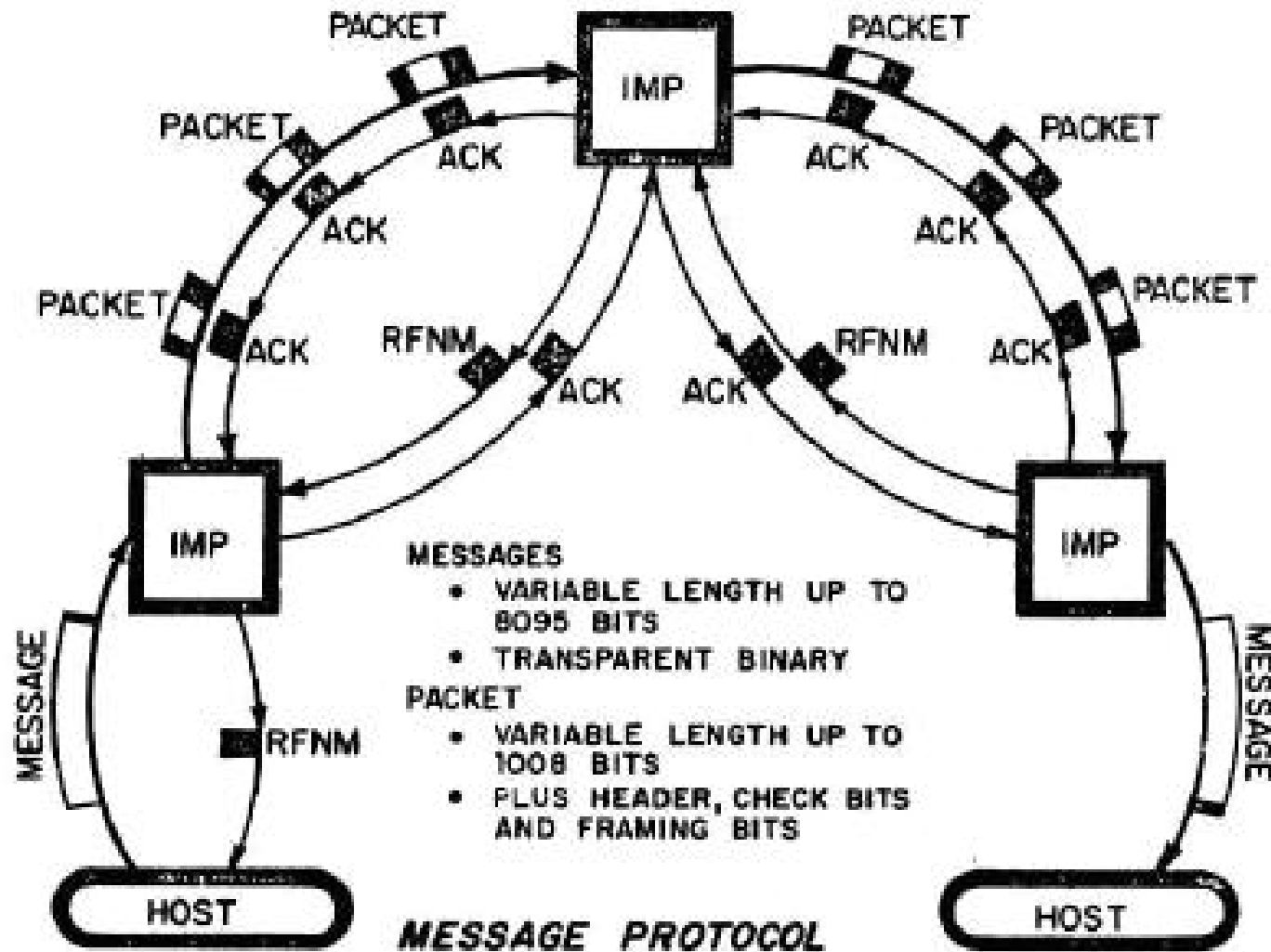


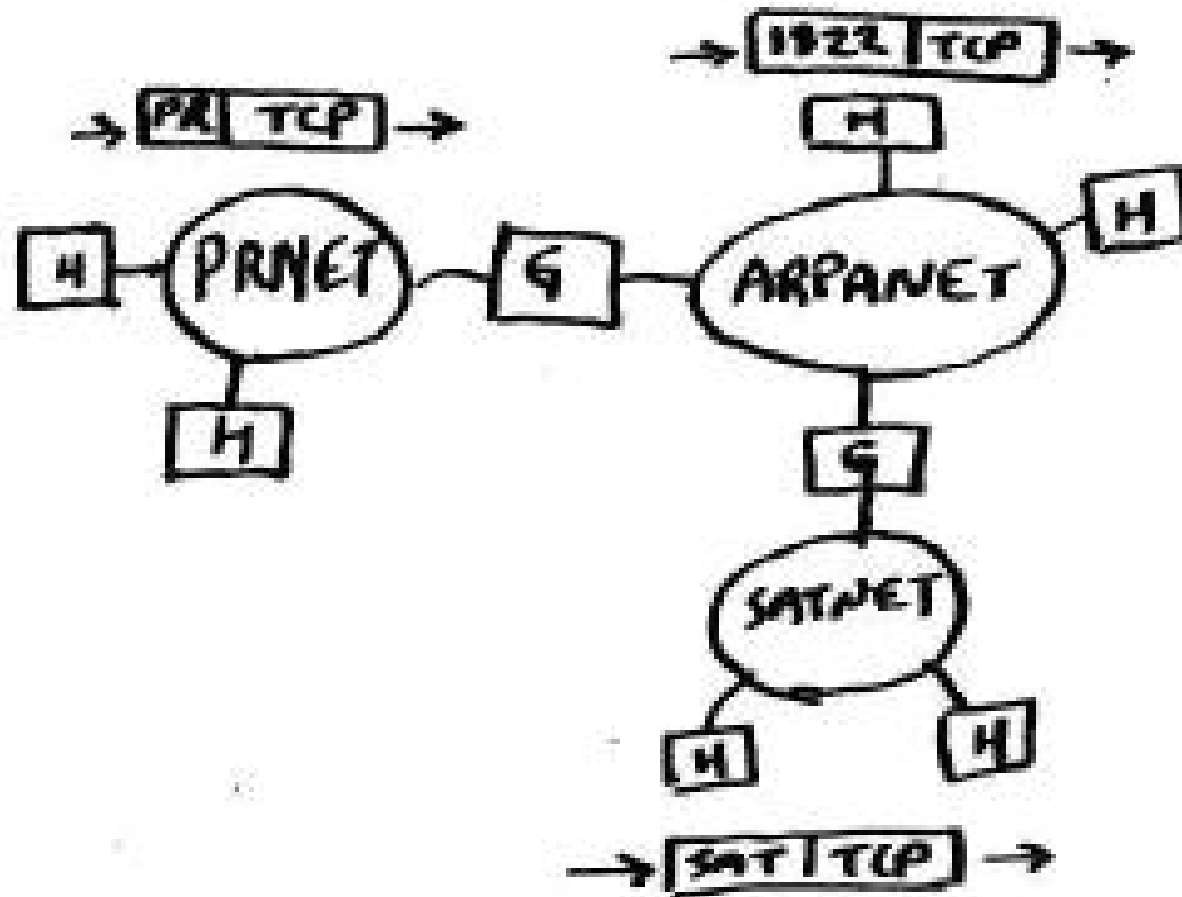
FIGURE 10.3 Message Protocol (From a presentation of D. C. Walden at AFCET (May 25, 1972); with permission of the author)

# 1973

- první mezinárodní spojení ARPA -- University College of London a Royal Radar Establishment v Norsku
- PhD práce Boba Metcalfa uvádí myšlenku Ethernetu
- Bob Kahn prezentuje myšlenku internetu
- Vinton Cerf přichází s návrhem architektury bran mezi sítěmi („gateway“)
- Cerf a Kahn prezentují myšlenky internetu na konferenci INWG v Sussexu (UK)



1973



*Reproduction of early Internet design ideas*

# 1973

- File Transfer protokol -- RFC 454
- specifikace služeb e-mailu (na MIT interně již v 60. létech, hlavičky, konvence adres s @, což byl kill znak na Multicsu) --  
v roce 1977 je na tomto základě definována specifikace poštovních služeb jako RFC 733

# 1974

- Cerf a Kahn publikují specifikaci TCP (Transmission Control program) jako součást protokolu pro paketovou komunikaci mezi sítěmi
- TCP nahrazuje protokol NCP v IMP v roce 1983
- BBN otevírá Telnet jako veřejnou datovou službu

# 1976

- UUCP -- Unix-to-Unix-Copy vyvinut v AT&T Bell Labs

# 1978

- RFC 733 (e-mail)
- s Unixem distribuován i UUCP (na jeho bázi je od roku 1979 vytvořen USENET)
- První demonstrace internetových protokolů mezi ARPANET, packet radio a SATNET

# 1980

- BBN obviněna ze zpronevěry státních peněz (80% projektu záviselo na státních financích)

# 1981 -- BITNET

## (Because It's Time Network)

- ze začátku mezi City University of New York a Yale
- elektronická pošta, distribuce elektronických konferencí a přenosy souborů

# 1981

- Minitel ve Francii
- CSNET (Computer Science Network)  
pro university bez přístupu k ARPA ---->  
Computer Science Network
- Páteř CSNET financována NSF



# 1982

- EUNET (European UNIX Network) založena EUUG; z počátku mezi Holandskem, Dánskem, Švédskem a UK
- na konci roku přechod z NCP na TCP/IP
- specifikován External Gateway Protocol (RFC 827)

# 1983

- Od 1. ledna TCP/IP místo NCP
- CSNET-ARPANET gateway
- Berkeley 4.2BSD, obsahující TCP/IP
- Universita ve Wisconsinu vyvíjí name server

# 1984

- zavedeny DNS služby
- 1000 počítačů na síti

# 1986

- vytvořena NSFNET (56kbps) a 5 superpočítačových center
- NNTP pro USENET

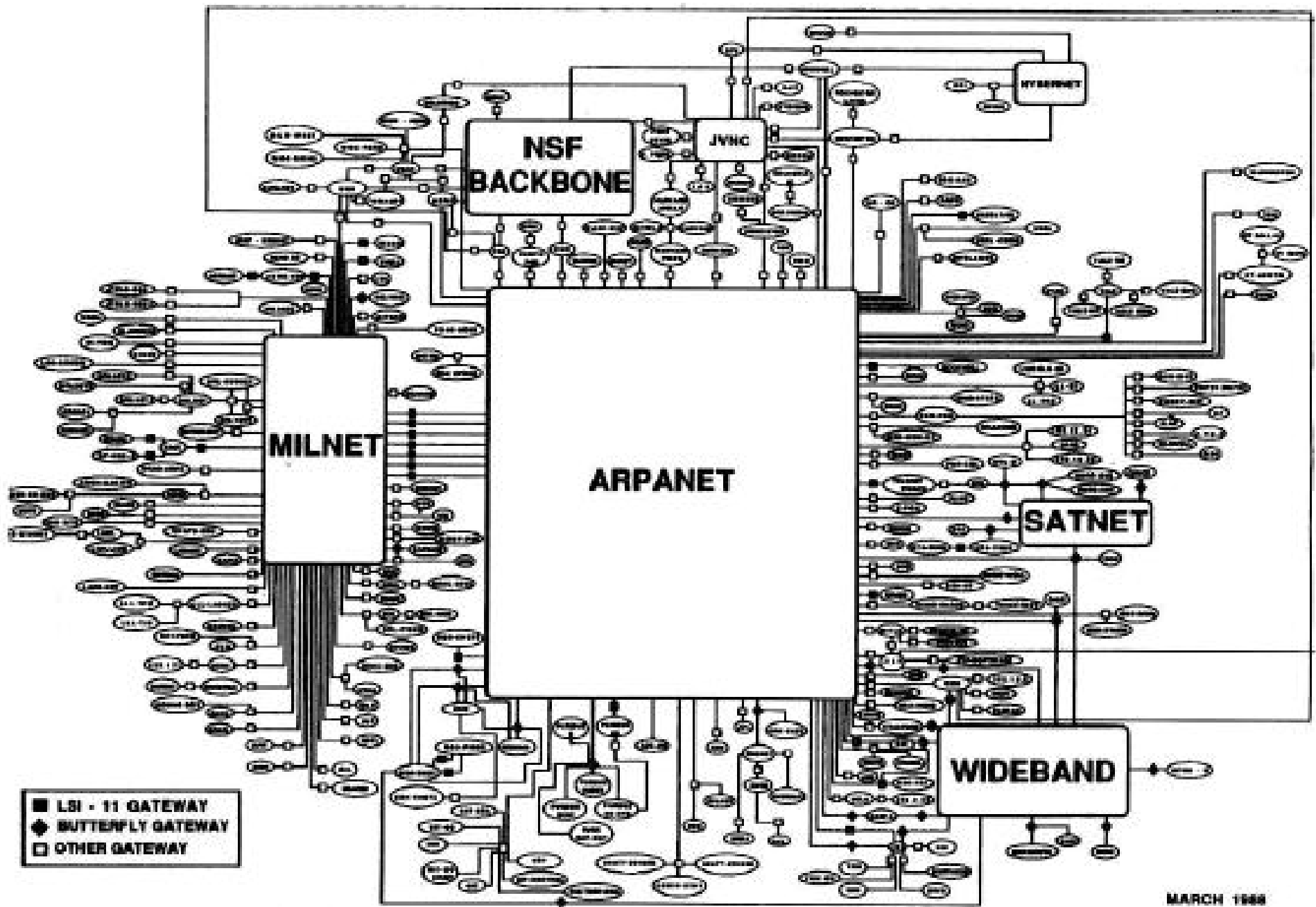
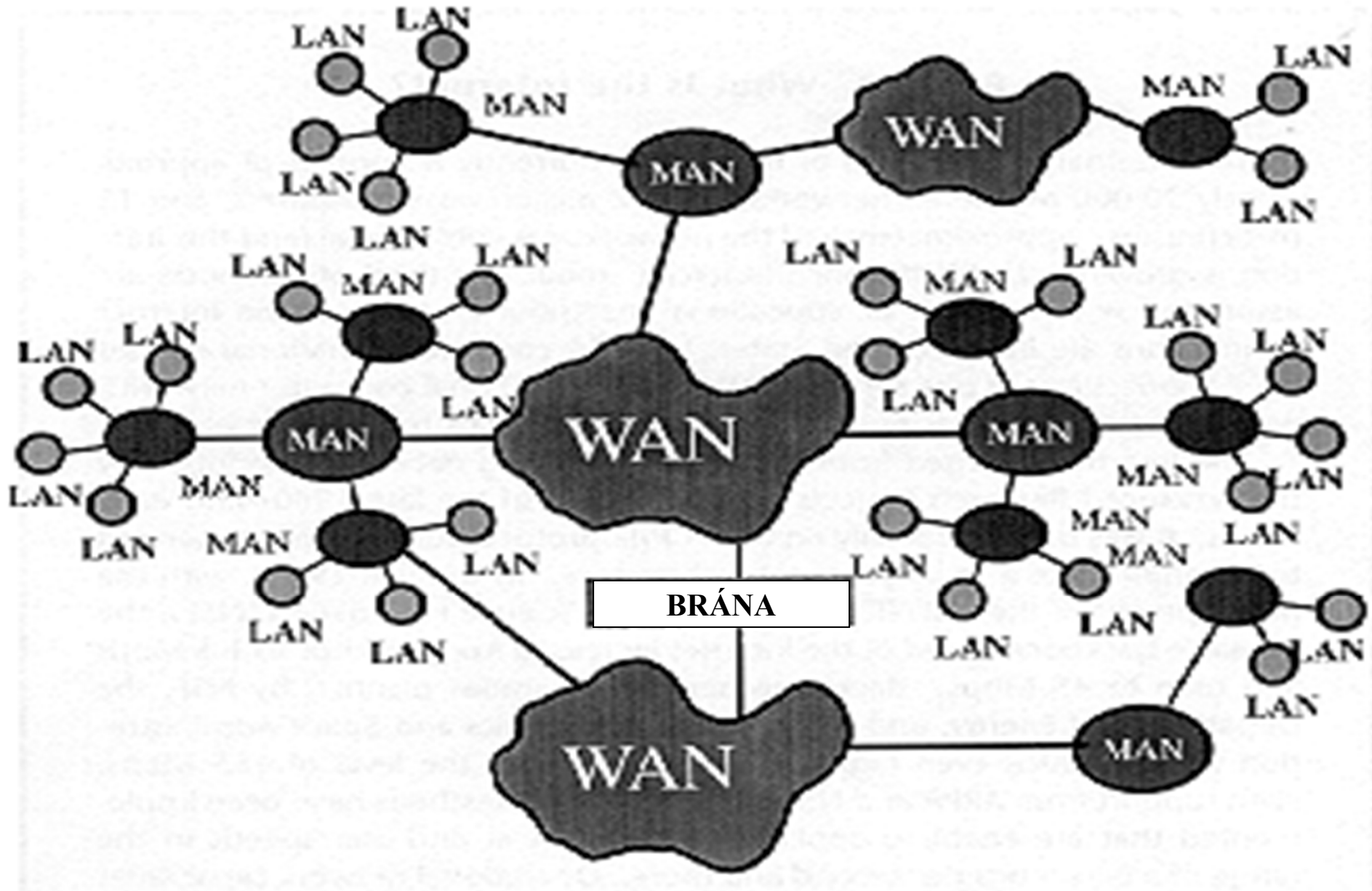
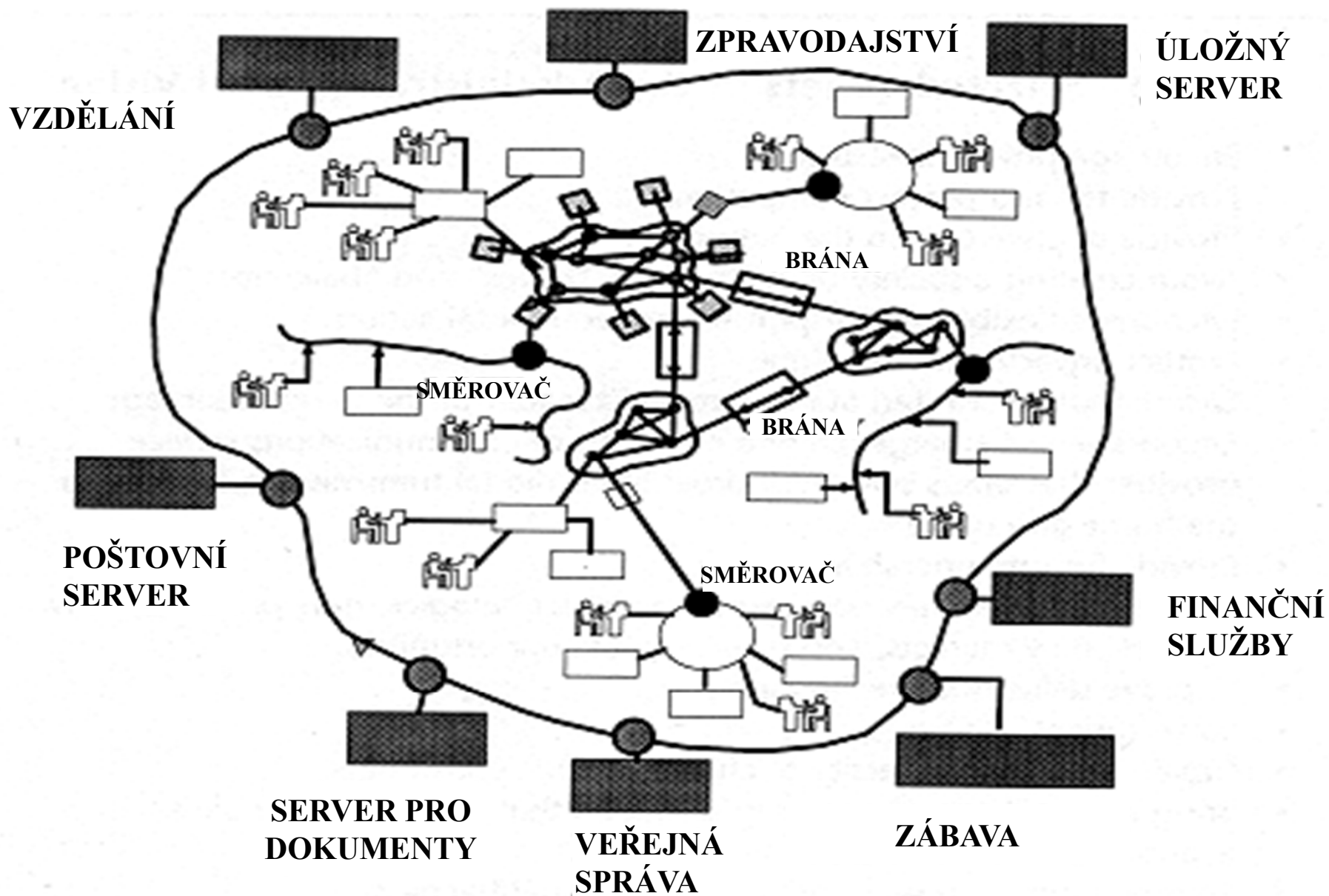


FIGURE 21.1 Rick Adams' "ARPANET ON A CHIP" (Courtesy of Rick Adams)

# Prvky vytvářející Internet



# Funkční využití internetové struktury



# 1987 -- 1990

- 1987 -- 10 000 počítačů
- 1988 NSF back
- 1988 první internetový „worm“ paralyzuje Internet na dva dny
- 1989 CSnet A Bitnet se spojují do CREN (Corporation for research and Education Networking)
- 1990 ARPANET přestává existovat



# 90. léta

- 1991 Gopher (Paul Lindner a Mark P. Cahill z university v Minnesotě)
- 1991 Tim Berners Lee vyvíjí WWW
- 1991 PGP
- 1991 Česká republika připojena k Internetu
  
- 1996 Bill Gates: „...an Internet browser is a trivial piece of software. There are at least 30 companies that have written very credible Internet browsers, so that's nothing...“ (*The world according to Gates By Don Tennant, InfoWorld Electric, Jan 4, 1996*)

# Internet Global Infrastructure Diffusion

Host Computers - Jan. 1995

10,000,000

1,000,000

100,000

10,000

1,000

100

10

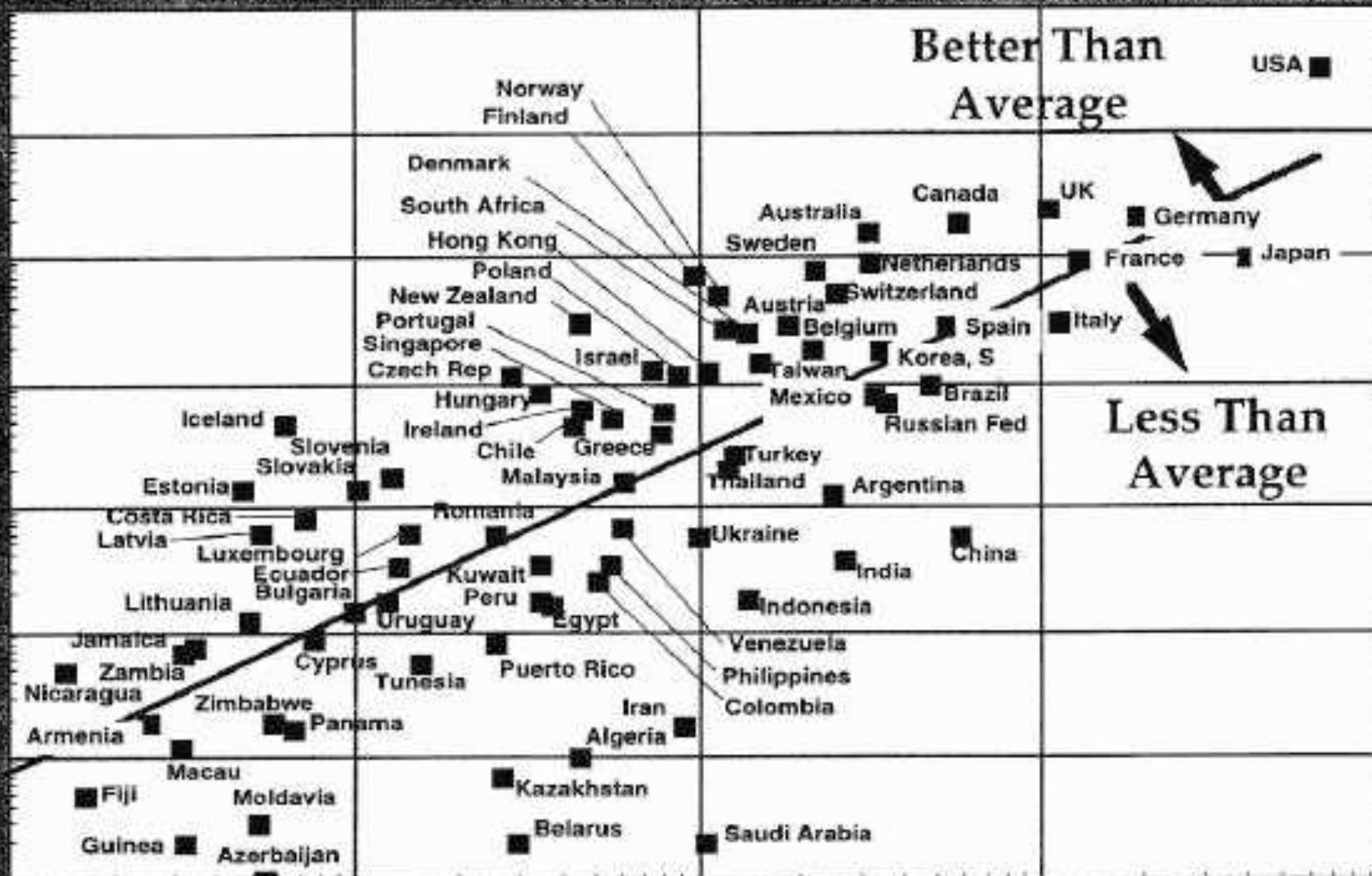
\$1,000

\$10,000

\$100,000

\$1,000,000

\$10,000,000

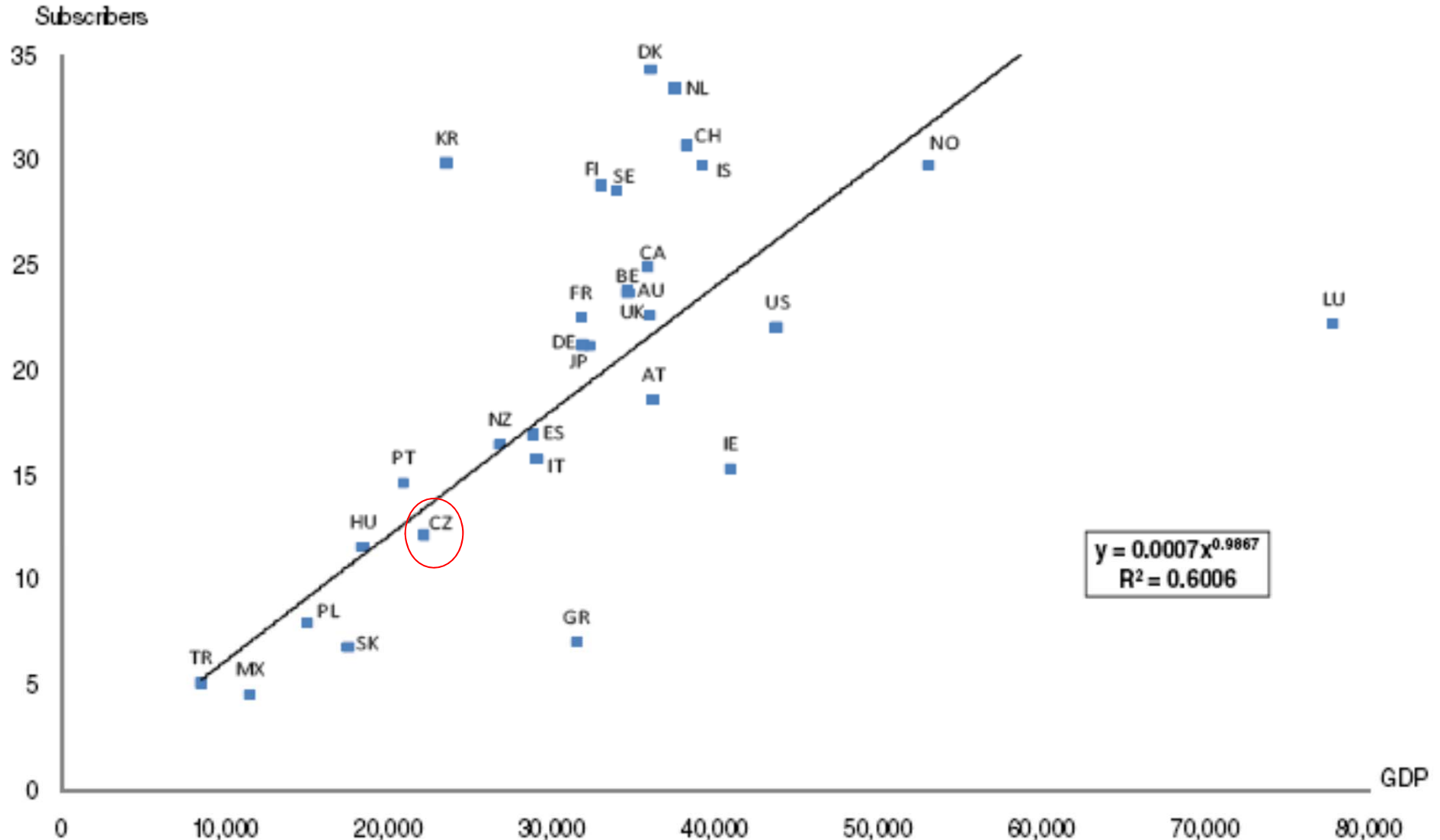


GNP: World Bank; Host Counts: M. Lottor

1993 GNP (\$M)

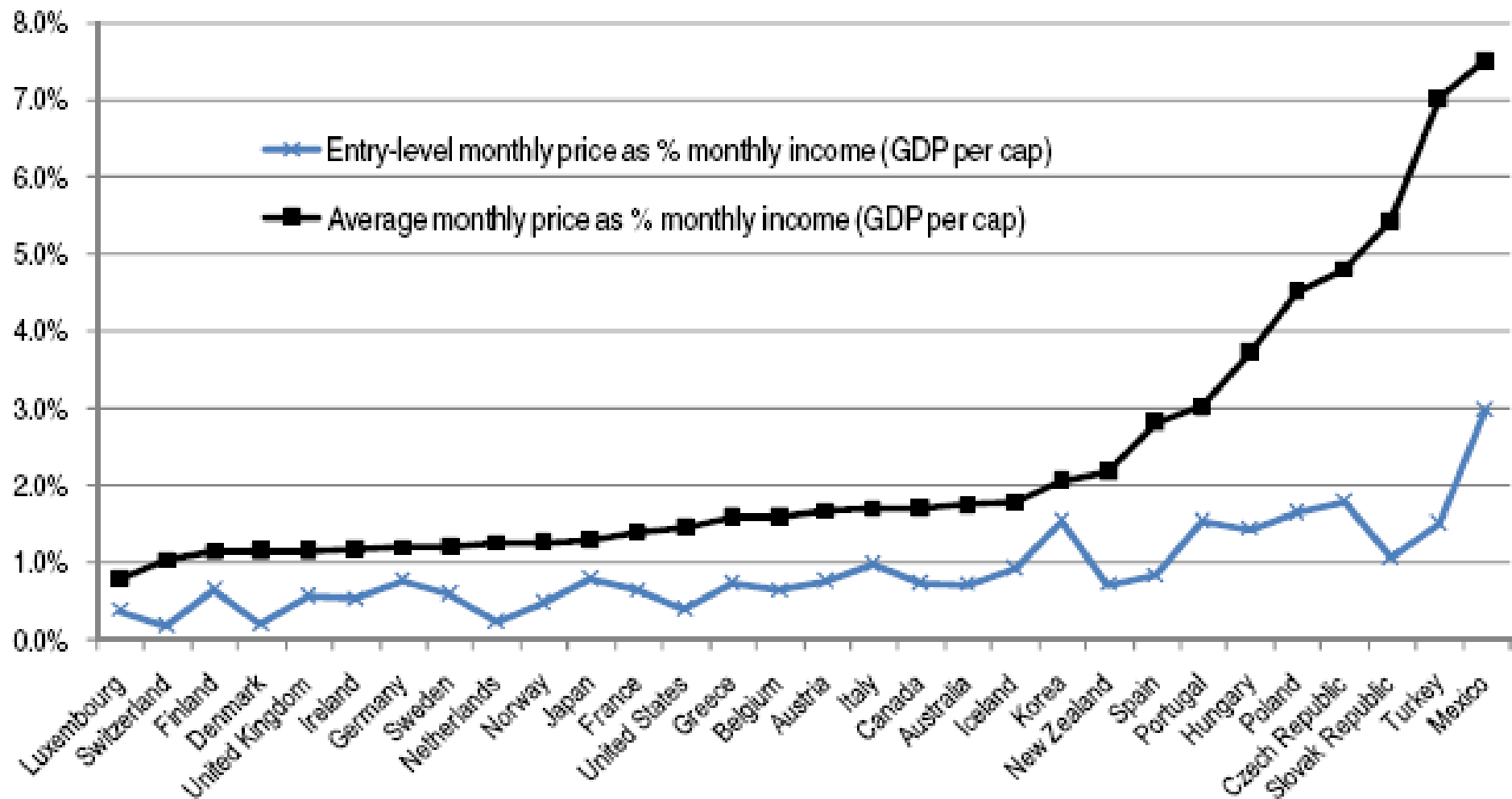
# HDP na hlavu a přístup k širokopásmovému připojení (OECD, 2008)

Subscribers per 100 inhabitants (June 2007) and GDP per capita (2006, USD PPP)

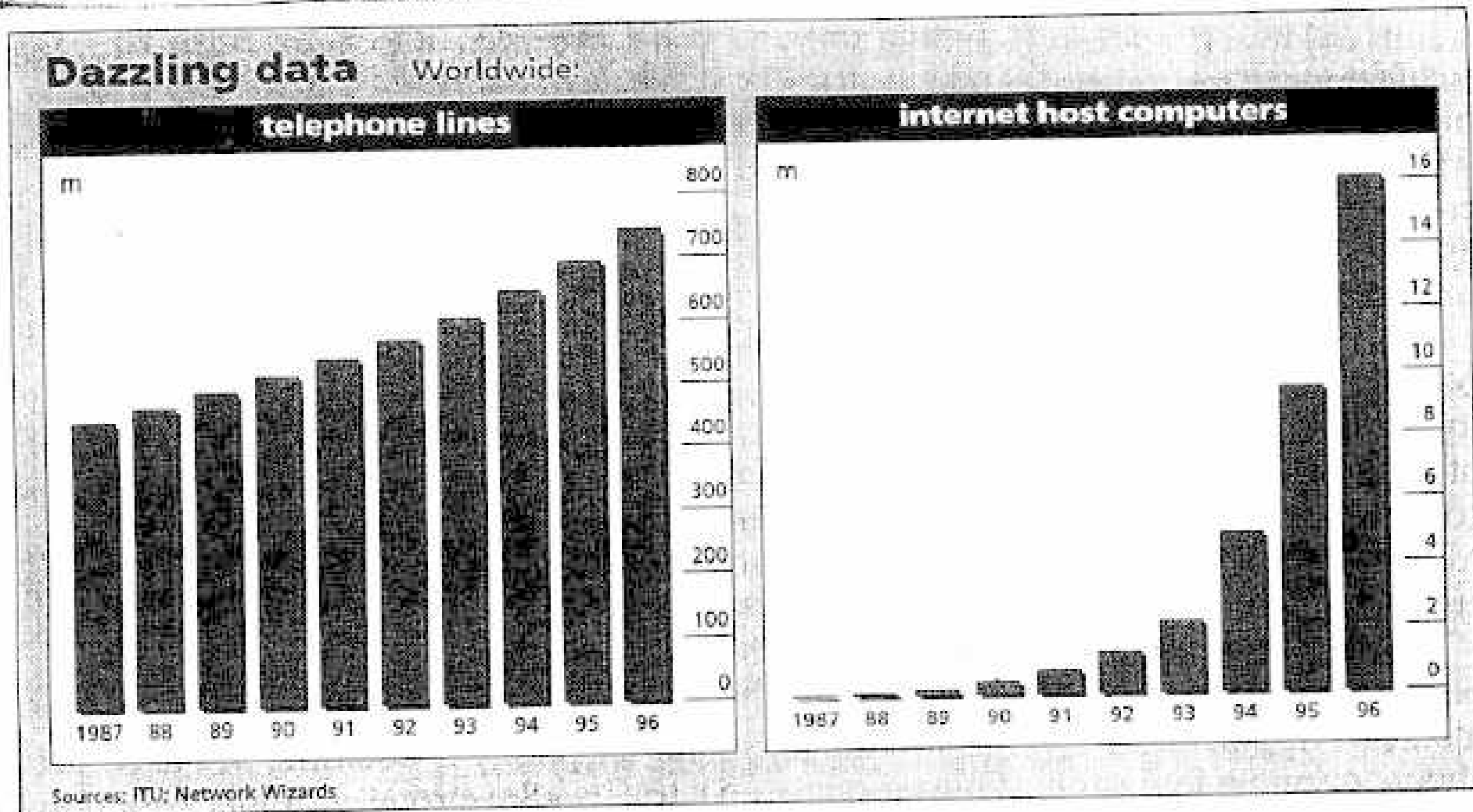


# Cenová dostupnost širokopásmového připojení (OECD 2008)

Entry and average monthly broadband price as a percentage of monthly GDP per capita

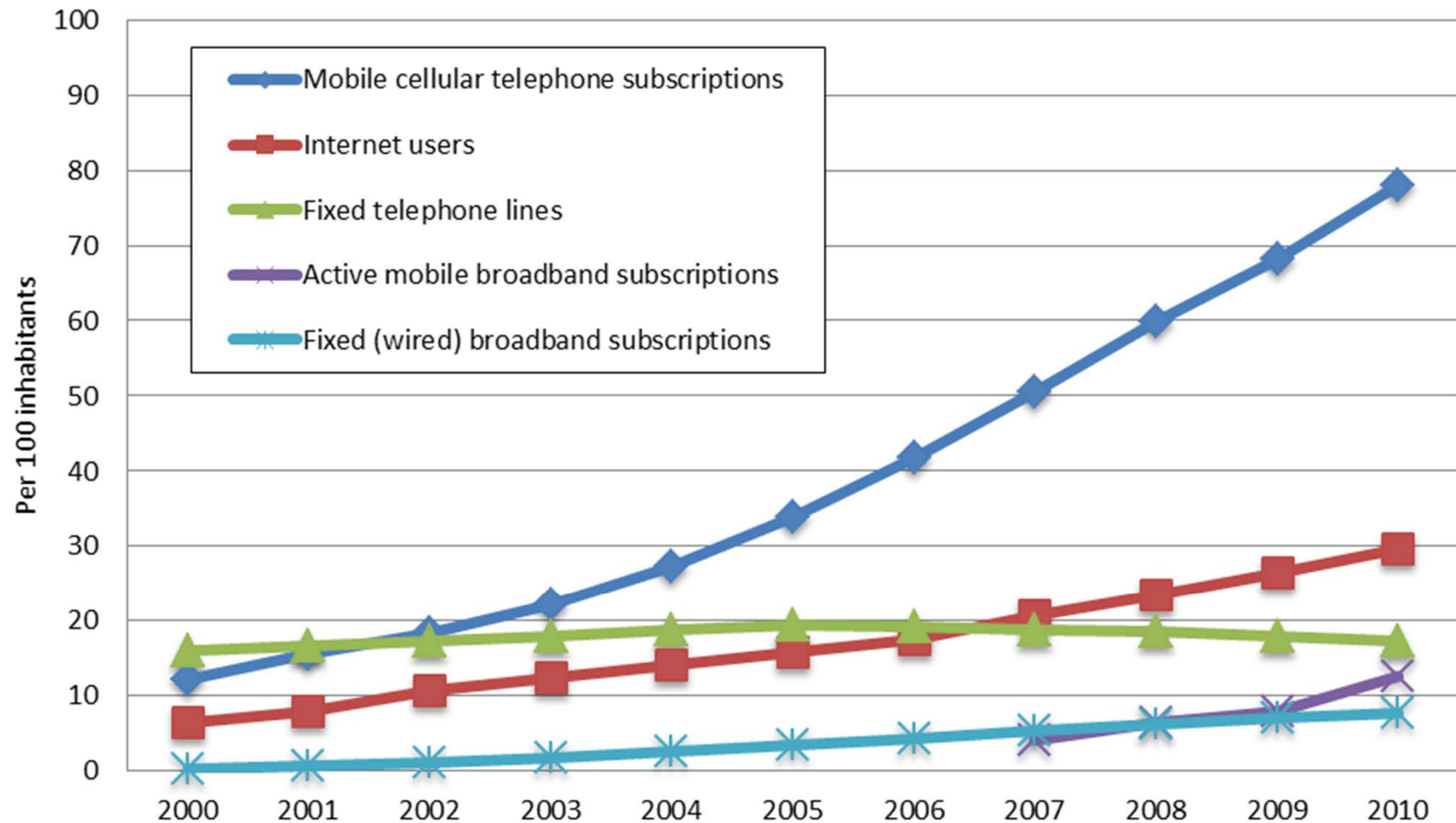


# Oni a my...?



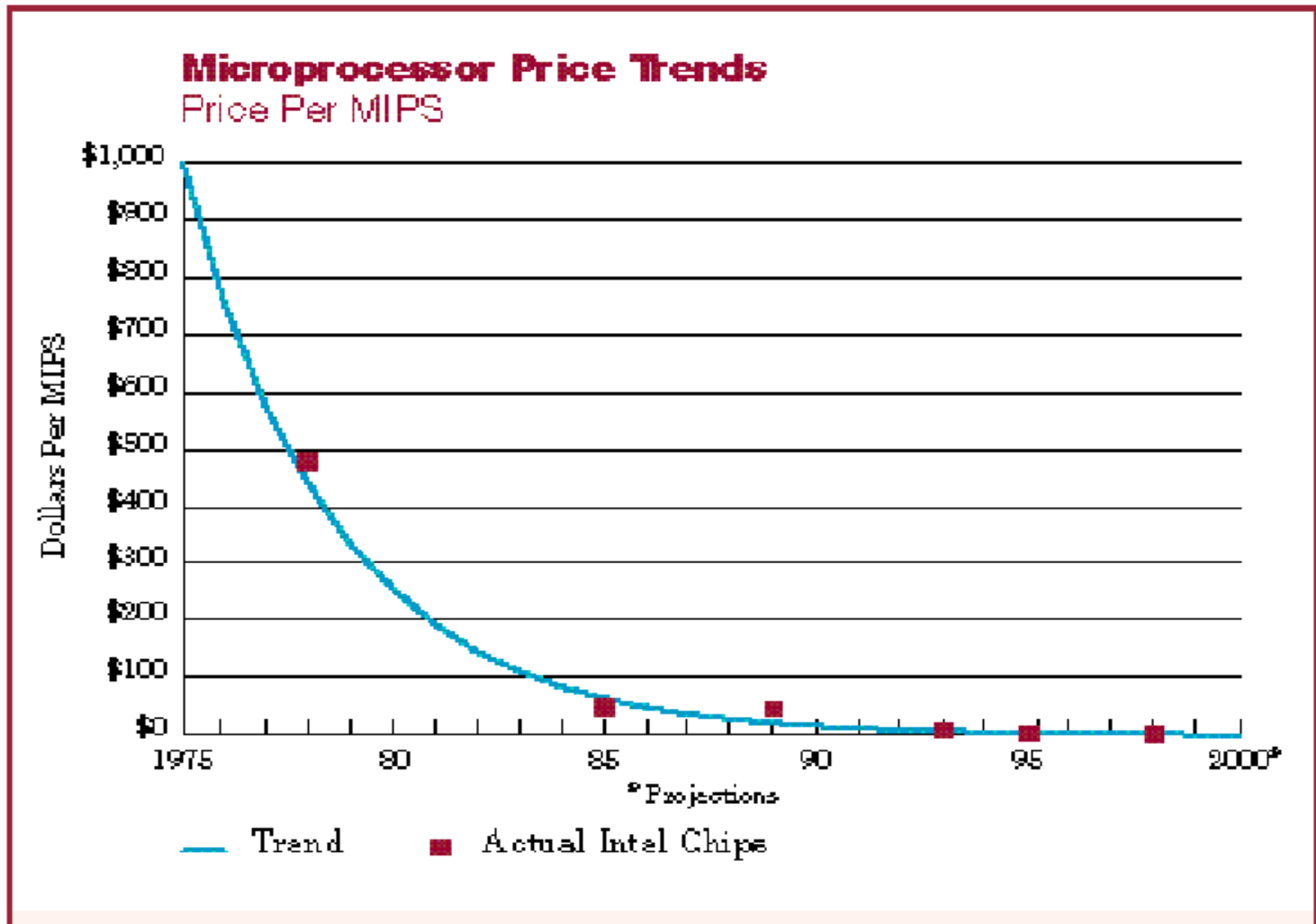
# Intenzita využívání různých druhů komunikace

Global ICT developments, 2000-2010

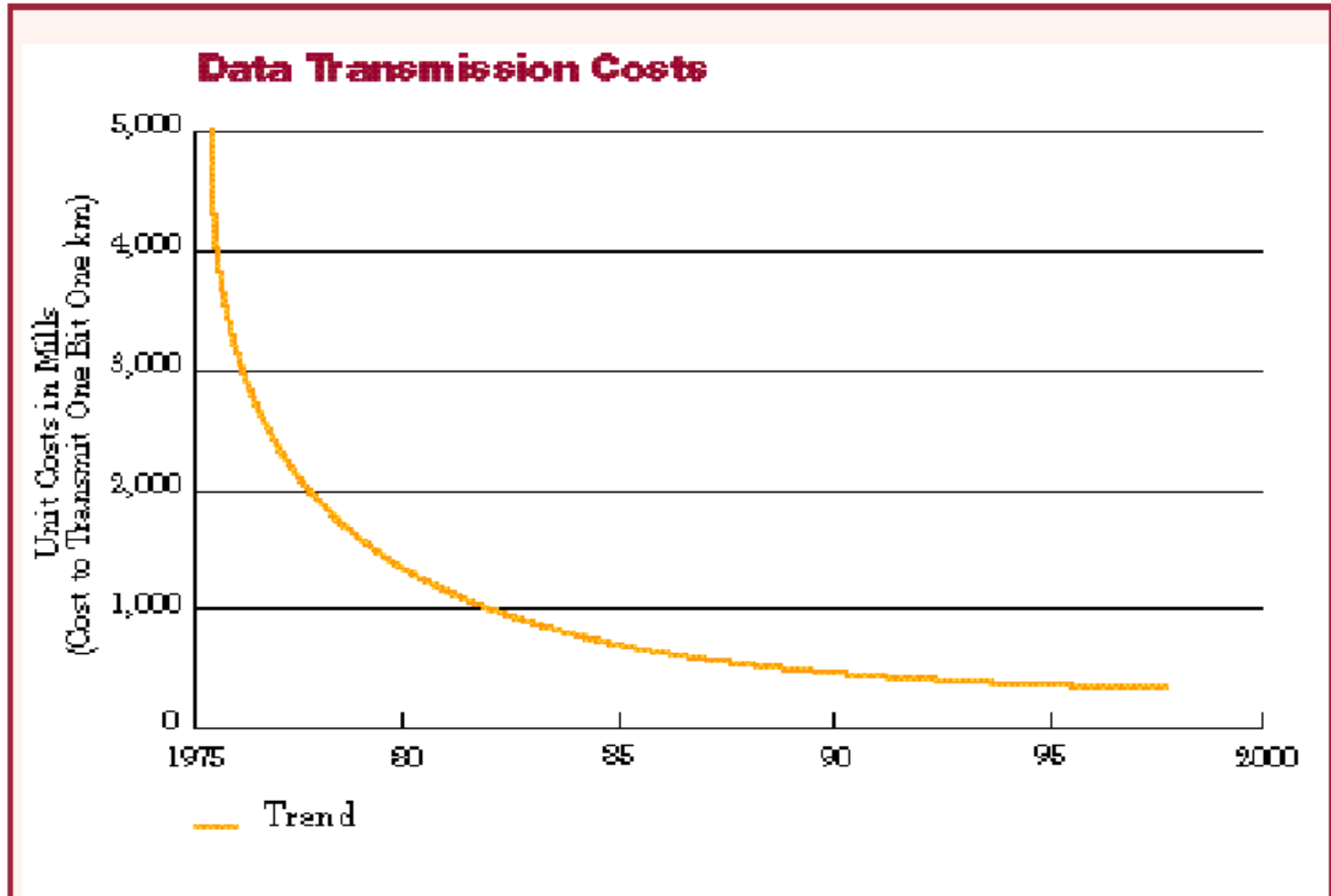


Source: ITU World Telecommunication /ICT Indicators database

# Trend vývoje cen procesorů

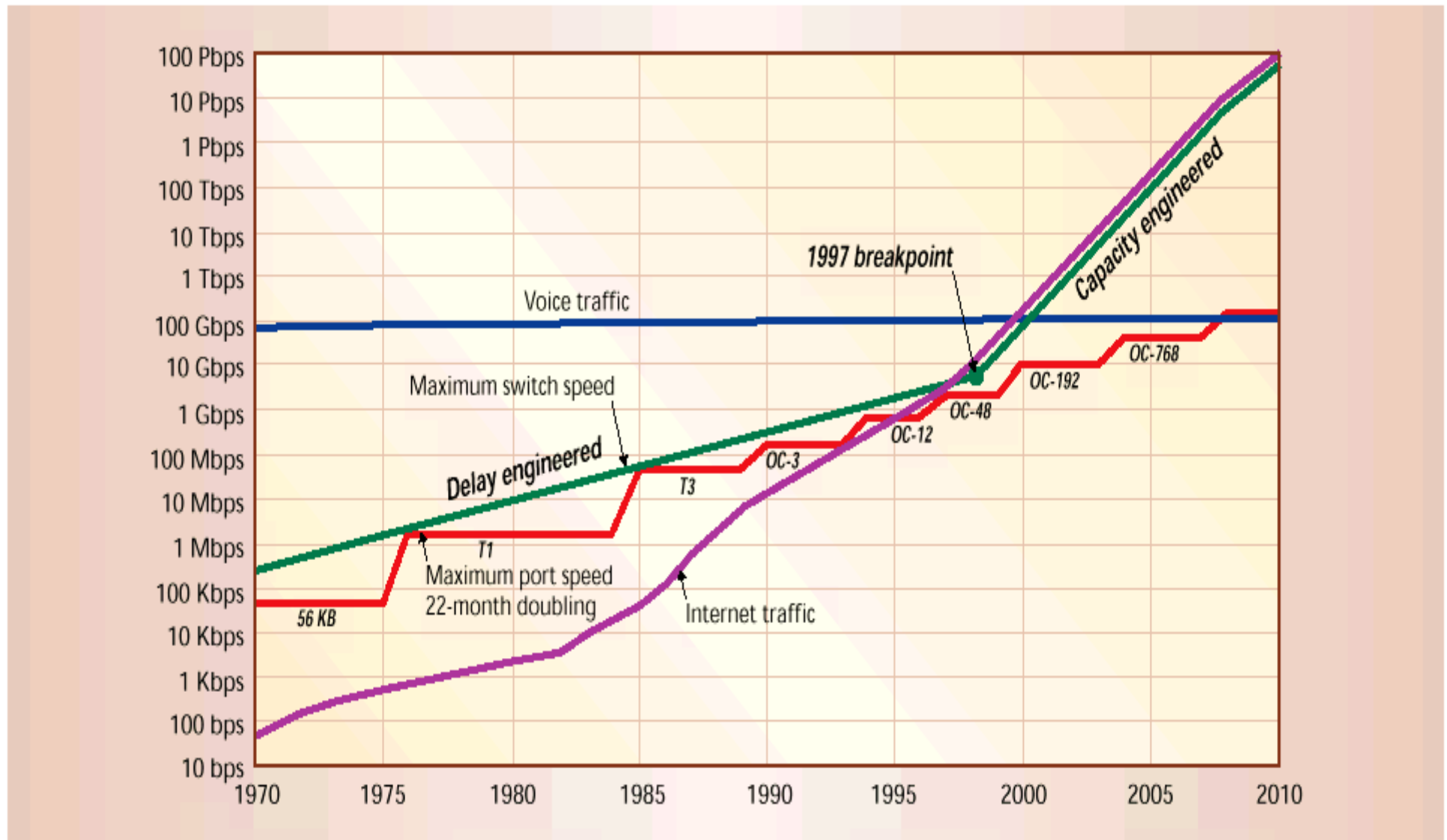


# Trend vývoje ceny datových komunikací





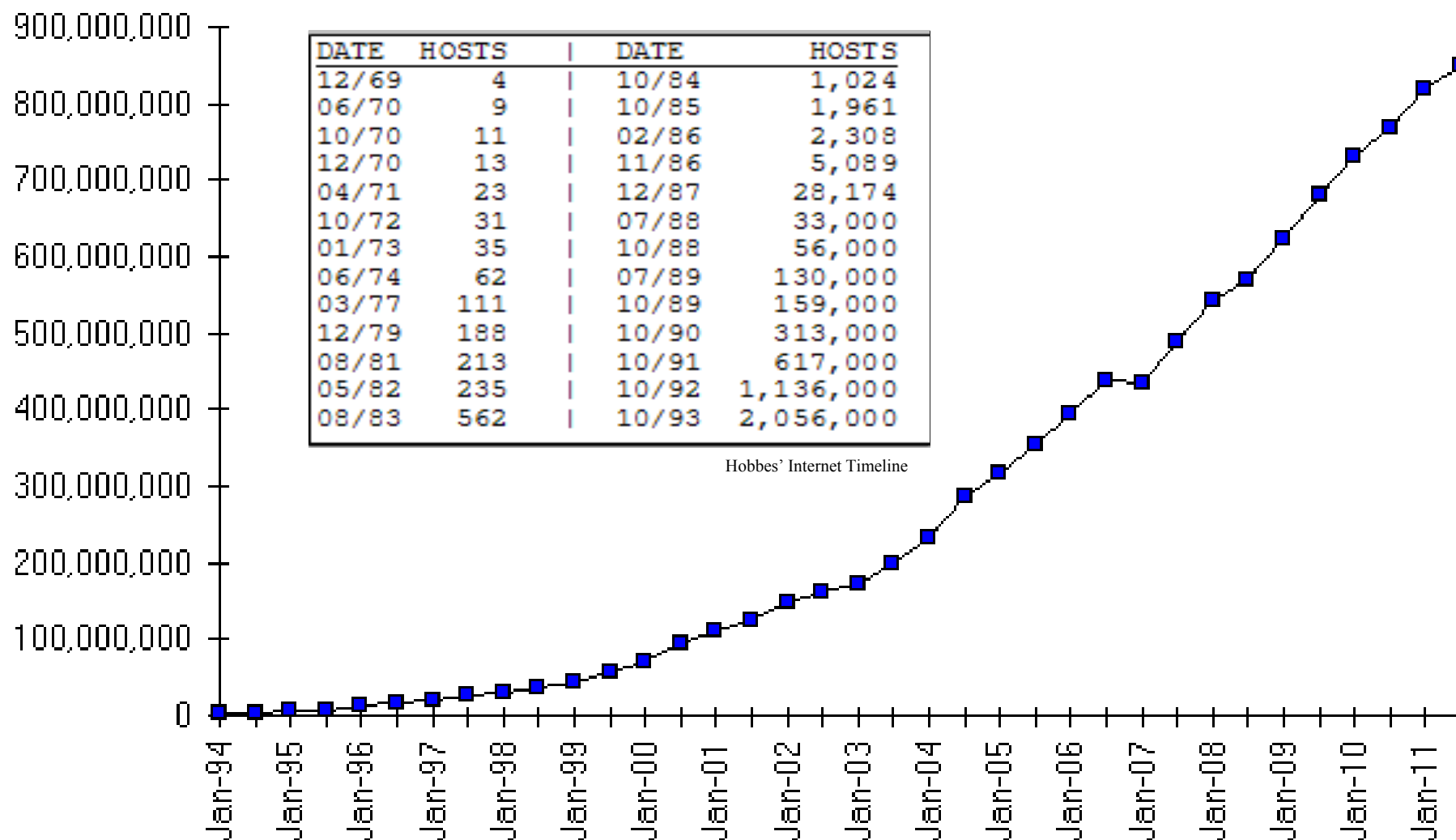
# Růstové trendy



**Figure 1. Growth trends for Internet traffic, voice traffic, maximum trunk speed, and maximum switch speed required for large cities. A major breakpoint occurred in 1997, when routers were forced to become wire speed and increase in capacity as fast as Internet traffic growth.**

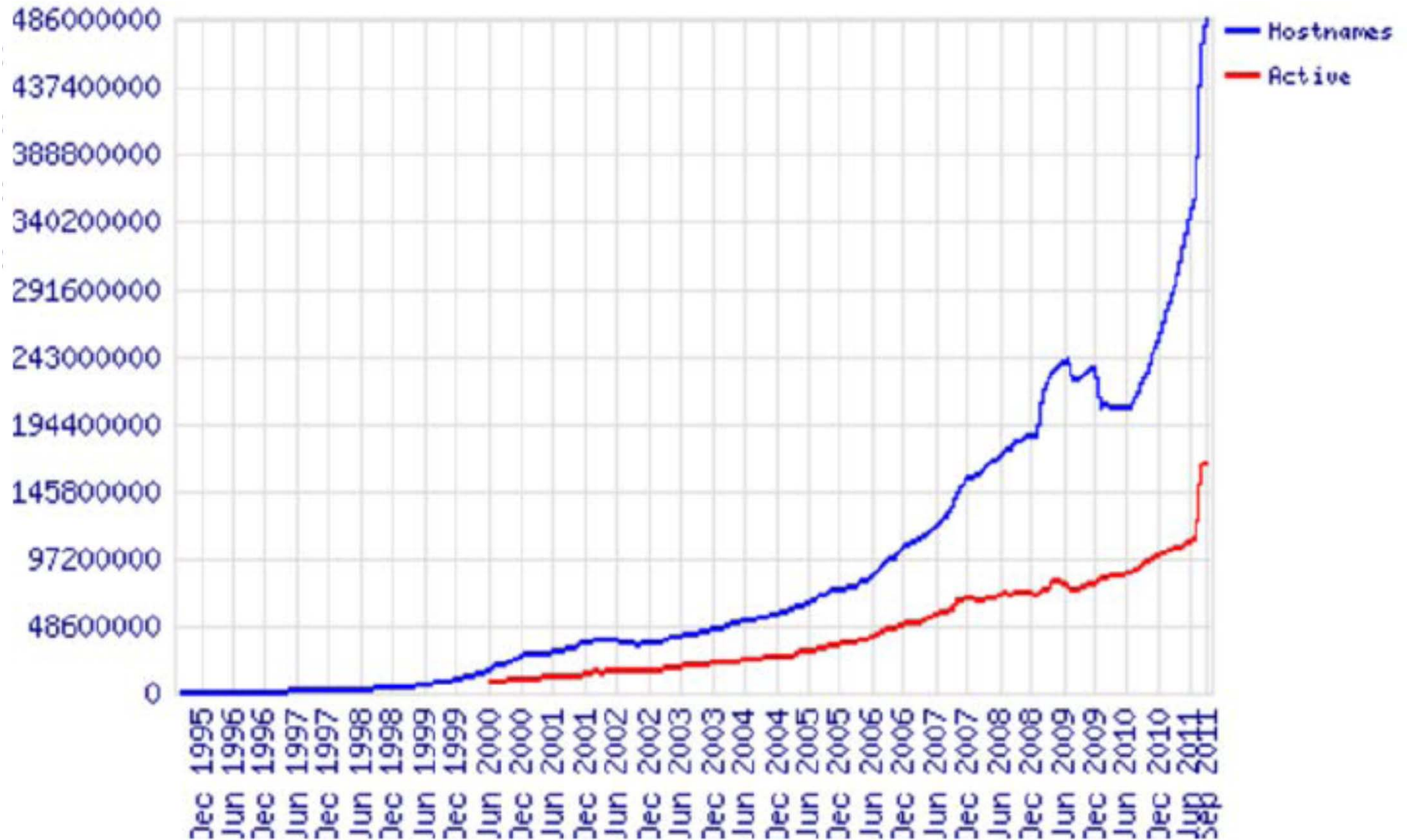
# Vývoj počtu počítačů připojených na Internet

## Internet Domain Survey Host Count



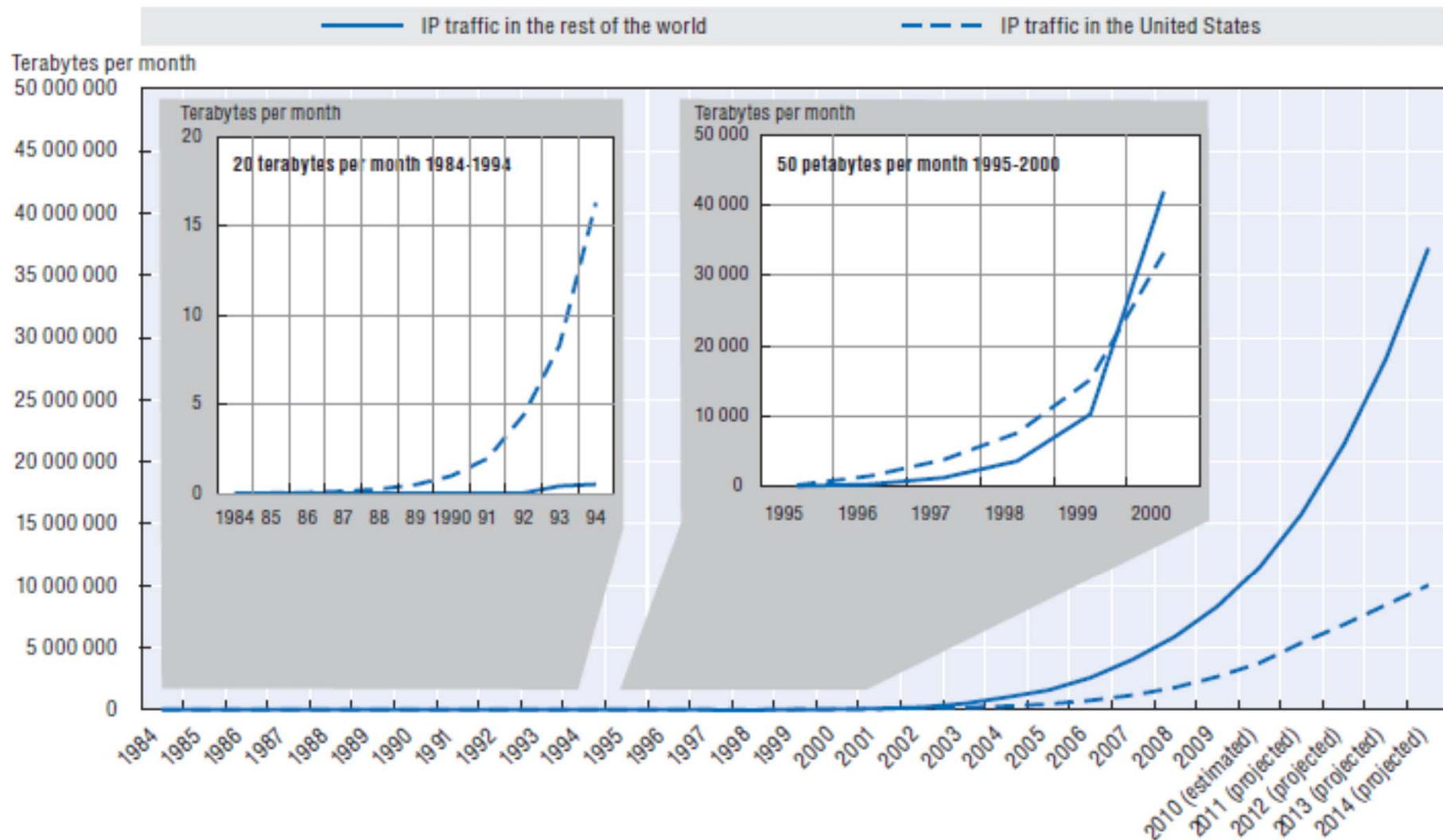
Source: Internet Systems Consortium ([www.isc.org](http://www.isc.org))

# Růst sítě (Netcraft, září 2011)



# Růst globálního provozu na Internetu

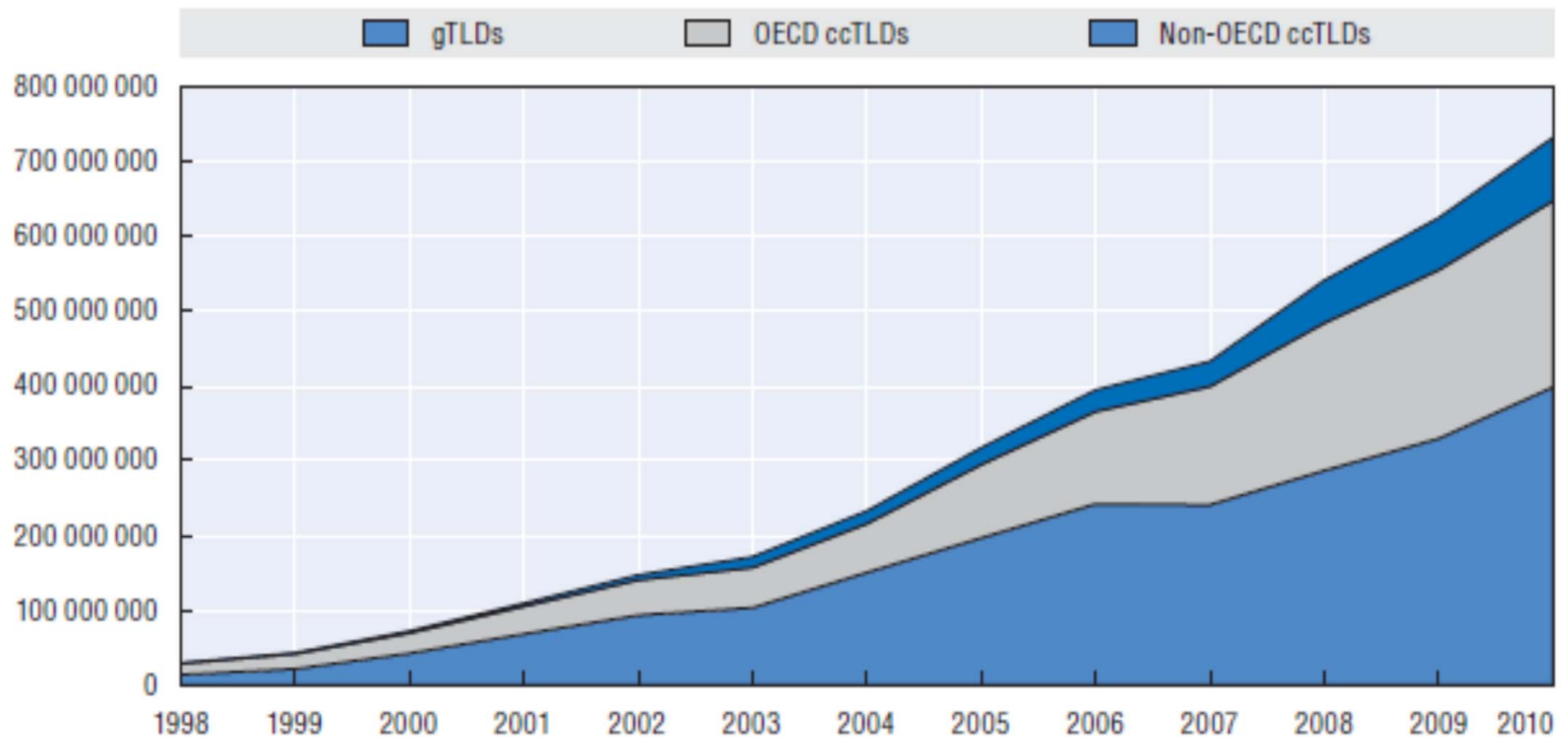
Global IP traffic growth, 1984-2014 (forecasted)



Source: Cisco Visual Networking Index (VNI).

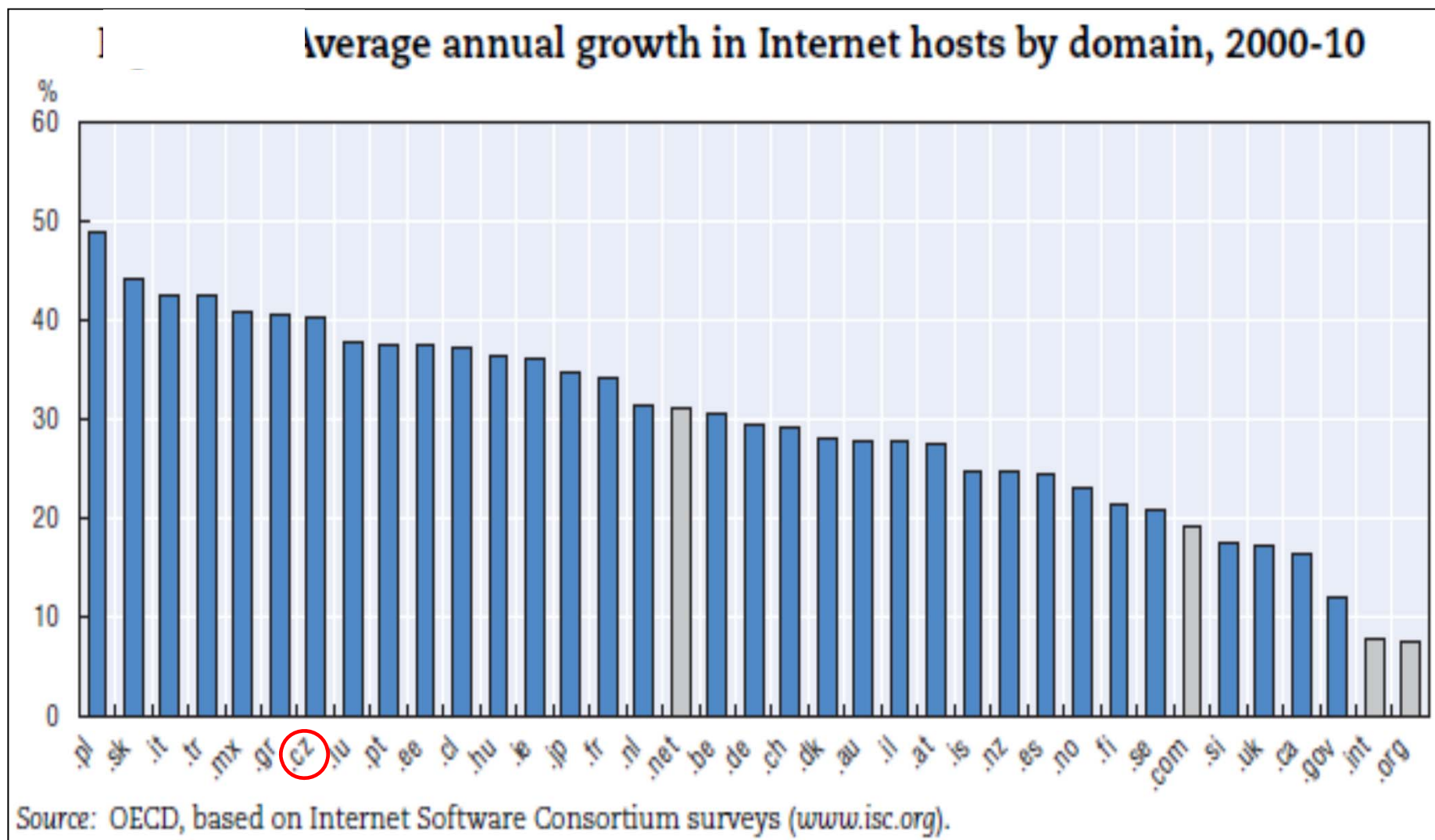
# Počítače na Internetu podle typu domény

Internet hosts by type of domain, 1998-2010



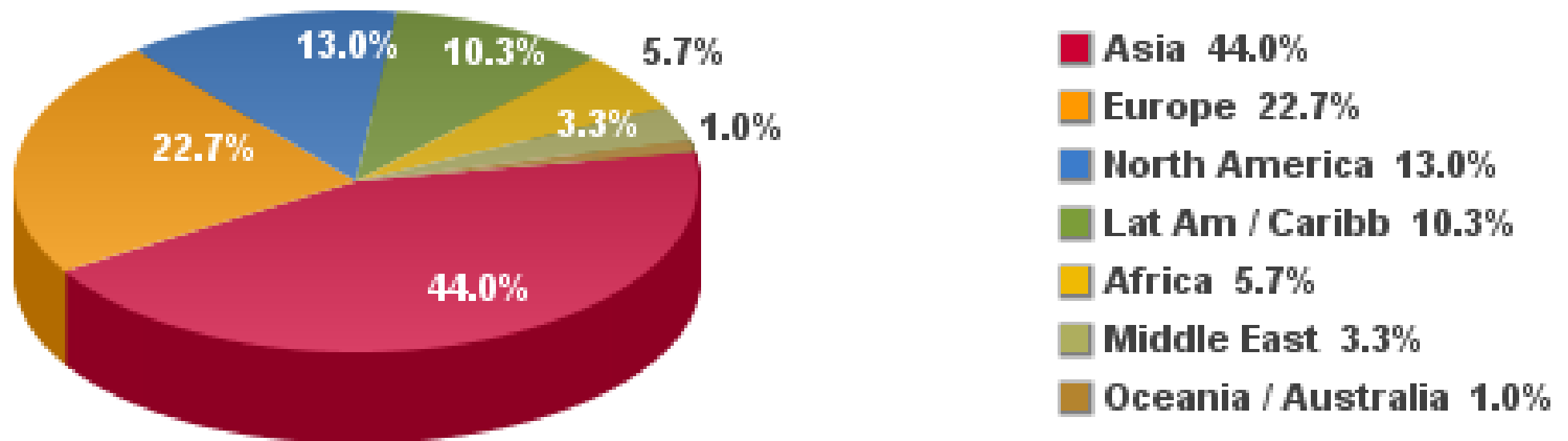
Source: OECD, based on Internet Software Consortium surveys ([www.isc.org](http://www.isc.org)).

# Tempo růstu podle typu domény



# Rozdělení uživatelů po světě (2011)

## Internet Users in the World Distribution by World Regions - 2011



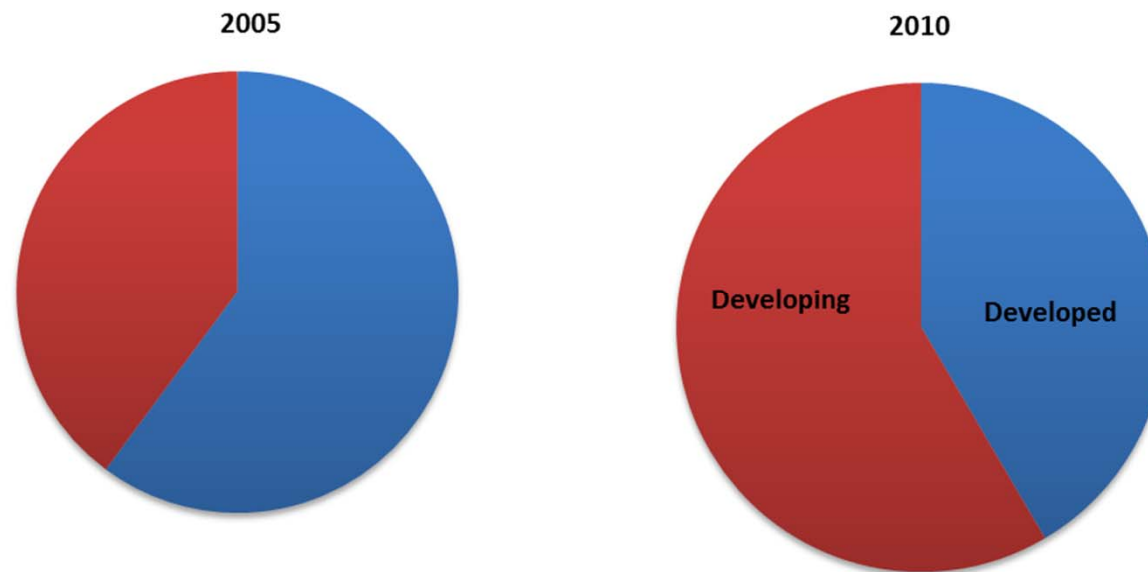
Source: Internet World Stats - [www.internetworldstats.com/stats.htm](http://www.internetworldstats.com/stats.htm)

Basis: 2,095,006,005 Internet users on March 31, 2011

Copyright © 2011, Miniwatts Marketing Group

# Internet v rozvinutém a rozvojovém světě

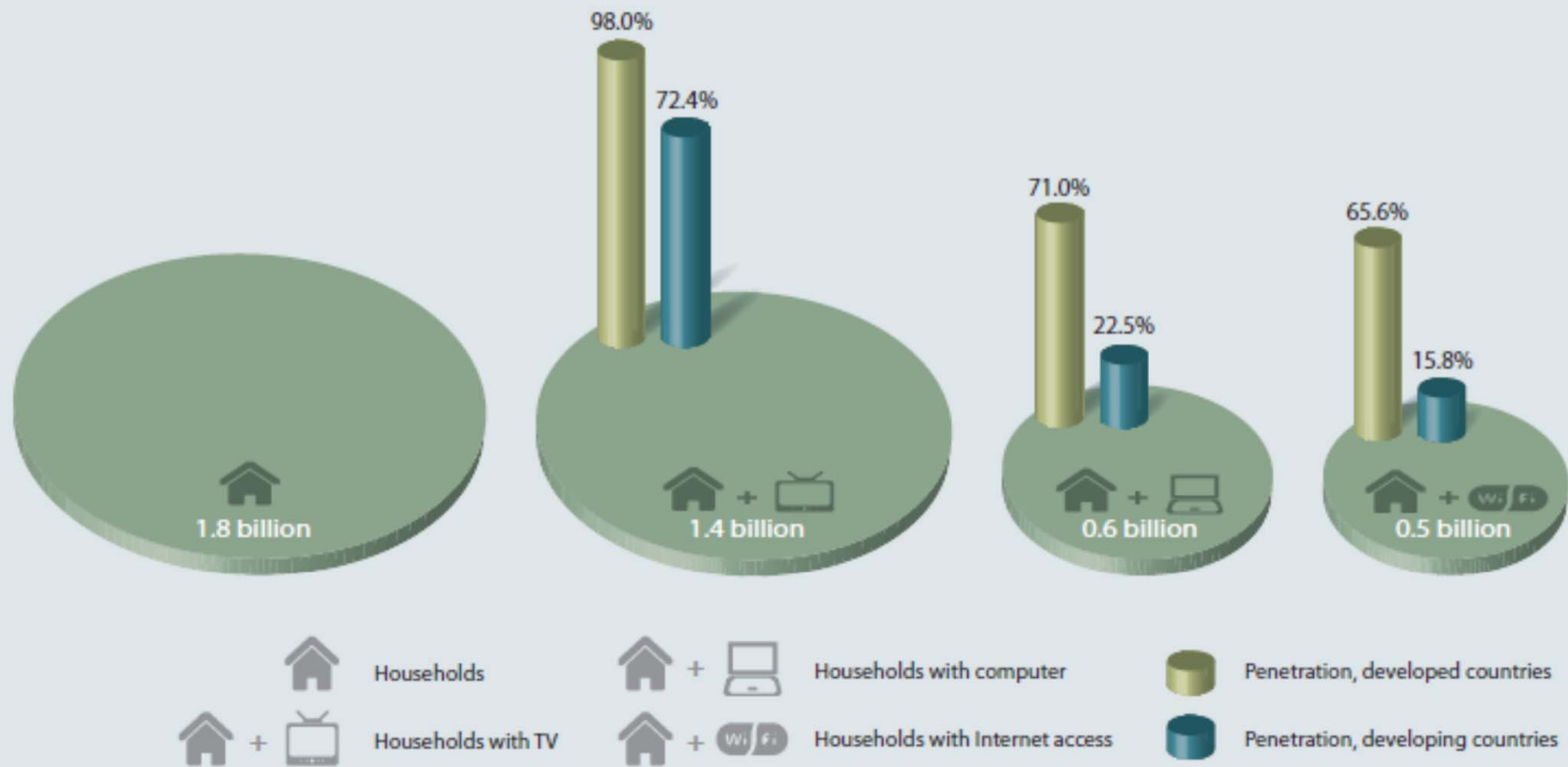
Internet users, by level of development



Zdroj: ITU



# Domácnosti, internet a televize

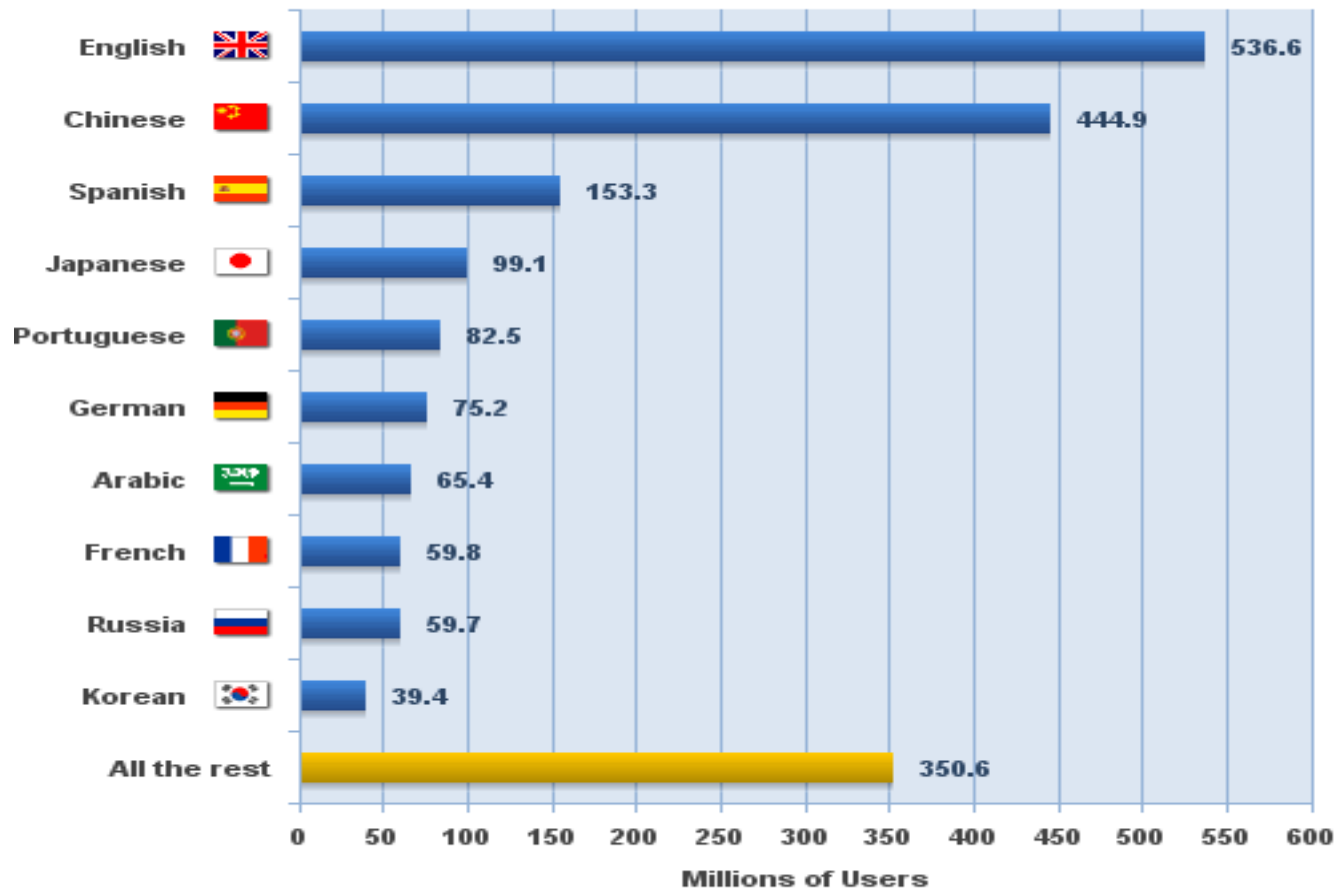


Note: Data refer to 2010 and are estimates

Source: ITU World Telecommunication/ICT Indicators database

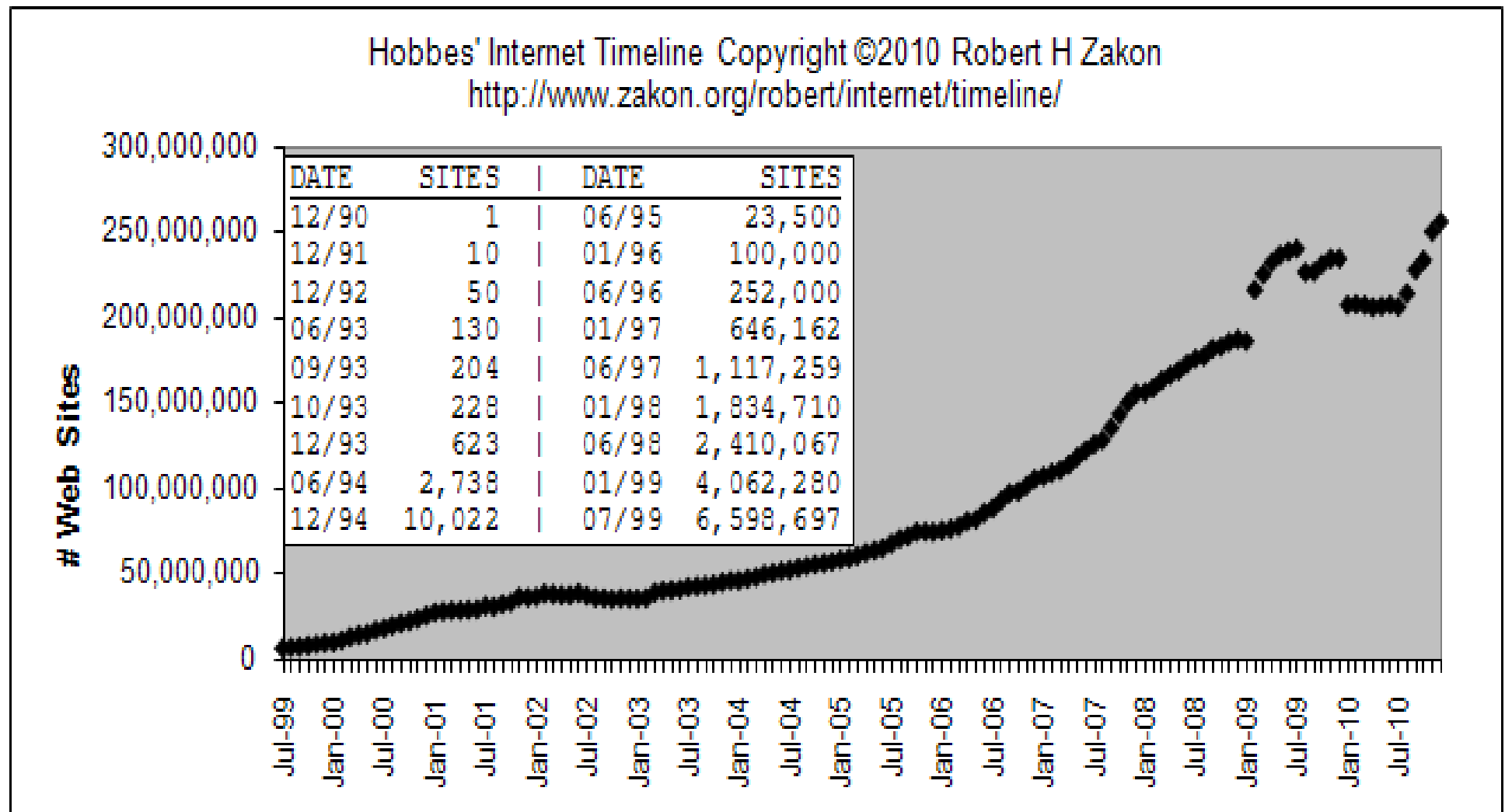
# Jazyky na Internetu (2011)

**Top Ten Languages in the Internet  
2010 - in millions of users**

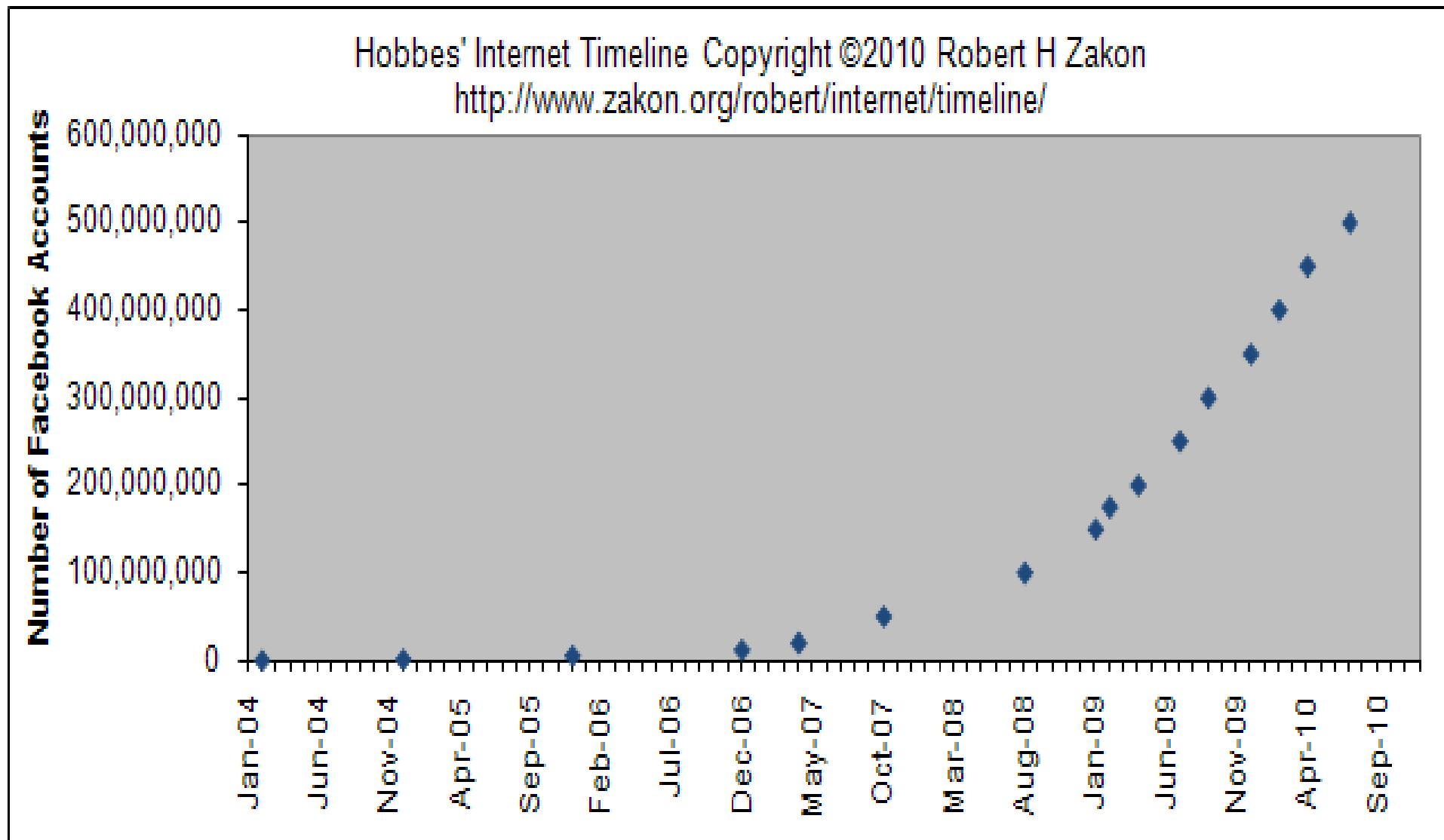


Source: Internet World Stats - [www.internetworldstats.com/stats7.htm](http://www.internetworldstats.com/stats7.htm)  
Estimated Internet users are 1,966,514,816 on June 30, 2010  
Copyright © 2000 - 2010, Miniwatts Marketing Group

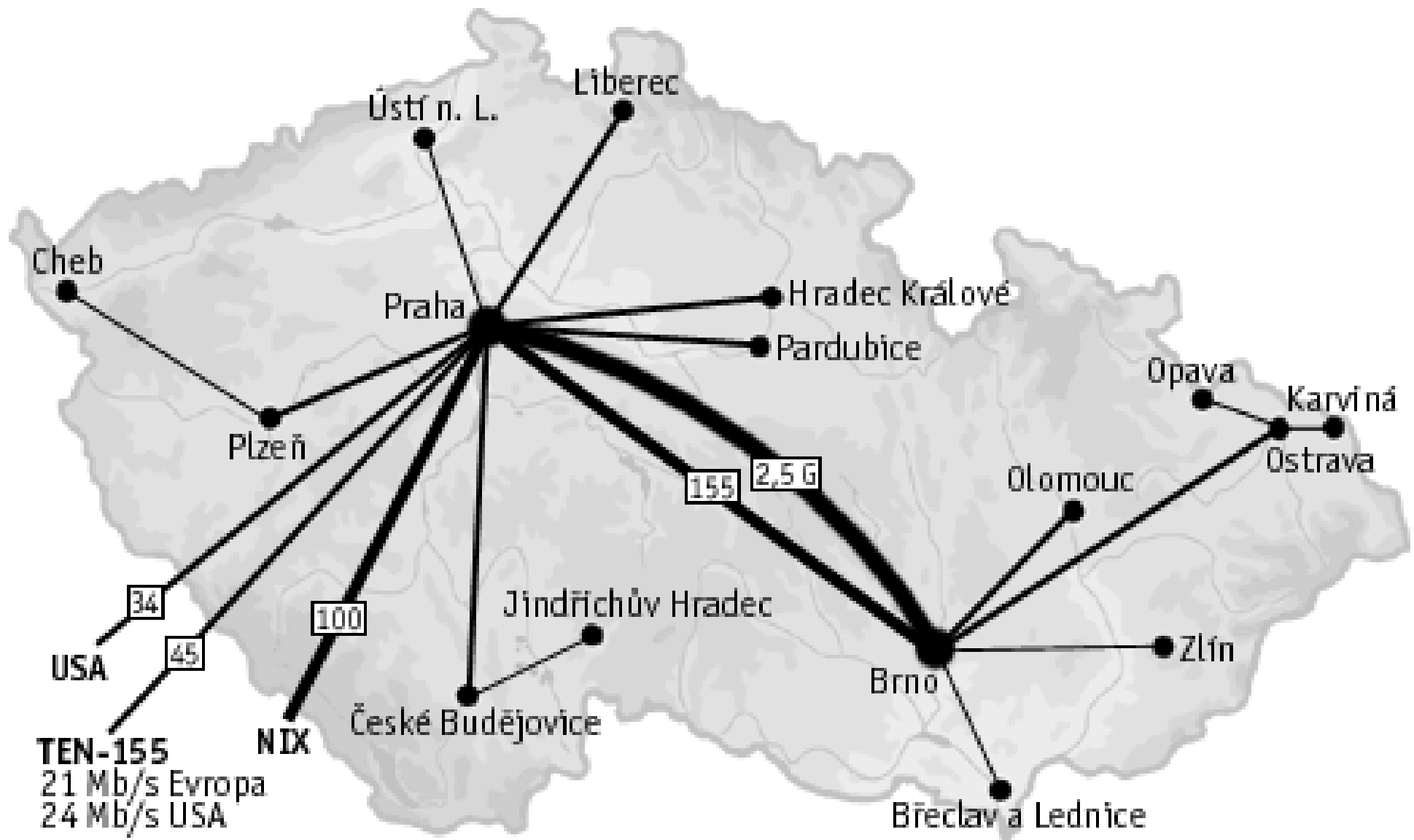
# Šíření WWW serverů



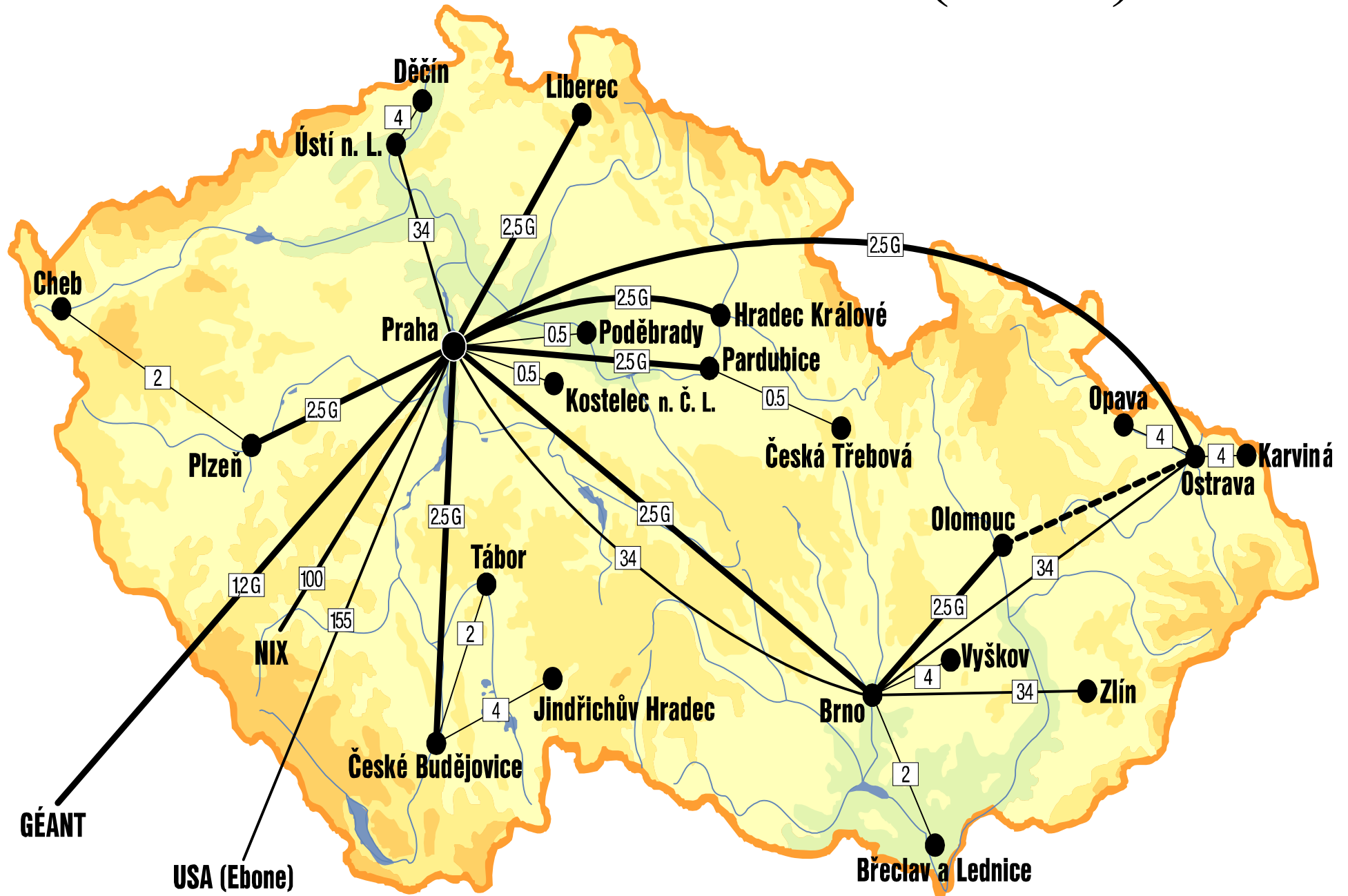
# Společenské sítě – uživatelé Facebooku



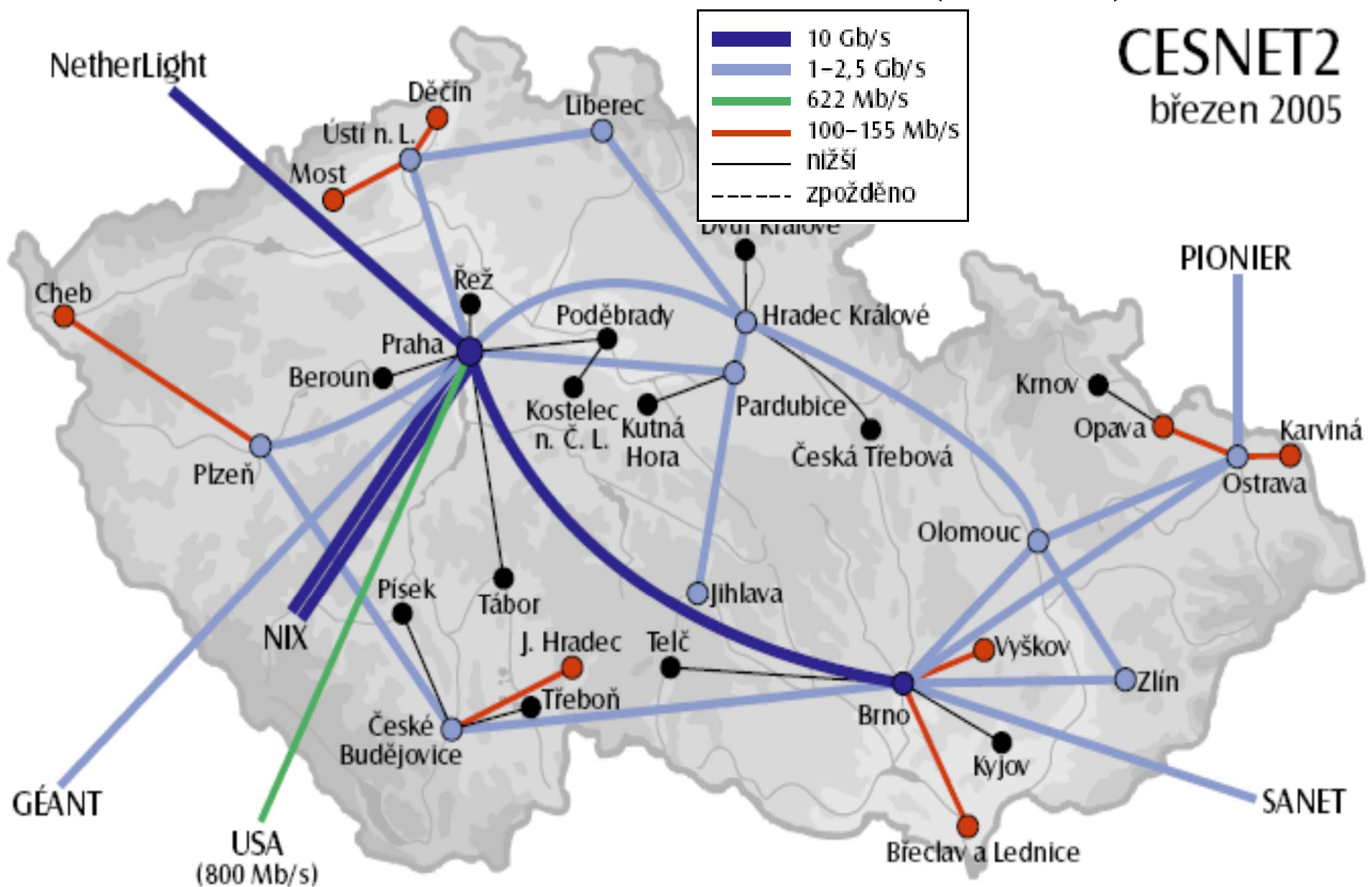
# TEN-155CZ v ČR (únor 2000)



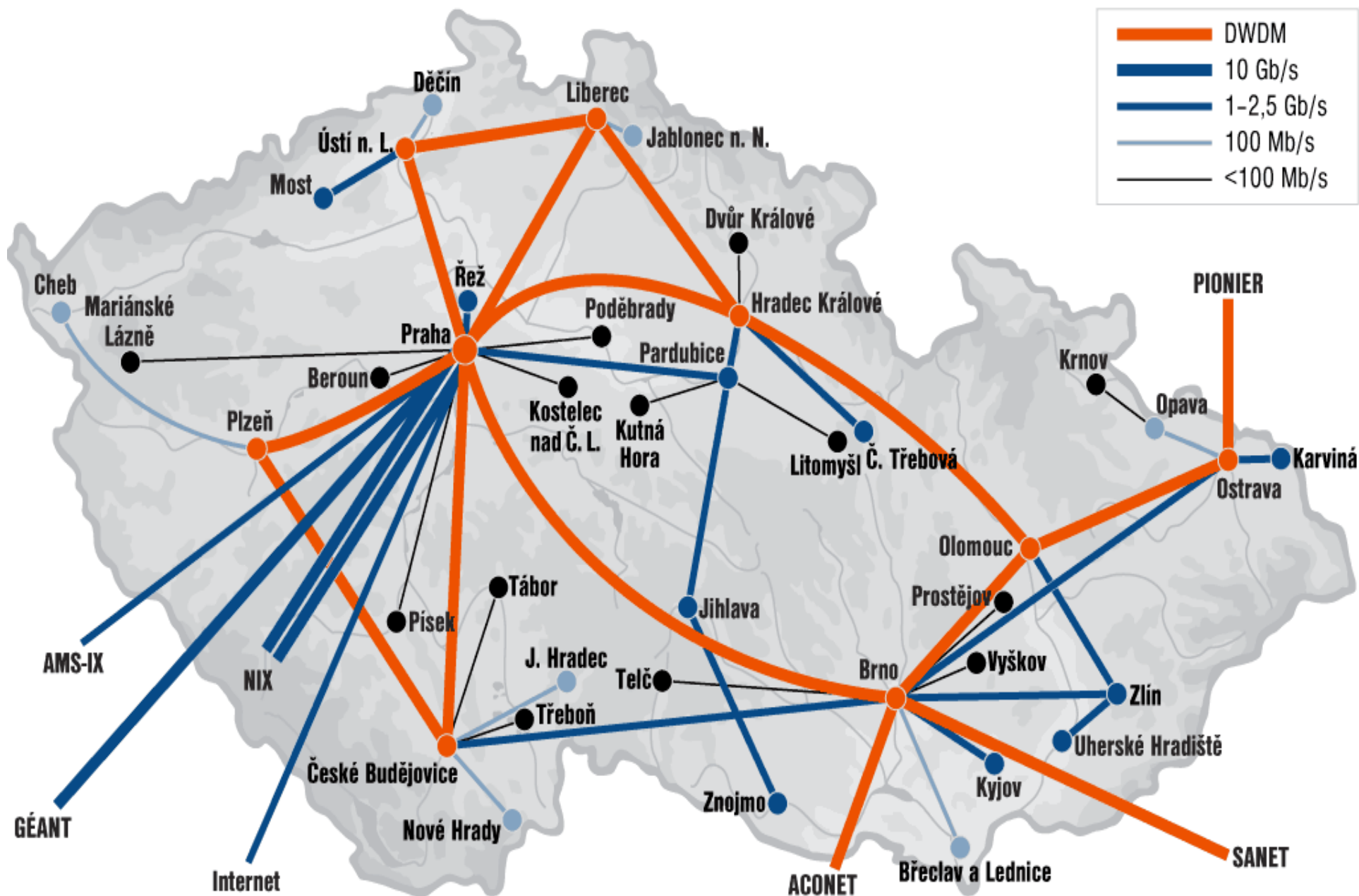
# Sít' CESNET2 v ČR (2001)



# Sít' CESNET2 v ČR (2005)

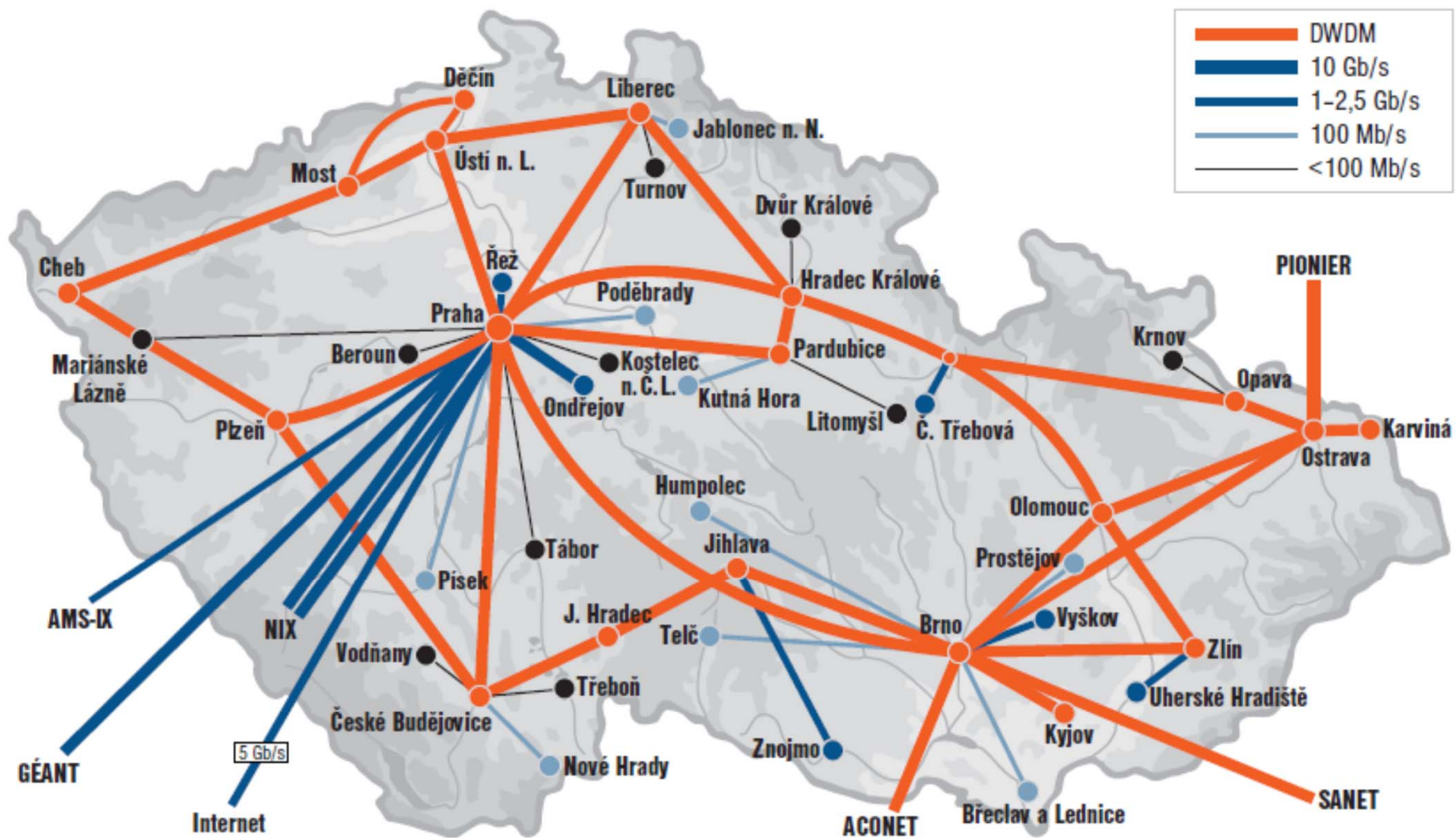


# Sít' CESNET2 v ČR (říjen 2008)

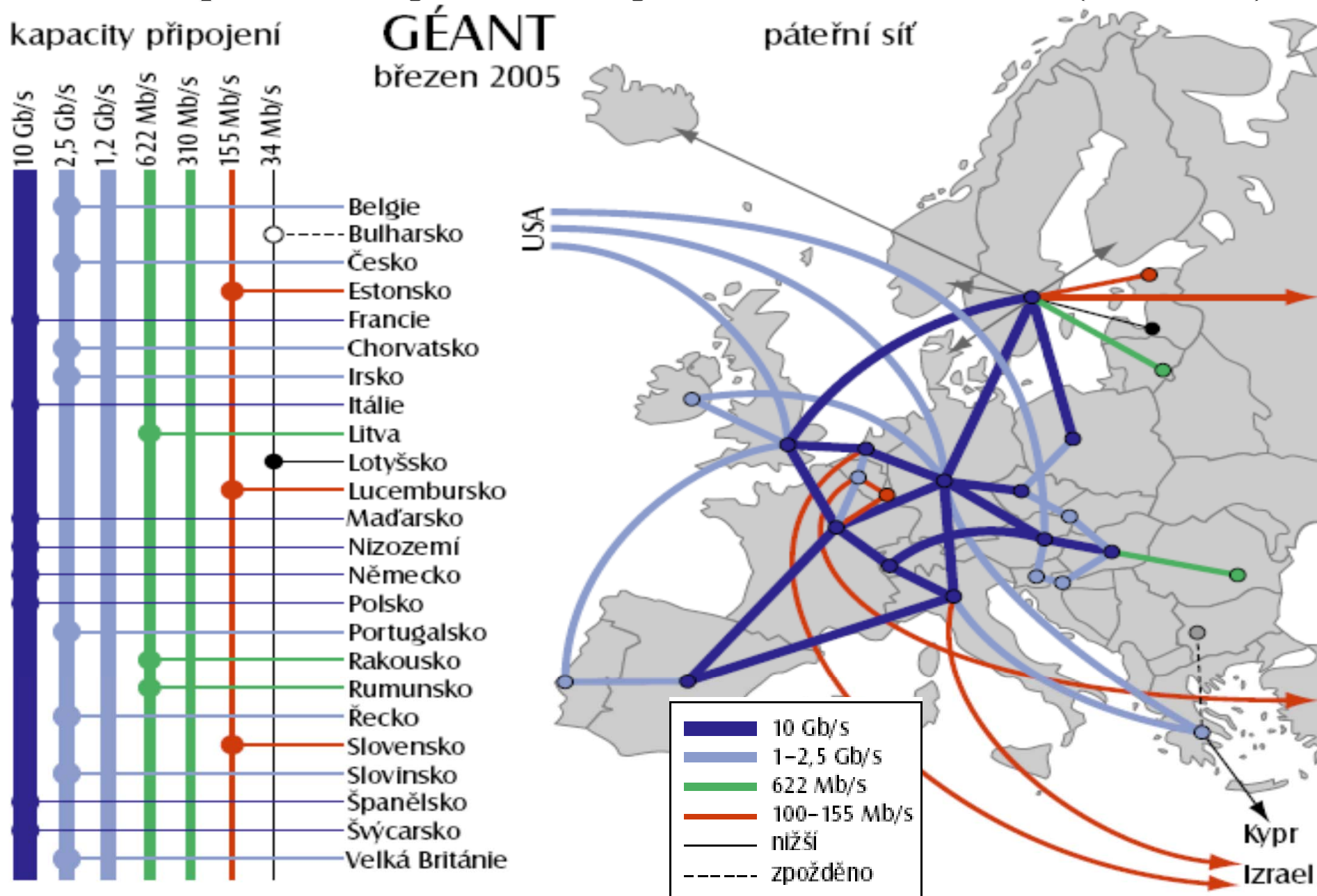




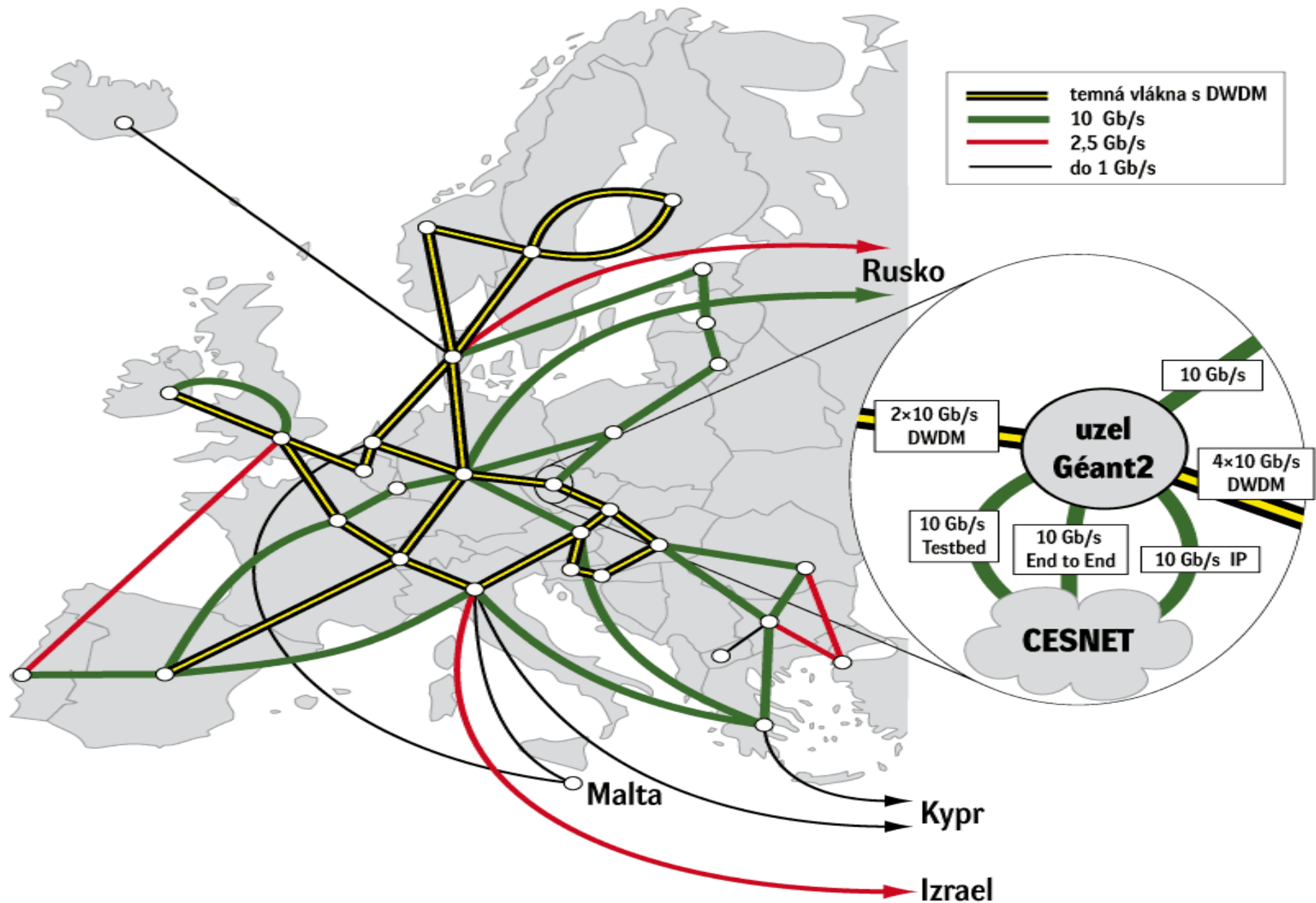
# Sít' CESNET2 v ČR (září 2011)



# Evropská vysokorychlostní síť (2005)



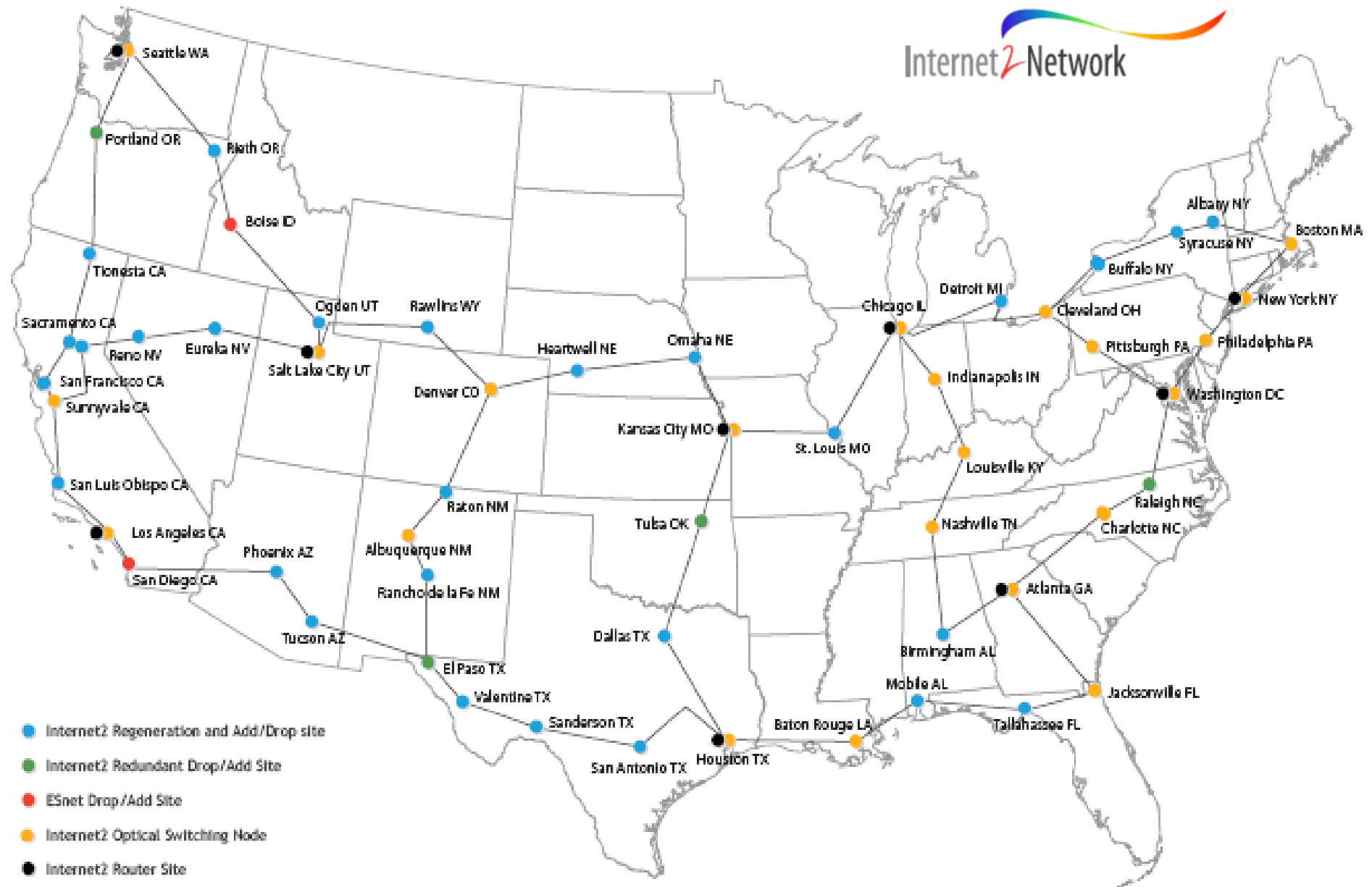
# Evropská vysokorychlostní síť (2011)



# Abilene – 10Gbps páteř vysokorychlostní sítě Internet2 v USA (skončila v září 2007)



# Internet2 v USA podrobněji (2008)

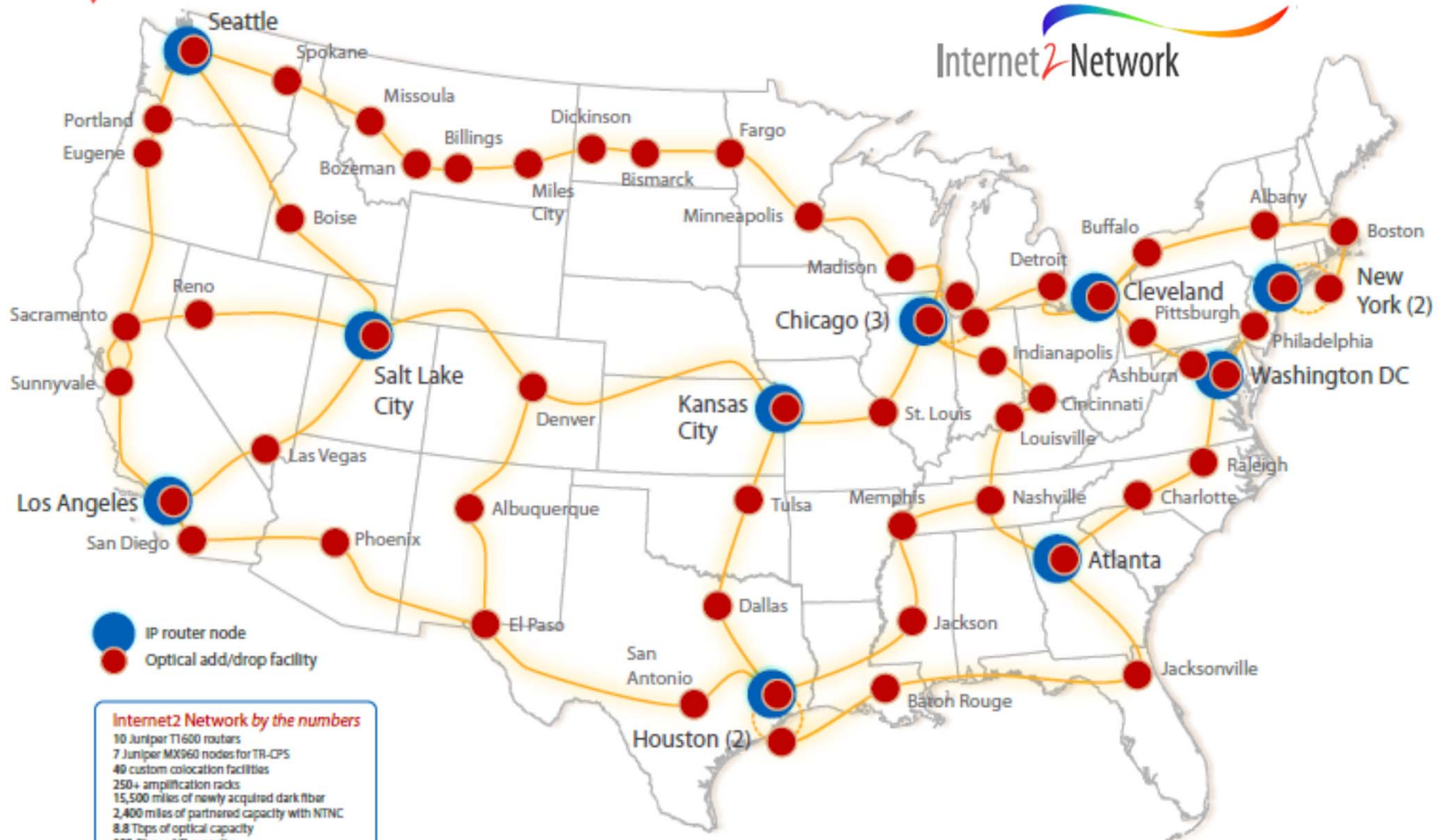


# Internet2 v USA podrobněji (2011)



## Internet2 Planned 100 Gigabit Infrastructure Topology (DRAFT)

Draft - Last updated 27 Sep 2011



# Prototyp sítě pro bezpečnou komunikaci na bázi kvantové distribuce klíčů (QKD)



Quantum Point-to-Point Protocol (Q3P)  
Projekt SECOQC – říjen 2008