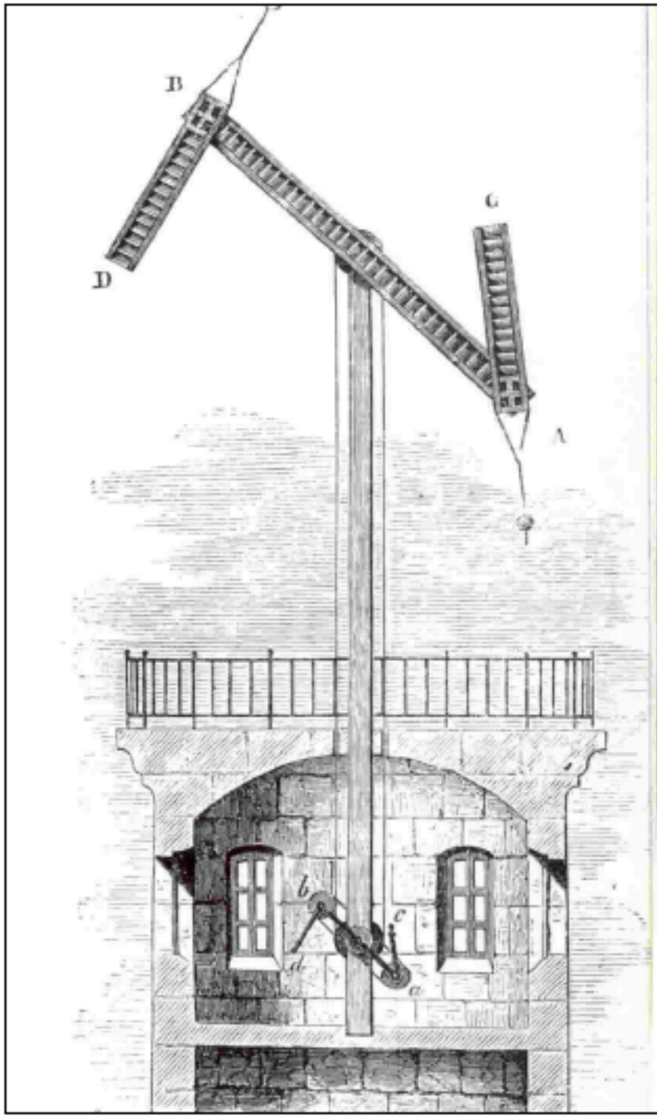
Storia della Telecomunicazioni

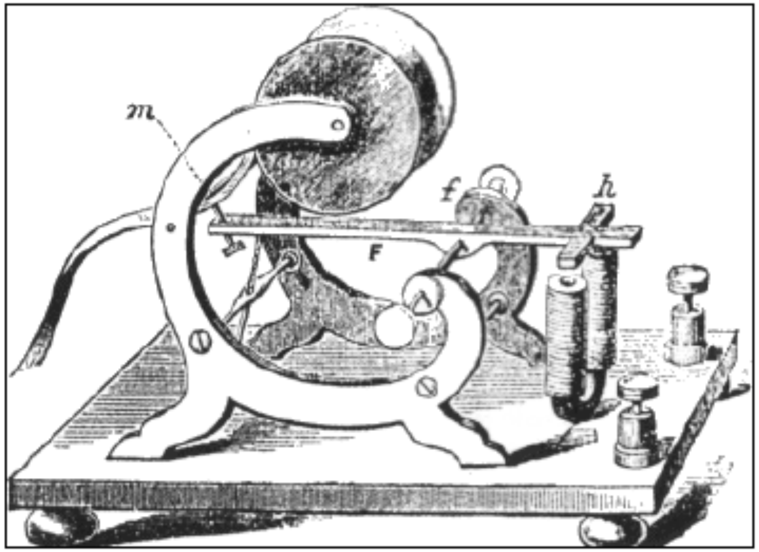


- **1793:** Collegamento di 230 km in Francia con il <u>telegrafo ottico di Chappe</u>: diverse posizioni delle pale con ripetitori ogni 5-10 km.

Le TLC nascono ottiche

Storia della Telecomunicazioni

- **1837:** telegrafo elettrico Morse tramite impulsi elettrici. Nasce un codice binario per i caratteri alfanumerici. In uso fino al 1999.



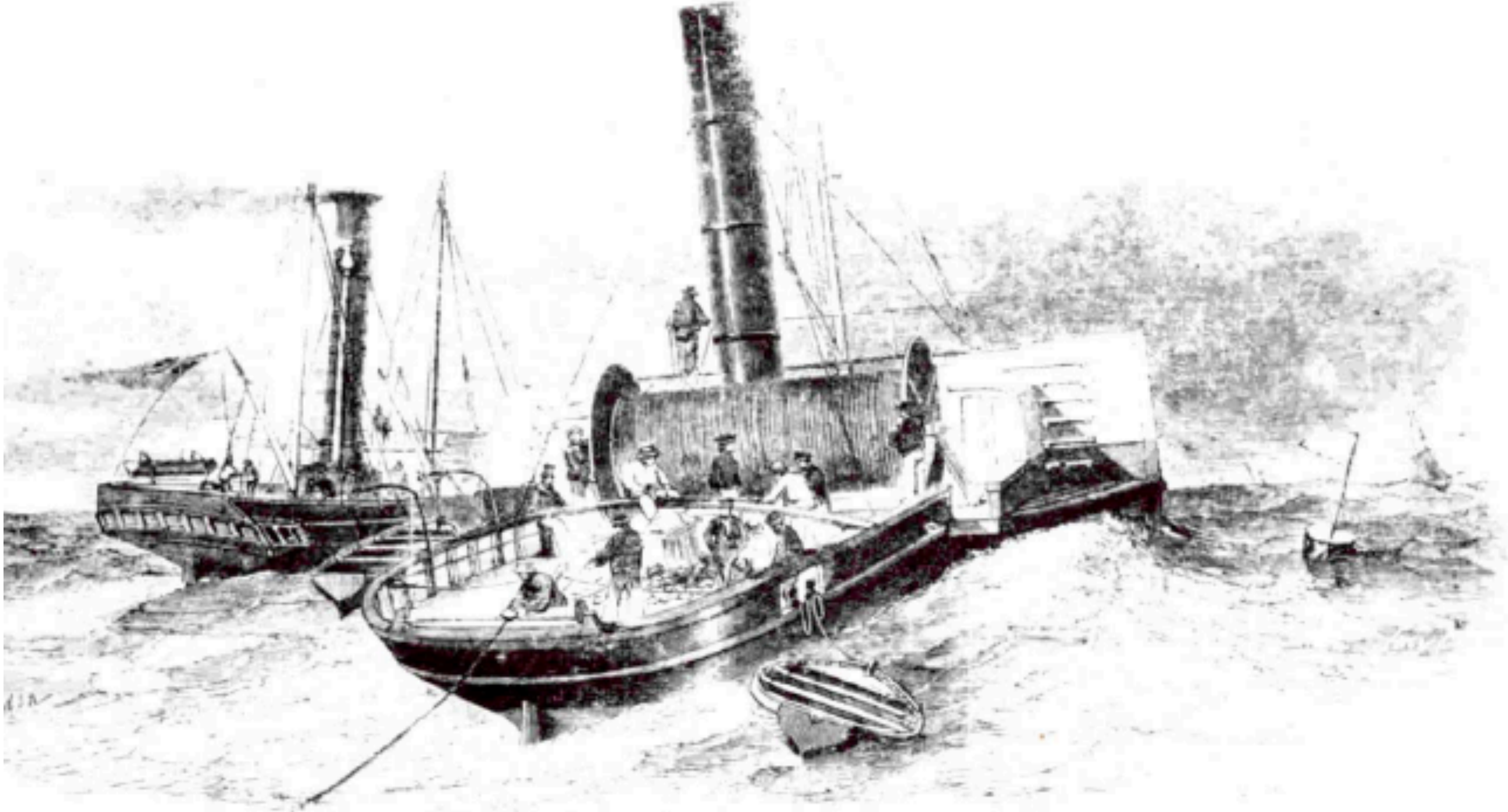
Le TLC proseguono digitali

Storia della Telecomunicazioni

- **2° metà del XIX secolo:** diffusione rapidissima della <u>rete telegrafica su cavo </u>in rame (coincide con la diffusione delle reti ferroviarie nazionali). Nel 1875 la rete USA contava 214.000 miglia di cavi.

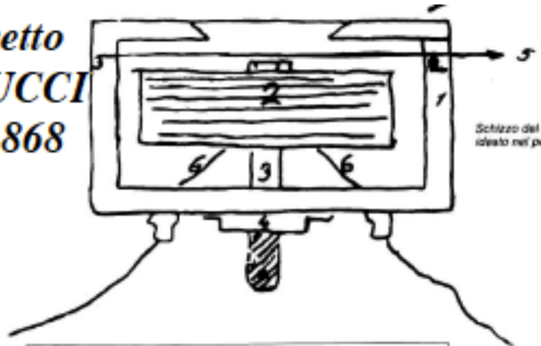
Storia della Telecomunicazioni

- **2° metà del XIX secolo:** posa sottomarina di cavi telegrafici transatlantici



Storia della Telecomunicazioni

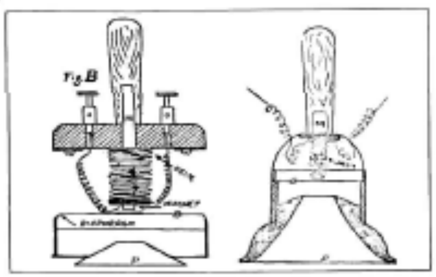
Brevetto MEUCCI del 1868



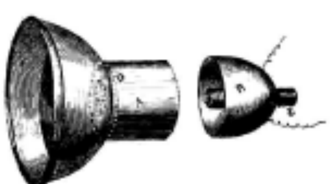
Schizzo del telefono Meucci come ideato nel periodo 1856/60.

- **1868:** <u>Meucci brevetta il telefono</u> che permette lo scambio a distanza di conversazioni vocali in tempo reale senza la mediazione di codici.

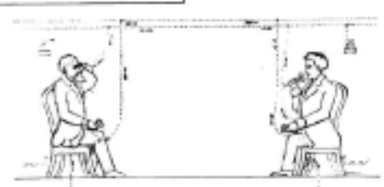
- **1876:** <u>Bell</u> brevetta il suo telefono.



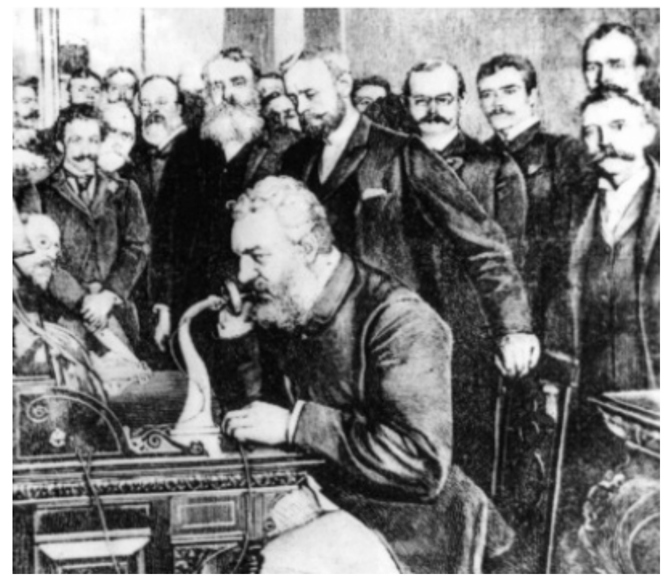
Disegni del telefono ideato da Meucci uniti alla domanda depositata all'ufficio brevetti di Washington nel 1871.



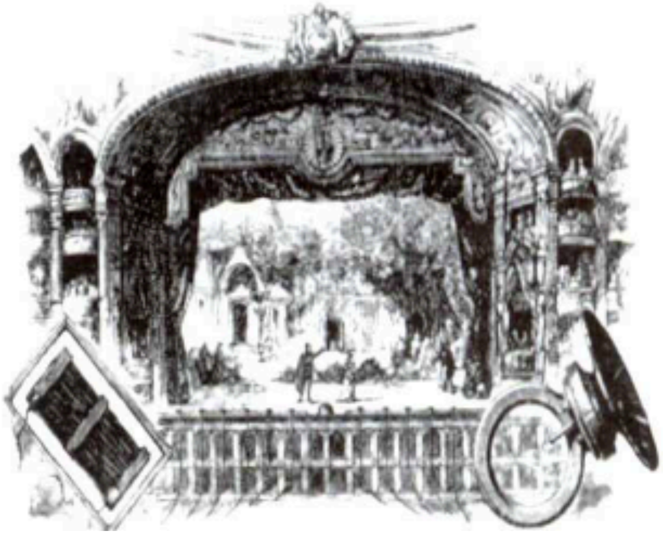
Il telefono ideato da Meucci.



Prospetto e schema della trasmissione telefonica come prevista da Meucci.

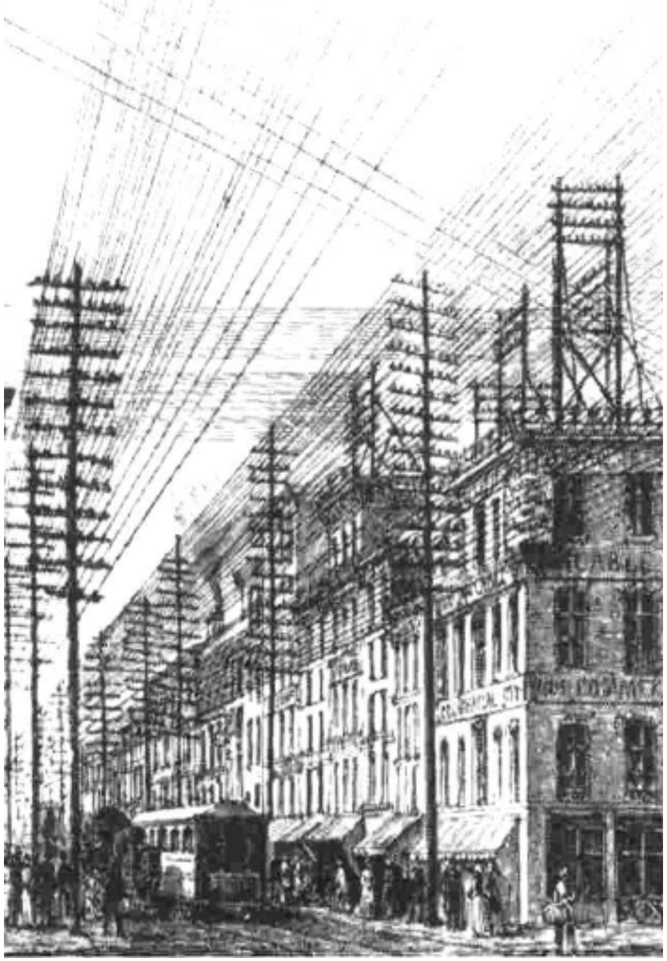


Storia della Telecomunicazioni

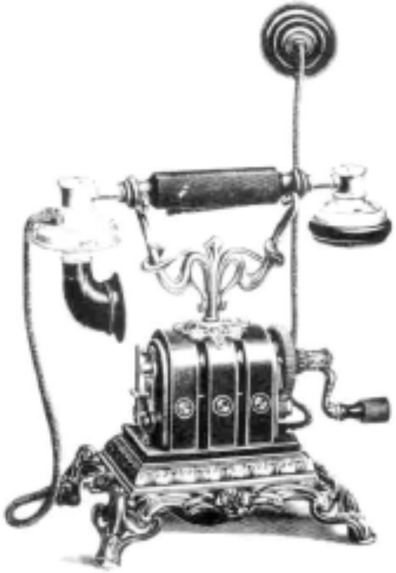


- Bell si attiva per promuovere il telefono soprattutto per “intrattenimento” (sorta di radio via cavo). L’applicazione per comunicazione interpersonale non fu preventivata nemmeno dallo stesso Bell

Storia della Telecomunicazioni



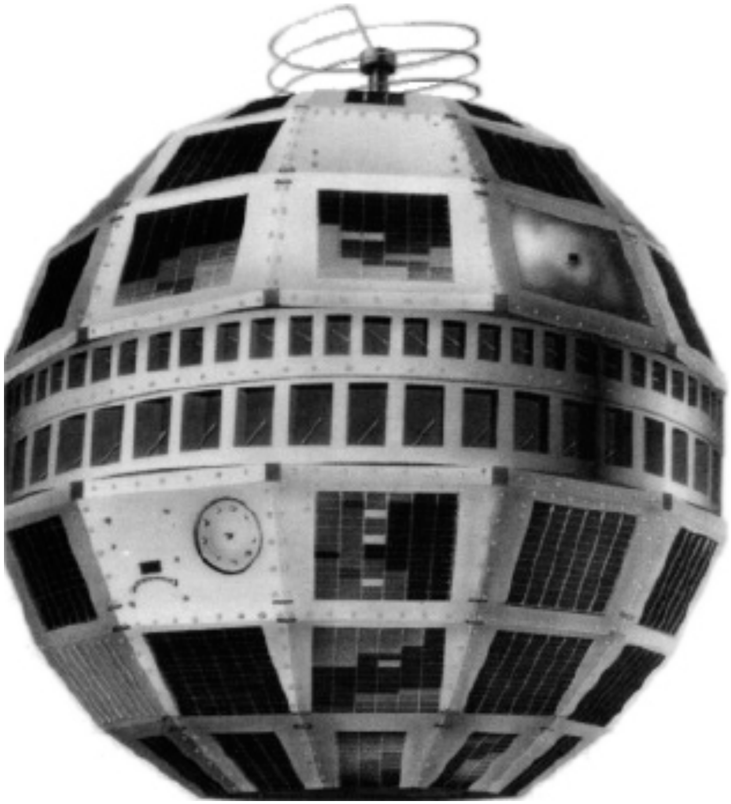
- **1871:** dopo 5 anni da prime dimostrazioni, negli USA già 123.000 apparecchi telefonici.
- **1892:** primo <u>collegamento a grande distanza</u> (New York – Chicago 1520 km) su linea aerea con cavo in bronzo su palificazione in legno.



Storia della Telecomunicazioni

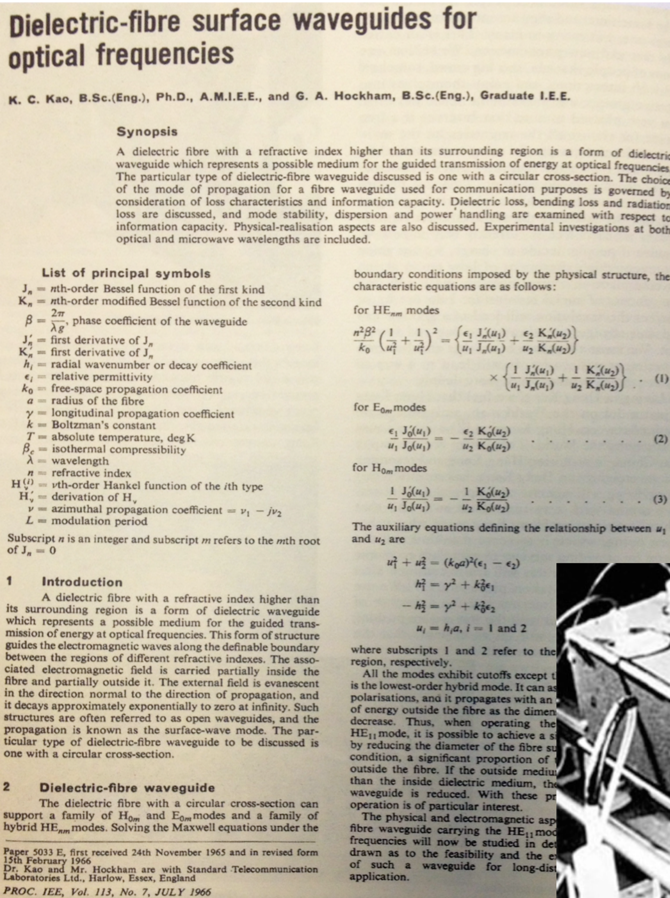
- **1895:** Marconi inventa la radio e la telegrafia "senza fili". Mettendo a frutto ricerche di Hertz, utilizza onde radio modulate per la trasmissione di suoni a distanza.
- **1901**: trasmissione attraverso l'Atlantico.
- **1922:** primo servizio regolare di trasmissioni di intrattenimento via radio nel Regno Unito.
- **1936**: la BBC inaugura il primo servizio di trasmissioni televisive pubbliche.

Storia della Telecomunicazioni



- **1962:** primo satellite di telecomunicazione. I Bell Labs lanciano il TELESTAR1, satellite per telecomunicazioni commerciali in grado di trasmettere 600 conversazioni telefoniche o un canale televisivo.

Storia della Telecomunicazioni



Dielectric-fibre surface waveguides for optical frequencies

K. C. Kao, B.Sc.(Eng.), Ph.D., A.M.I.E.E., and G. A. Hockham, B.Sc.(Eng.), Graduate I.E.E.

Synopsis

A dielectric fibre with a refractive index higher than its surrounding region is a form of dielectric waveguide which represents a possible medium for the guided transmission of energy at optical frequencies. The particular type of dielectric-fibre waveguide discussed is one with a circular cross-section. The choice of the mode of propagation for a fibre waveguide used for communication purposes is governed by consideration of loss characteristics and information capacity. Dielectric loss, bending loss and radiation loss are discussed, and mode stability, dispersion and power handling are examined with respect to information capacity. Physical-realisation aspects are also discussed. Experimental investigations at both optical and microwave wavelengths are included.

List of principal symbols

J_n = nth-order Bessel function of the first kind
K_n = nth-order modified Bessel function of the second kind
$\beta = \frac{2\pi}{\lambda g}$, phase coefficient of the waveguide
J_n' = first derivative of J_n
K_n' = first derivative of J_n
h_i = radial wavenumber or decay coefficient
ϵ_i = relative permittivity
k_0 = free-space propagation coefficient
a = radius of the fibre
γ = longitudinal propagation coefficient
k = Boltzman's constant
T = absolute temperature, deg K
β_c = isothermal compressibility
λ = wavelength
n = refractive index
$H_\nu^{(i)}$ = νth-order Hankel function of the ith type
H_ν' = derivation of H_ν
ν = azimuthal propagation coefficient $= \nu_1 - j\nu_2$
L = modulation period

Subscript n is an integer and subscript m refers to the mth root of $J_n = 0$

1 Introduction

A dielectric fibre with a refractive index higher than its surrounding region is a form of dielectric waveguide which represents a possible medium for the guided transmission of energy at optical frequencies. This form of structure guides the electromagnetic waves along the definable boundary between the regions of different refractive indexes. The associated electromagnetic field is carried partially inside the fibre and partially outside it. The external field is evanescent in the direction normal to the direction of propagation, and it decays approximately exponentially to zero at infinity. Such structures are often referred to as open waveguides, and the propagation is known as the surface-wave mode. The particular type of dielectric-fibre waveguide to be discussed is one with a circular cross-section.

2 Dielectric-fibre waveguide

The dielectric fibre with a circular cross-section can support a family of H_{0m} and E_{0m} modes and a family of hybrid HE_{nm} modes. Solving the Maxwell equations under the boundary conditions imposed by the physical structure, the characteristic equations are as follows:

for HE_{nm} modes

$$\frac{n^2\beta^2}{k_0}\left(\frac{1}{u_1^2}+\frac{1}{u_1^2}\right)^2 = \left\{\frac{\epsilon_1}{u_1}\frac{J_n'(u_1)}{J_n(u_1)} + \frac{\epsilon_2}{u_2}\frac{K_n'(u_2)}{K_n(u_2)}\right\} \times \left\{\frac{1}{u_1}\frac{J_n'(u_1)}{J_n(u_1)} + \frac{1}{u_2}\frac{K_n'(u_2)}{K_n(u_2)}\right\} \quad (1)$$

for E_{0m} modes

$$\frac{\epsilon_1}{u_1}\frac{J_0'(u_1)}{J_0(u_1)} = -\frac{\epsilon_2}{u_2}\frac{K_0'(u_2)}{K_0(u_2)} \quad (2)$$

for H_{0m} modes

$$\frac{1}{u_1}\frac{J_0'(u_1)}{J_0(u_1)} = -\frac{1}{u_2}\frac{K_0'(u_2)}{K_0(u_2)} \quad (3)$$

The auxiliary equations defining the relationship between u_1 and u_2 are

$$u_1^2 + u_2^2 = (k_0a)^2(\epsilon_1 - \epsilon_2)$$
$$h_1^2 = \gamma^2 + k_0^2\epsilon_1$$
$$-h_2^2 = \gamma^2 + k_0^2\epsilon_2$$
$$u_i = h_ia, \ i = 1 \text{ and } 2$$

where subscripts 1 and 2 refer to the
region, respectively.
All the modes exhibit cutoffs except t
is the lowest-order hybrid mode. It can as
polarisations, and it propagates with an
of energy outside the fibre as the dimen
decrease. Thus, when operating the
HE_{11} mode, it is possible to achieve a s
by reducing the diameter of the fibre su
condition, a significant proportion of
outside the fibre. If the outside mediu
than the inside dielectric medium, th
waveguide is reduced. With these pr
operation is of particular interest.
The physical and electromagnetic asp
fibre waveguide carrying the HE_{11} mod
frequencies will now be studied in det
drawn as to the feasibility and the e
of such a waveguide for long-dist
application.

Paper 5033 E, first received 24th November 1965 and in revised form 15th February 1966
Dr. Kao and Mr. Hockham are with Standard Telecommunication Laboratories Ltd., Harlow, Essex, England
PROC. IEE, Vol. 113, No. 7, JULY 1966

- **1966:** Charles Kao dimostra possibilità di sviluppare una <u>fibra ottica in vetro </u>altamente puro per il <u>trasporto della luce su lunghe distanze</u> (articolo di C. Kao).

- **1970:** fibra ottica Corning utilizzata per telecomunicazioni.

Storia della Telecomunicazioni

40 ANNI DI COMUNICAZIONI IN FIBRA OTTICA

- **1977: AT&T** invia i primi segnali di test in un collegamento in fibra a **Chicago; GTE** invia un segnale telefonico live a 6Mb/s attraverso un collegamento in fibra a **Long Beach**, California; **Bell System** manda un traffico telefonico a 45Mb/s su fibra istallata a **Chicago; British Post Office** invia un segnale telefonico in cavi interrati vicino a **Martiesham Heath.**

Optical Fiber System Trials at 8 Mbits/s and 140 Mbits/s

RONALD W. BERRY, DAVID J. BRACE, AND IVOR A. RAVENSCROFT

Atlanta Fiber System Experiment:

The Chicago Lightwave Communications Project

By M. I. SCHWARTZ, W. A. REENSTRA, J. H. MULLINS, and J. S. COOK

(Manuscript received January 25, 1978)

The Bell System installed and is evaluating an exploratory lightwave communications system in downtown Chicago. In addition to regular interoffice trunk service, the system provides a range of telecommunications services to customers in Chicago's Brunswick Building, including voice, analog data, digital data, and PICTUREPHONE® Meeting Service, a 4-MHz video service. This paper describes the transmission medium, its installation, and the system configuration, and includes some preliminary performance data.

IEEE 1007

Optical Transmission for Interoffice Trunks

E. E. BASCH, MEMBER, IEEE, RICHARD A. BEAUDETTE, MEMBER, IEEE, AND HOWARD A. CARNES

Suffolk, England.

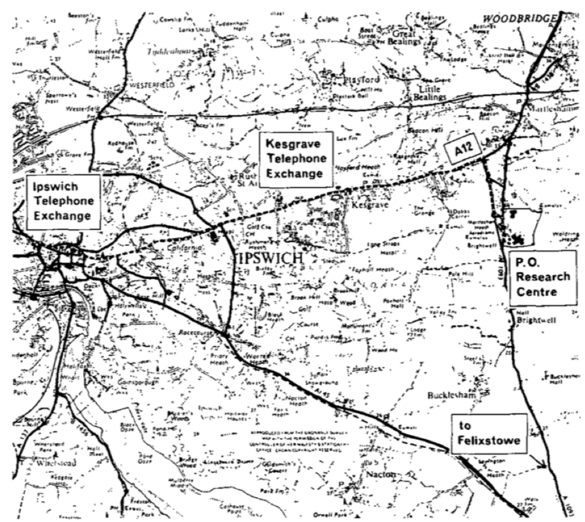
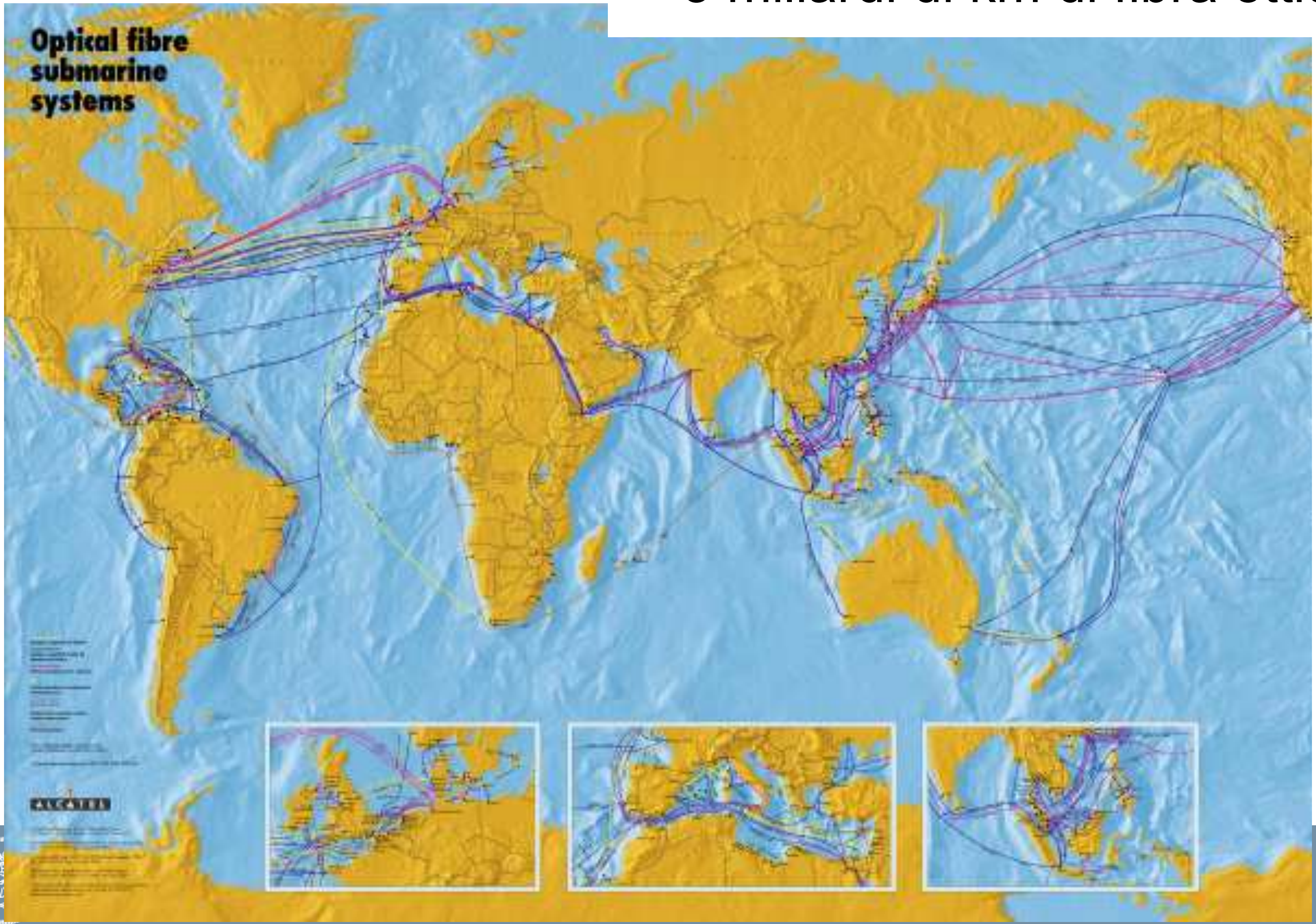


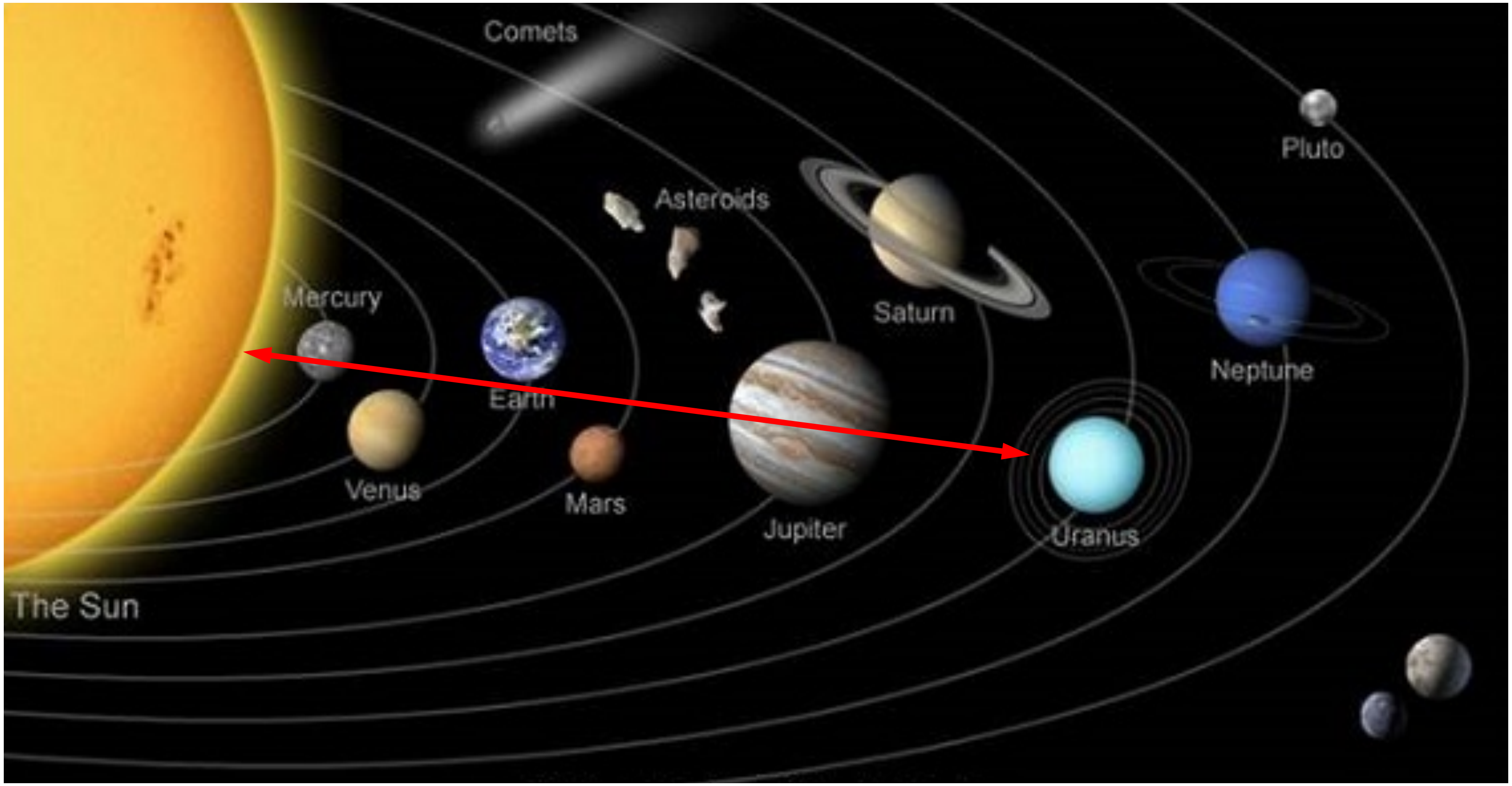
Figure 1 13 km Martlesham Heath–Ipswich cable route.

Storia della Telecomunicazioni

- **Oggi:** istallati nel mondo + di 3 miliardi di km di fibra ottica



Storia della Telecomunicazioni

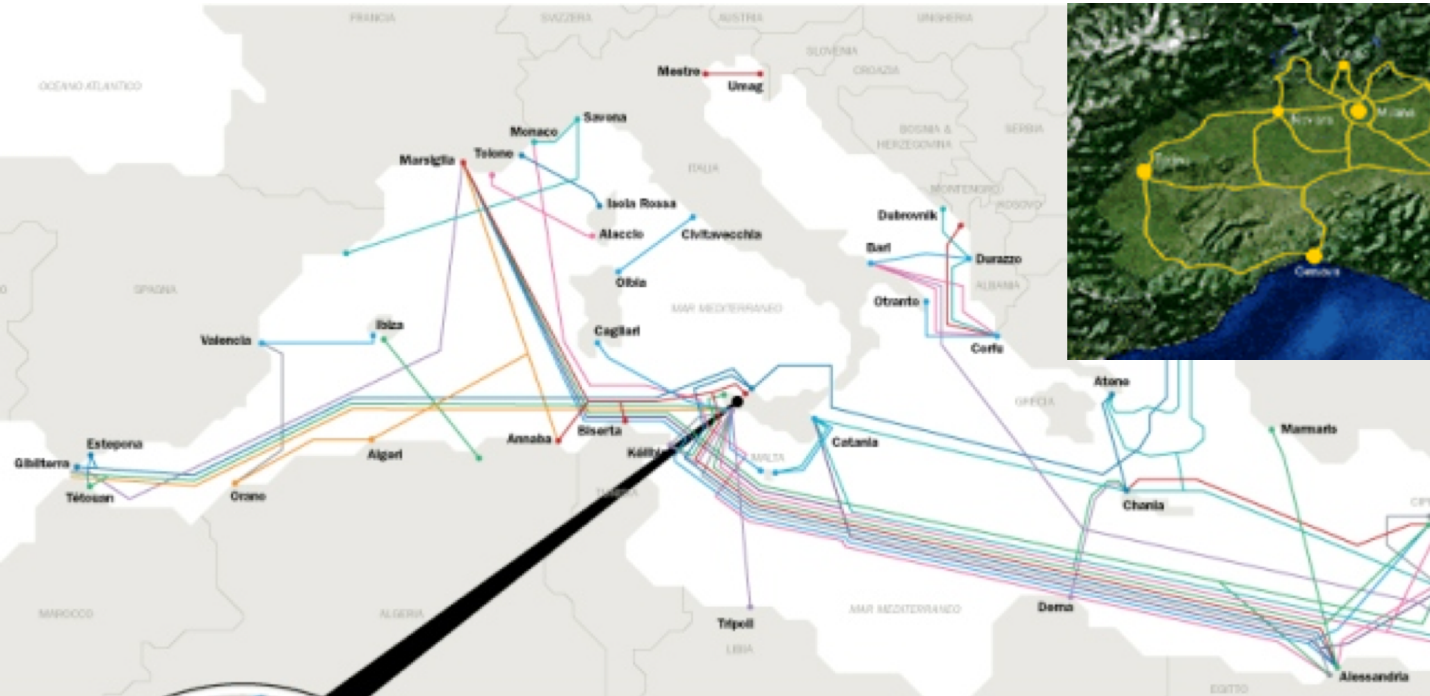


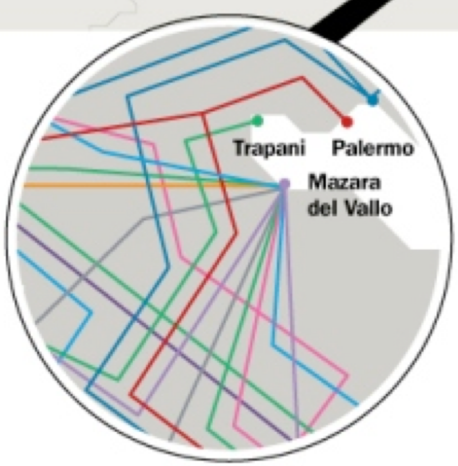
- Crescita della quantità di fibra nel mondo: +17% all'anno
- 2015: **3 milardi di km** ➡ 76.000 volte la circonferenza terrestre

⬇

distanza tra il Sole e Urano

Storia della Telecomunicazioni



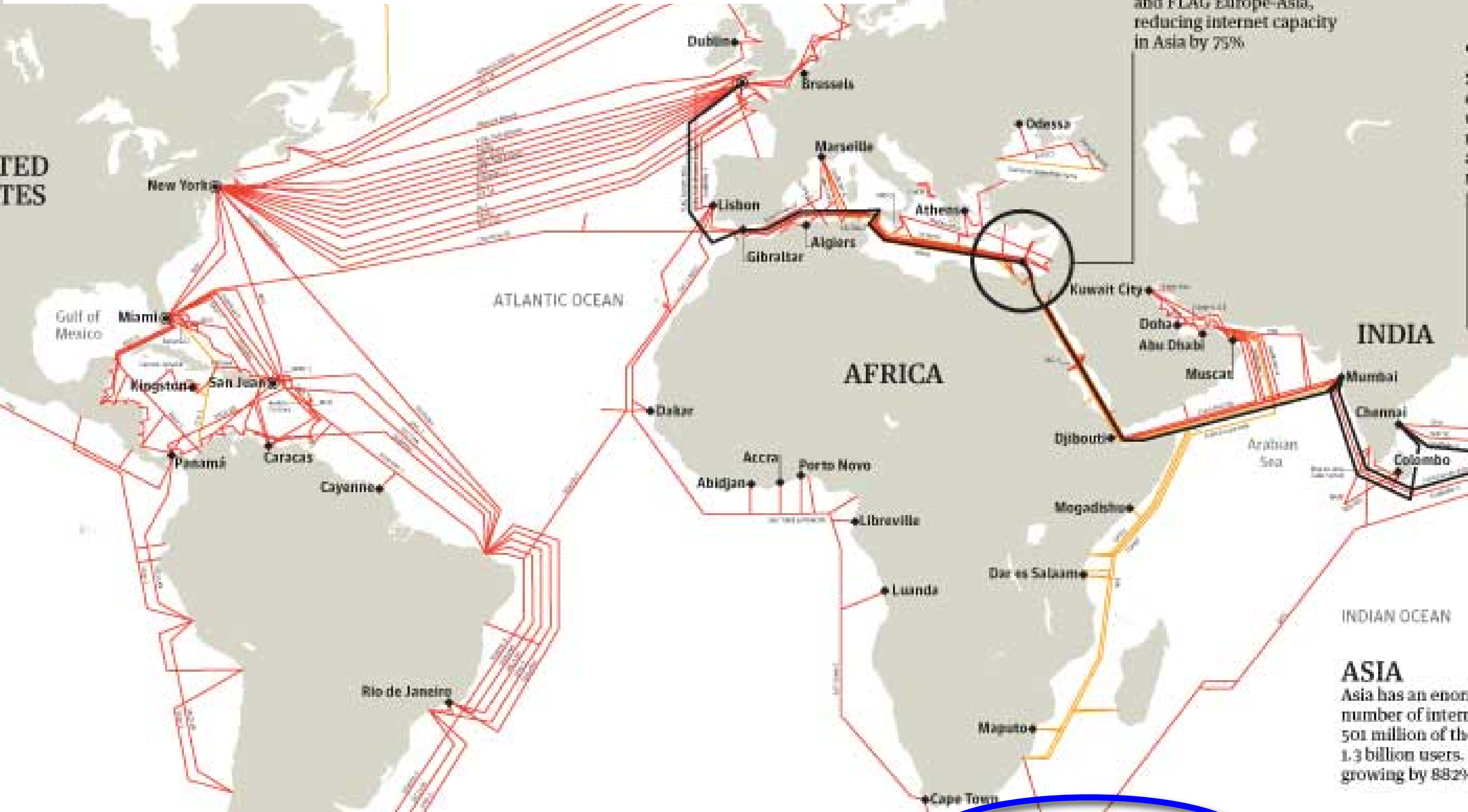


Da e per la Sicilia

Italy-Libia	Mazara del Vallo-Tripoli
GO-1 Mediterranean Cable S.	M. del Vallo - Malta
Lev Submarine System	M. del Vallo - Tel Aviv - Cipro
SeaMeWe-3	M. del Vallo (e molti altri)
HANNIBAL System	M. del Vallo - Kelibia (Tunisia)
MENA	M. del Vallo (e molti altri)
Didon	M. del Vallo - Kelibia (Tunisia)
Columbus-III	M. del Vallo (e molti altri)
Janna	M. del Vallo/Olbia/Ca/ C.Vecchia
SeaMeWe-4	Palermo (e molti altri)
FLAG Europe-Asia	Palermo (e molti altri)
Trapani Kelibia	Trapani- Kelibia
IMEWE	Catania (e altri)
Italy - Malta	Catania - Malta
MedNautilus Submarine System	Catania (e altri)
SeaMeWe-5	Catania (e altri)
Vodafone Malta-Sicily Cable S.	Catania- Malta
Melita	Pozzallo - Malta

La cablatura di MILANO

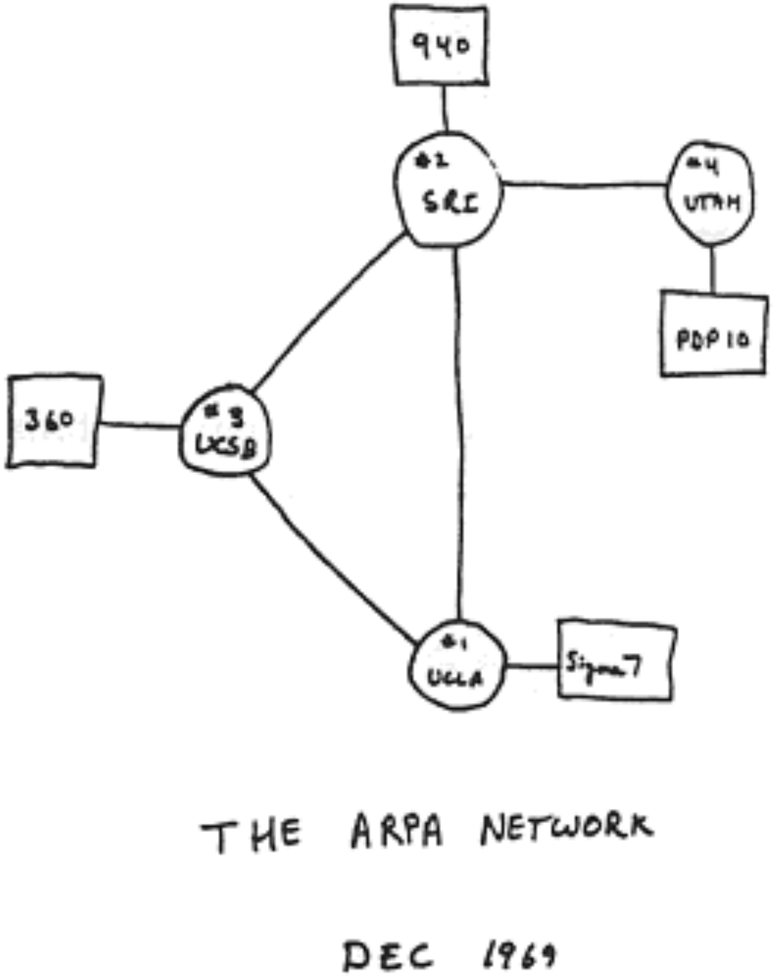
Failure Happens: Transcontinental fiber-optic submarine cables



> *According to reports, the internet blackout, which has left 75 million people with only limited access, was caused by a ship that tried to moor off the coast of Egypt in bad weather on Wednesday. Since then phone and internet traffic has been severely reduced across a huge swath of the region, slashed by as much as 70% in countries including India, Egypt and Dubai. [...]*

Breve storia di Internet

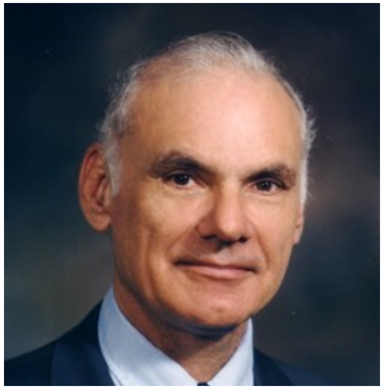
50 ANNI DI INTERNET



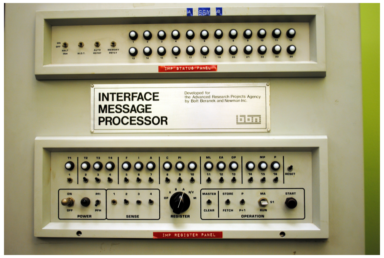
Storia di Internet: anni ‘60

- **1961:** Kleinrock – dimostra l’efficacia della commutazione di pacchetto grazie alla teoria delle code

- **1967:** Lawrence Roberts progetta ARPAnet (Advanced Research Projects Agency)

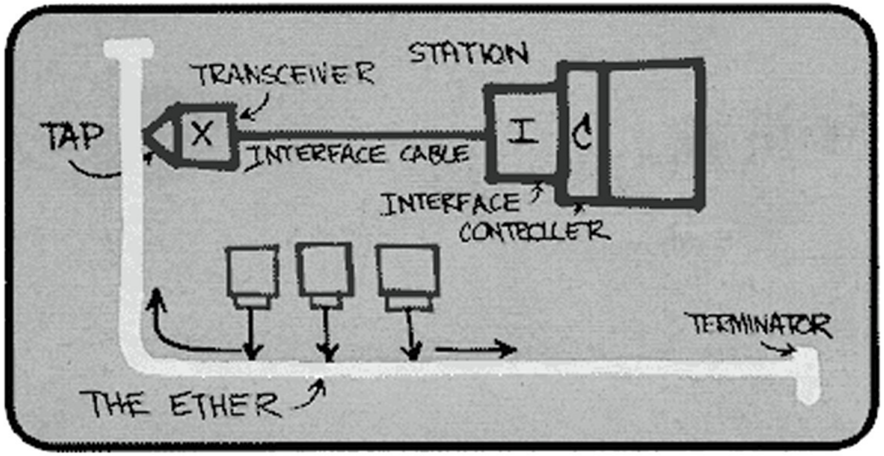


- **1969:** primo nodo di IMP (Interface Message Processor) di ARPAnet a UCLA



Storia di Internet: anni ‘70

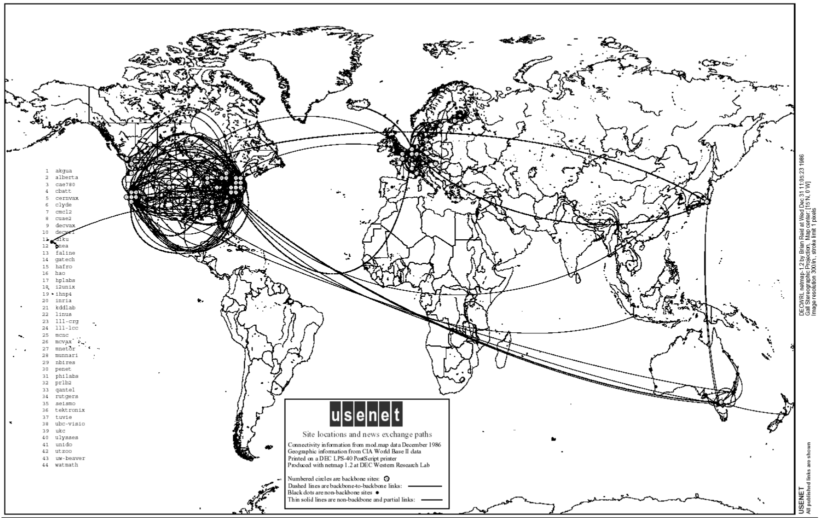
- **1972:**
  - Nasce NCP (Network Control Protocol) il primo protocollo di Internet
  - Primo programma per la posta elettronica
  - ARPAnet ha 15 nodi
- **1970:**
  - ALOHAnet rete radio a pacchetti al Univ. of Hawaii
- **1974:**
  - Cerf and Kahn – definiscono i principi dell’internetworking (rete di reti)
- **1976:**
  - Nasce Ethernet nei laboratori di Xerox
- **1979:**
  - ARPAnet ha 200 nodi



Storia di Internet: anni ‘80

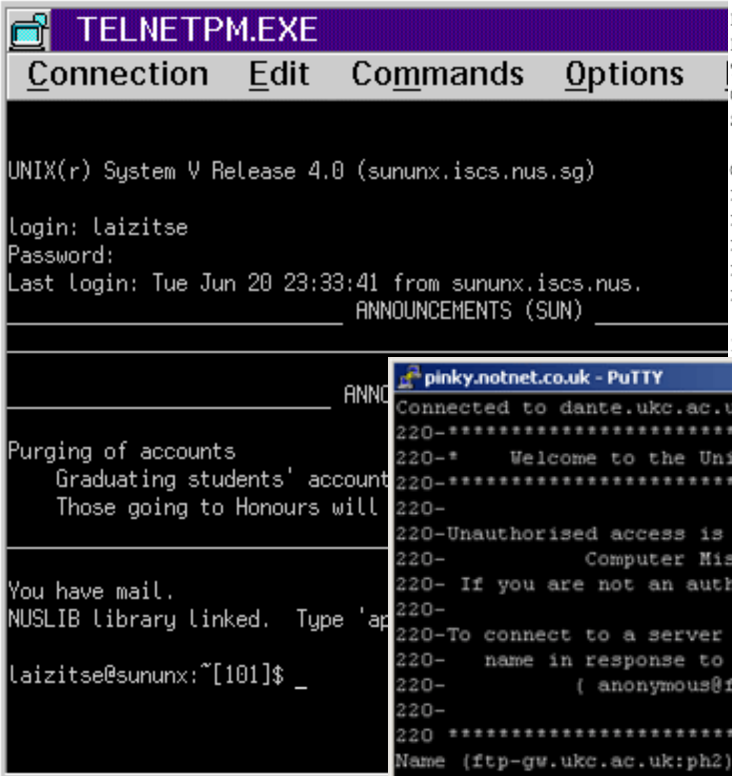
- **1982:** definizione del protocollo SMTP per la posta elettronica
- **1983:** <u>rilascio di TCP/IP che sostituisce NCP</u>
- **1983:** definizione del DNS per la traduzione degli indirizzi IP
- **1985:** definizione del protocollo FTP
- **1988:** controllo della congestione TCP

- **Nuove reti nazionali: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel**
- **100.000 host collegati**

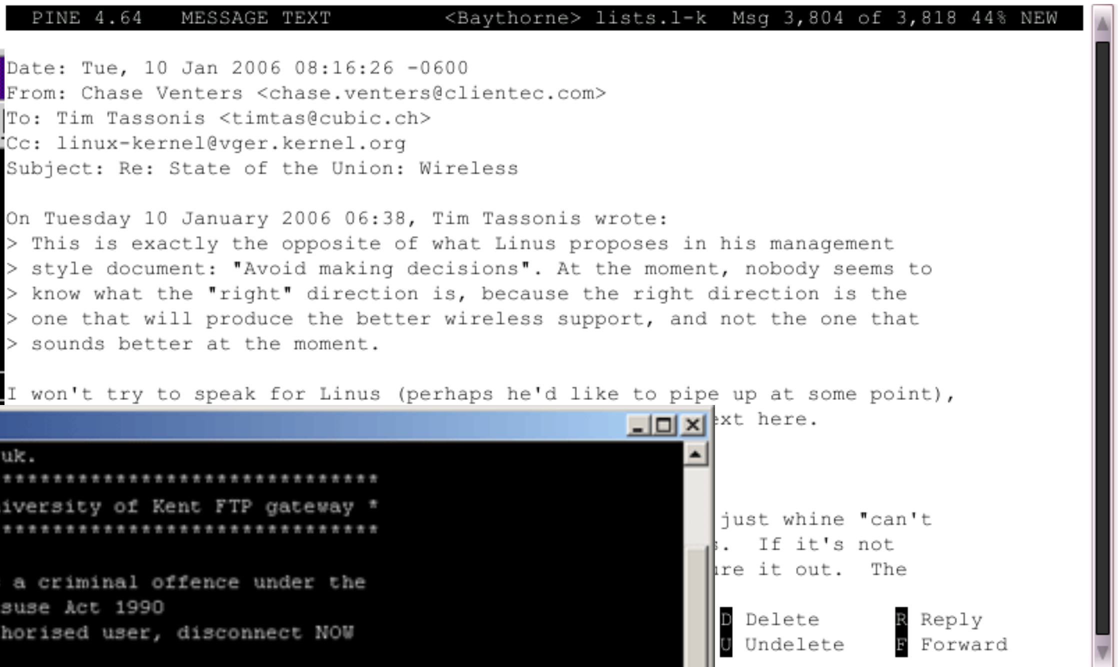


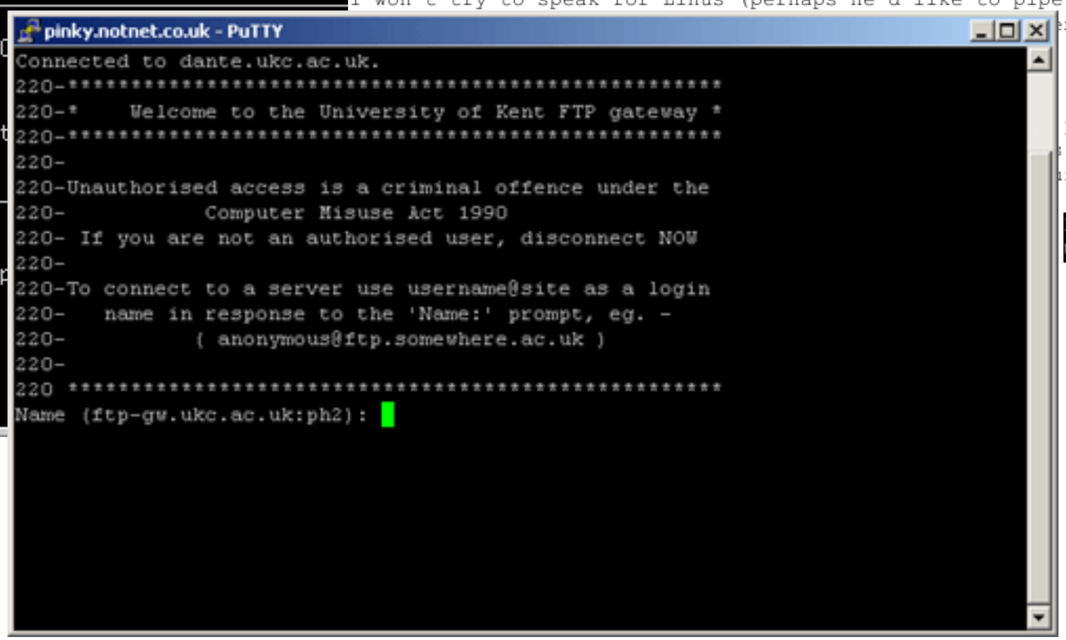
Storia di Internet: Le prime applicazioni

Telnet



Email

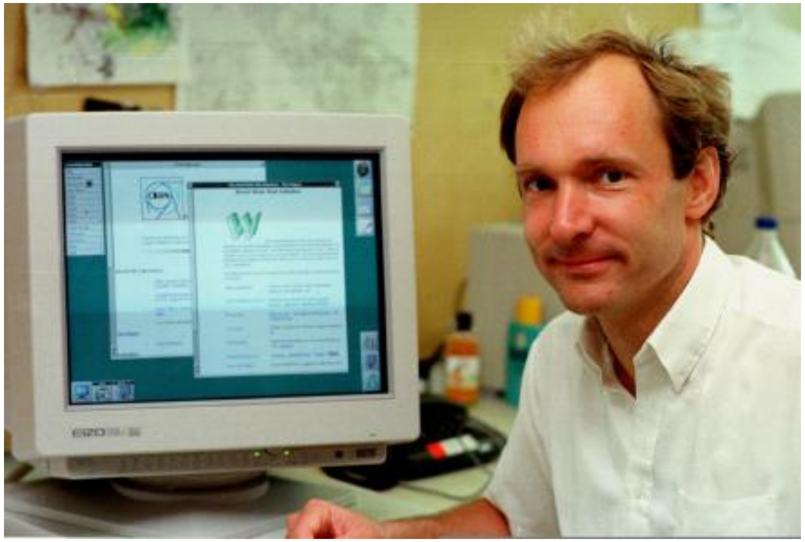


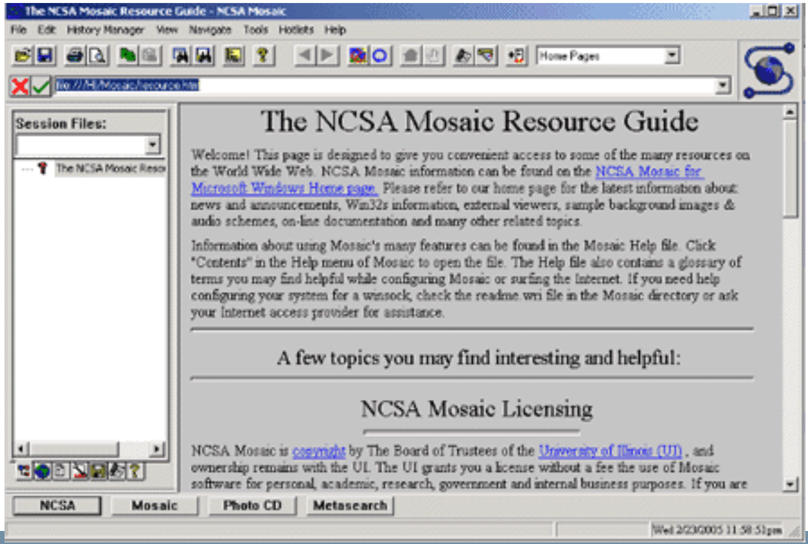


FTP

Storia di Internet: anni ‘90

- **1990:** ARPAnet viene dismessa
- **1991:** NSF lascia decadere le restrizioni sull’uso commerciale di NSFnet
- **Primi anni ‘90:** Tim Berners-Lee inventa il web al Cern di Ginevra
- **1994:** Mosaic, poi Netscape
- **Fine ‘90 :** commercializzazione del Web

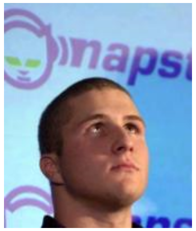




Storia di Internet: anni ‘00

2000 – 2009:

- Arrivano le “killer applications”: messaggistica istantanea, condivisione di file P2P, IP Telephony, social networks
- La sicurezza di rete diventa un problema
- Centinaia di milioni di host, un miliardo di utenti
- Velocità nelle dorsali dell’ordine dei Gbps



Shawn Fanning

Diffie-Hellman-Merkle

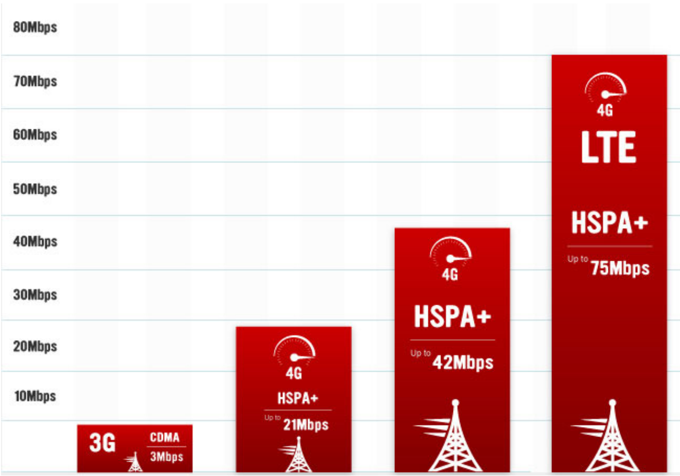
Zuckerberg

Larry Page e Sergey Brin

Storia di Internet: anni ‘10

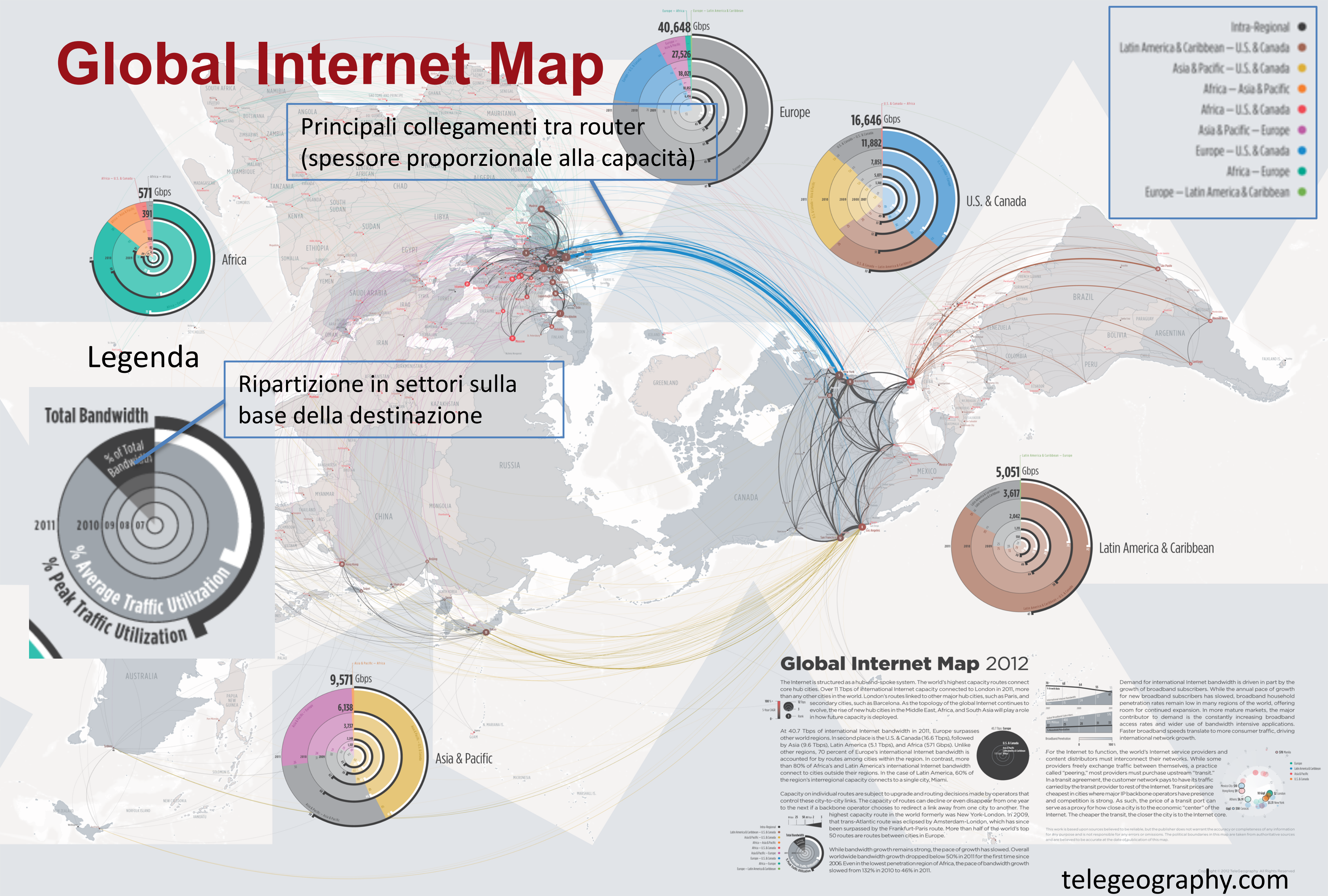
2010 – oggi:

- Esplosione della <u>*Mobile Internet*</u>
- Arrivano gli <u>smart-phone</u>
- La telefonia si trasferisce definitivamente su Internet
- I contenuti video diventano il traffico predominante sulla rete



NETFLIX

Global Internet Map



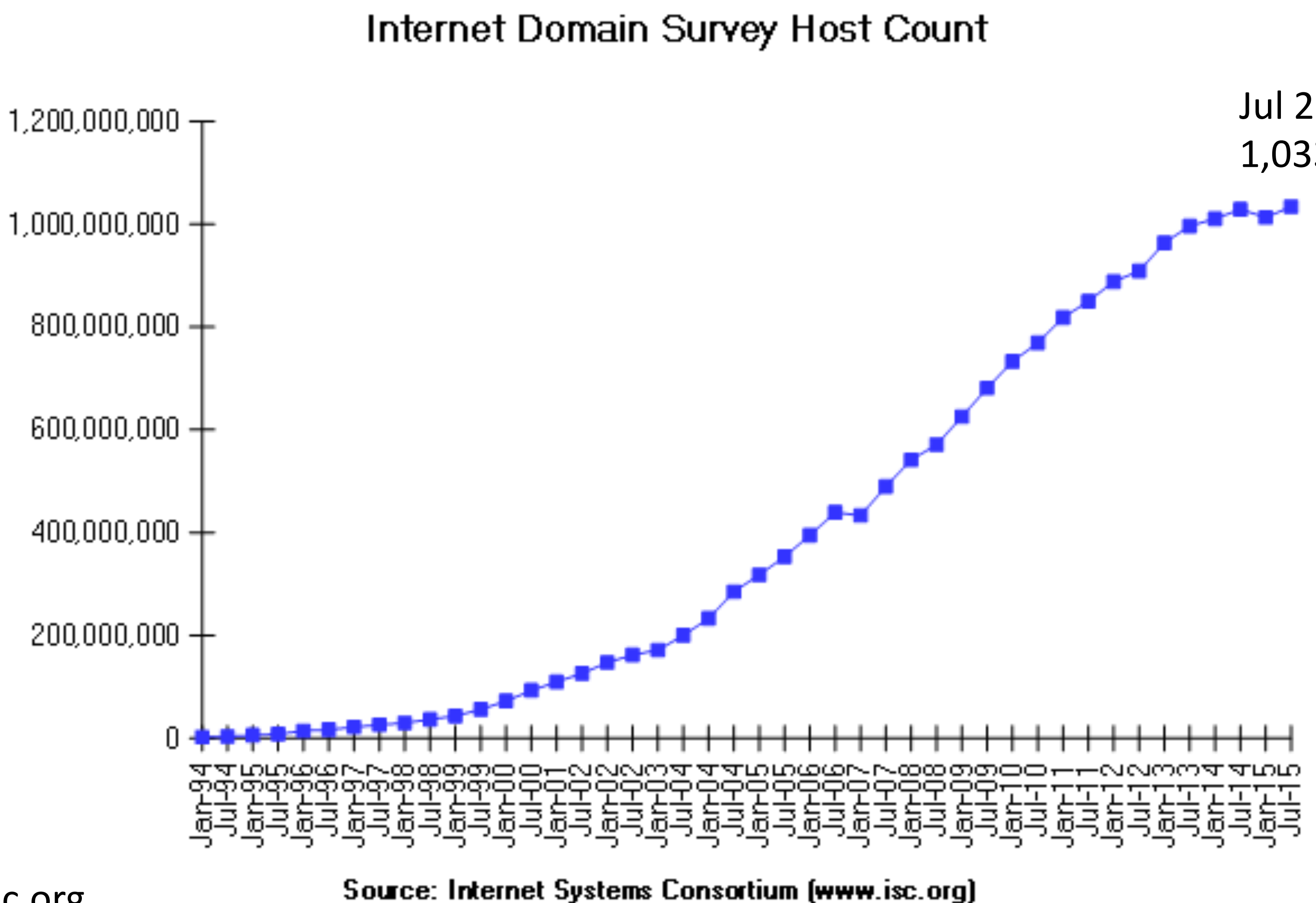
Principali collegamenti tra router (spessore proporzionale alla capacità)

Legenda

Ripartizione in settori sulla base della destinazione

telegeography.com

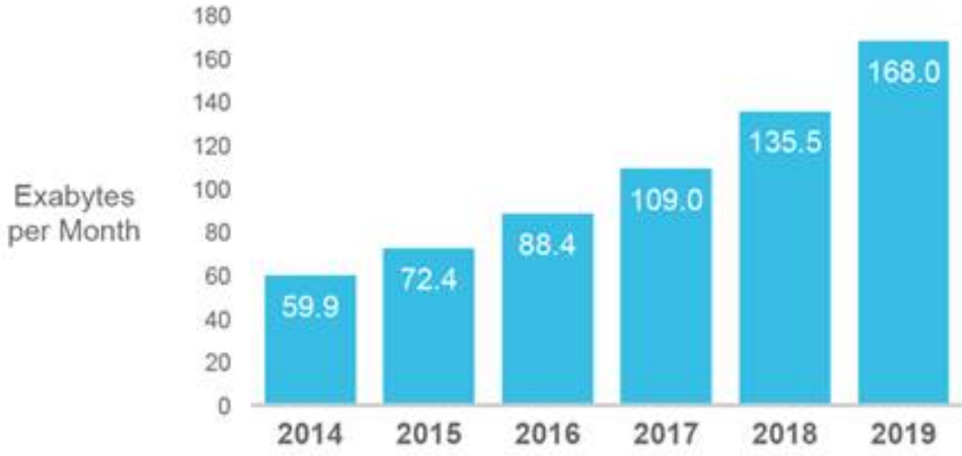
La crescita di Internet



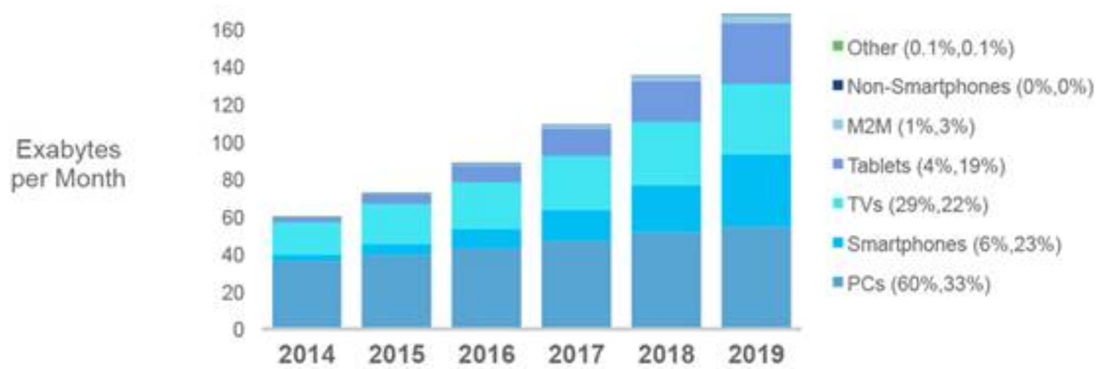
Jul 2015
1,033,836,245

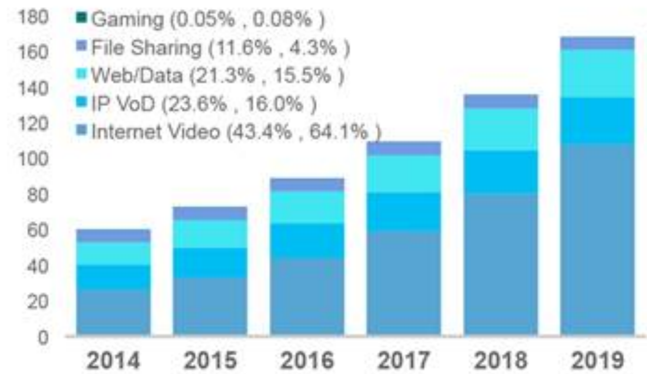
isc.org

Il traffico di Internet



(exa=10^{18})





CISCO VNI (2015)

Data *Equivalent*

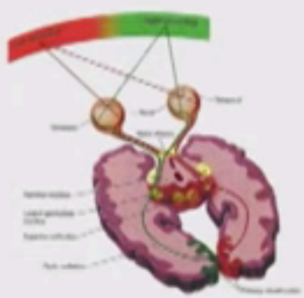
How much is that?

1 Petabyte *10^{15} bytes* or 200,000 DVDs

20 Petabytes digital library of all books written in all languages **25 Petabytes:** data processed by Google per day

1 Exabyte *10^{18} bytes* or 200 million DVDs

5 Exabytes: transcript of 'all words ever spoken'
300 Exabytes: all hard drives sold by Seagate in 2011 or all data stored in the world by 2007
500 Exabytes: content of Internet in 2009



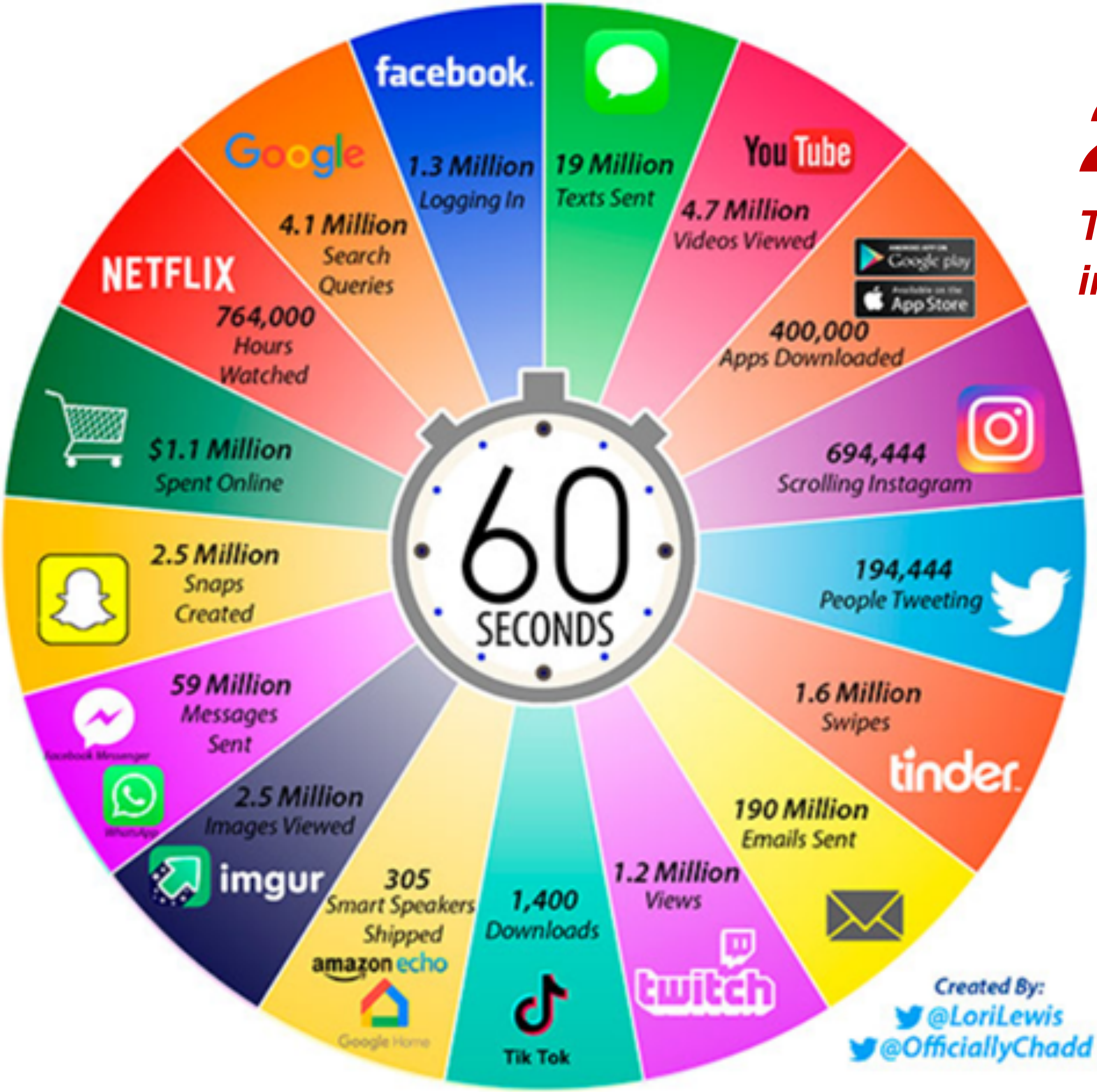
No storage system has achieved 1 Zettabyte yet!!

1 Zettabyte *10^{21} bytes*

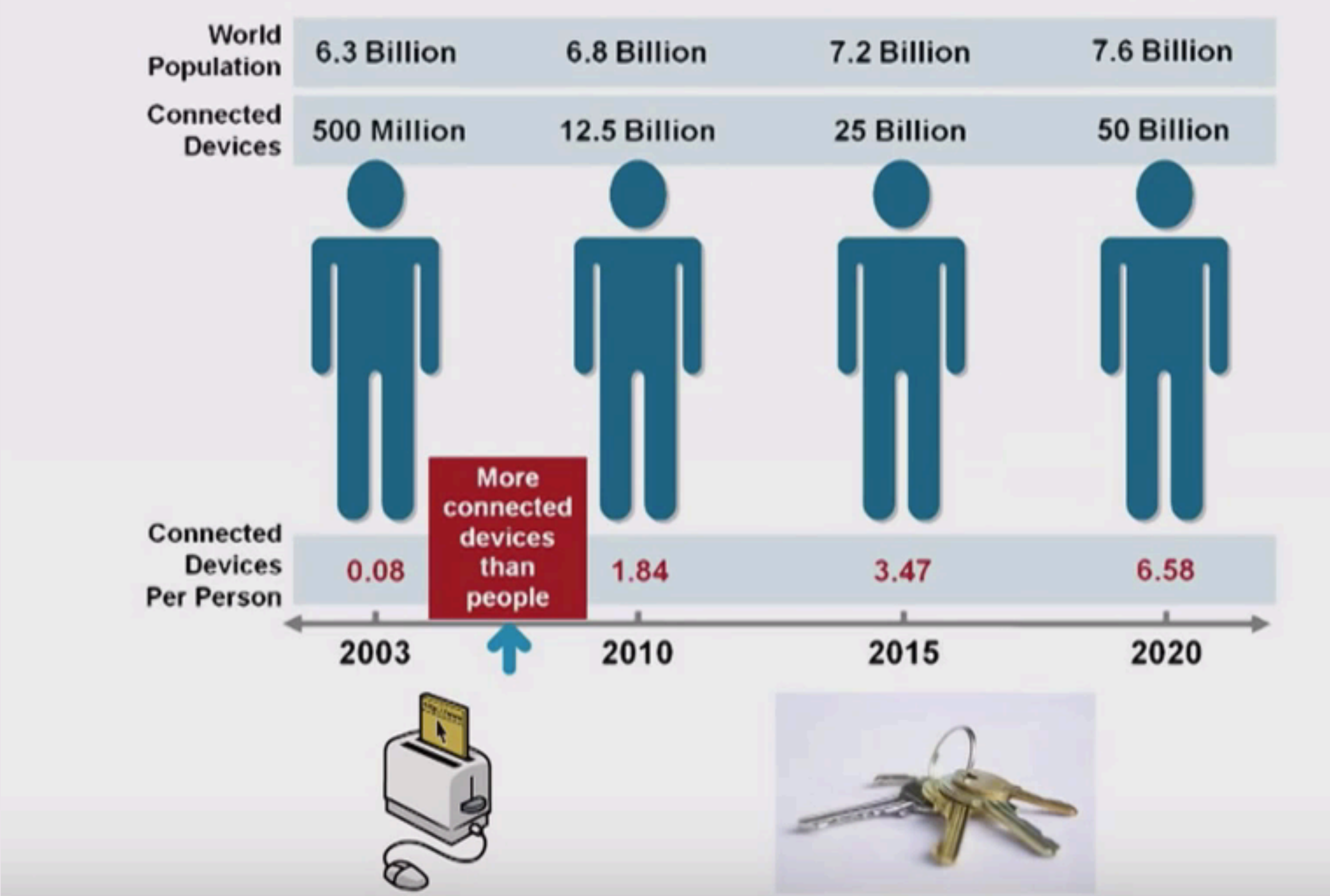
66 Zettabytes: visual information from eyes to brain of entire human race/year

2020

This is What Happens in An INTERNET Minute

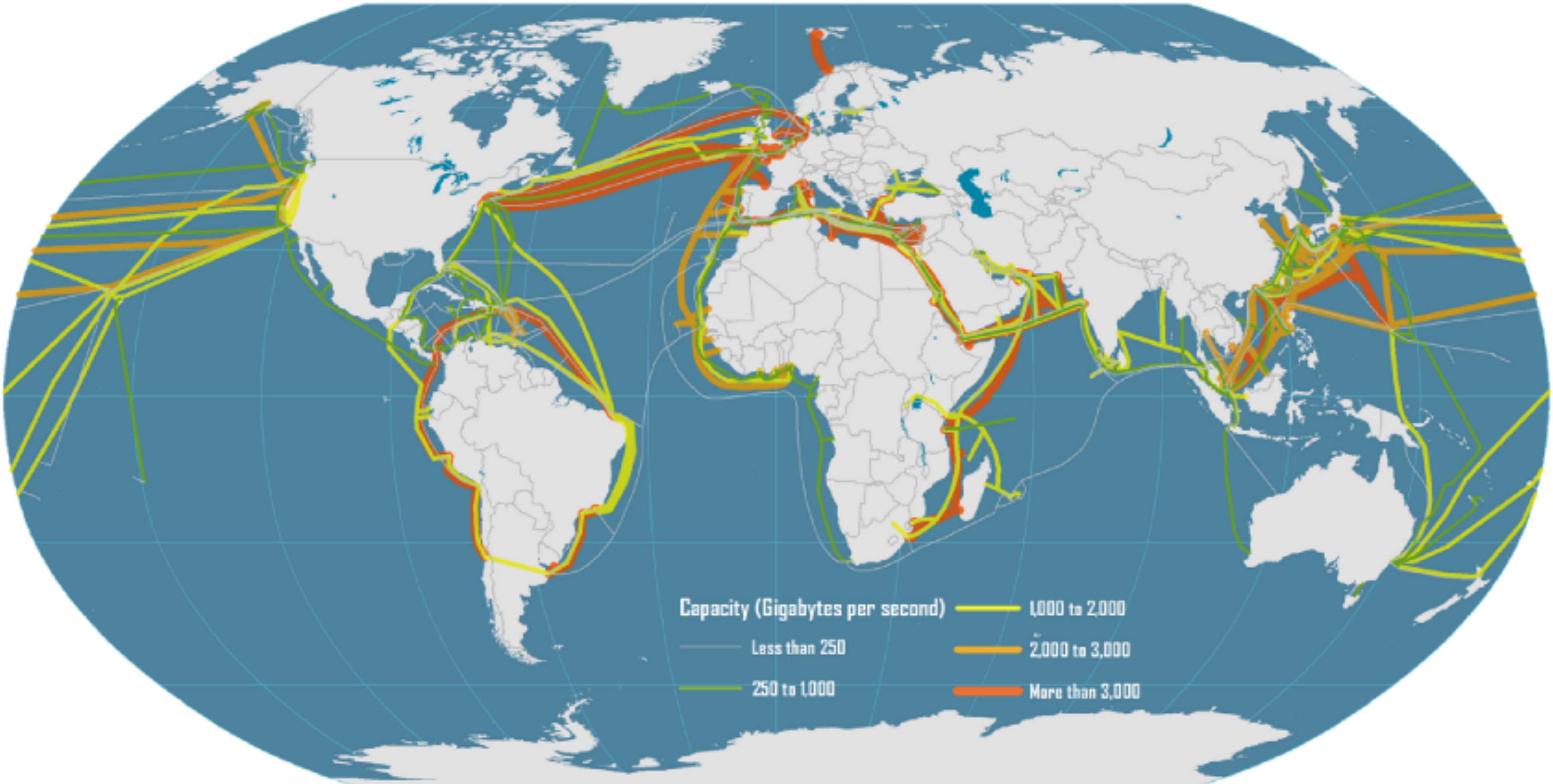


IoT: INTERNET of THINGS

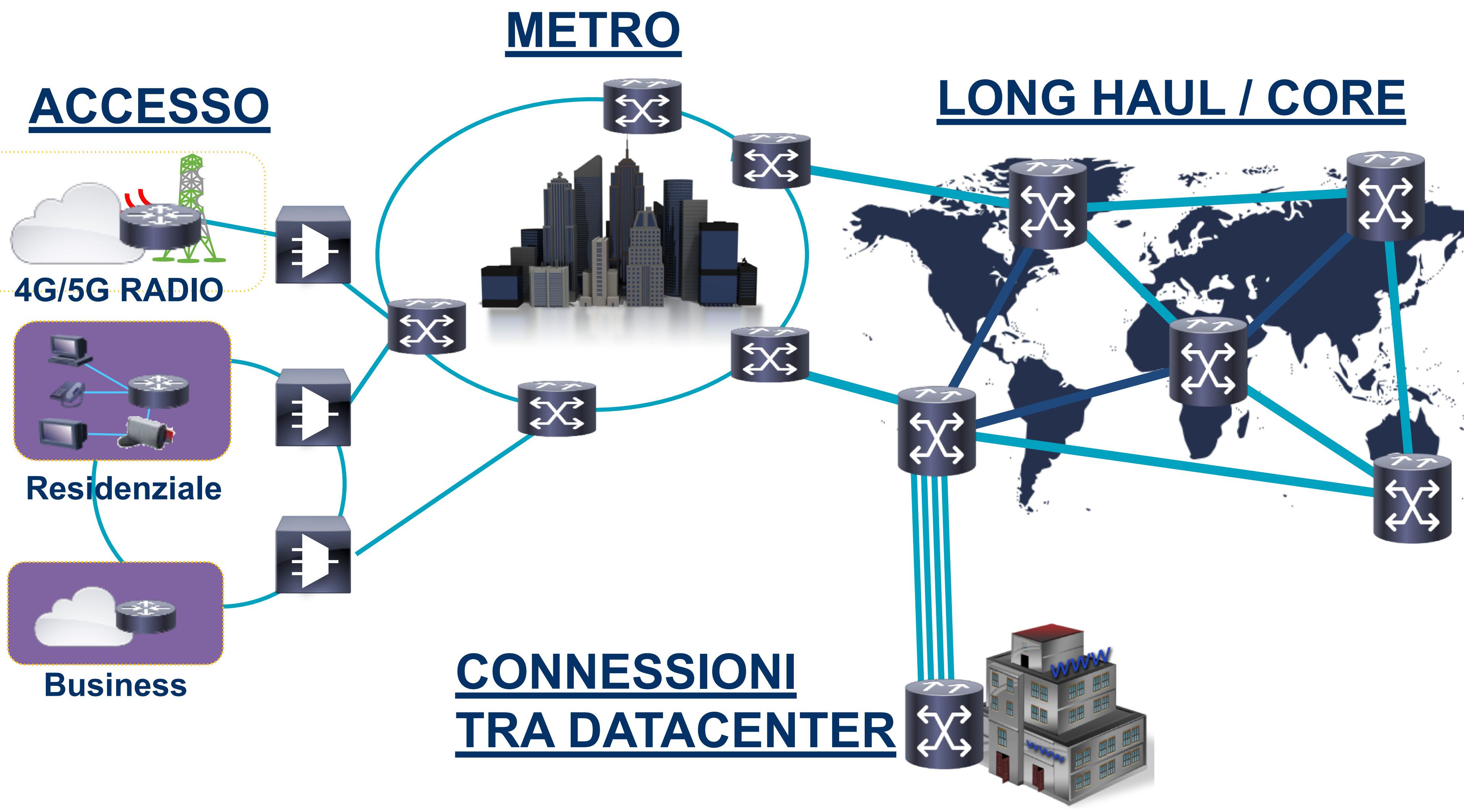


Internet è nel ~~CLOUD~~ MARE

99% del traffico internazionale passa **attraverso cavi in fibra ottica di tipo sottomarino**



Reti in fibra ottica



Programma del corso

1. **INTRODUZIONE E ARCHITETTURE**
   – Principi generali, architettura e componenti, meccanismi di base

2. **SISTEMI DI COMUNICAZIONE**
   – Misura delle prestazioni di una rete: il concetto di *throughput*, i ritardi nelle reti di telecomunicazioni (tempo di trasmissione, ritardo di trasferimento, tempo di processing, tempo di accodamento)

3. **MODELLI FUNZIONALI**
   – Gestione della comunicazione in rete: modelli architetturali a strati, commutazione di pacchetto e commutazione di circuito

Programma del corso

4. **IL LIVELLO FISICO**
   - Banda del segnale, campionamento, quantizzazione e modulazione
   - Trasmissione in banda base e in banda traslata, dispersione e attenuazione del mezzo trasmissivo, capacità di canale
   - Mezzi trasmissivi guidanti (doppino, cavo coassiale, fibra ottica) e trasmissione wireless

5. **IL LIVELLO APPLICATIVO E I SUOI PROTOCOLLI**
   - architetture delle applicazioni di rete: approccio *client-server* (HTTP) ed approccio *peer-to-peer* (Gnutella, BitTorrent)

5. **IL LIVELLO DI TRASPORTO**
   - Trasporto non affidabile: il protocollo UDP
   - Trasporto affidabile: il protocollo TCP

Programma del corso

6. **IL LIVELLO DI RETE:**
   - *Internet Protocol* (IP): servizi offerti da IP, formato dei pacchetti
   - Gestione di indirizzi IP

7. **INOLTRO ED INSTRADAMENTO IN INTERNET:**
   - Inoltro diretto ed indiretto, uso delle tabelle di *routing*

8. **RETI LOCALI E LIVELLO DI LINEA:**
   - Ethernet, Accesso multiplo

Programma del corso

LABORATORIO:

- Messa a punto di un vero sistema di trasmissione in fibra ottica ad elevata capacità
- Interfacciamento del sistema con la rete Internet per la generazione dei segnali in ingresso e l'acquisizione ed elaborazione dei segnali ricevuti
- Configurazione della rete e della strumentazione connessa alla rete
- Prove sperimentali di funzionamento del sistema di comunicazione in rete