



POLITECNICO
MILANO 1863

Fondamenti di TELECOMUNICAZIONI

Prof. Marco Mezzavilla



POLITECNICO
MILANO 1863

Lezione 1 - Introduzione

INDICE

1. INTRODUZIONE

1. Informazioni

- Docente, materiale didattico, WeBeep, orario, esame

2. Telecomunicazioni oggi

- Applicazioni, obiettivi del corso

3. Storia delle telecomunicazioni

- Il telegrafo, la radio, la fibra, internet, mobile internet

4. Programma del corso

- Argomenti, laboratorio

INFORMAZIONI

01

Docente

□ Prof. MARCO MEZZAVILLA

□ Ufficio:

□ Dip. Elettronica, Informazione e Bioingegneria (DEIB)

□ Ed. 20, 3° piano, ufficio 304

□ Tel: (02 2399) 9098

□ E-mail: marco.mezzavilla@polimi.it

□ Orario di ricevimento:

□ Mercoledì 10.00-12.00

□ Collaboratore per esercitazioni e laboratorio:

□ Ing. Alessandro Gagliano (alessandro.gagliano@polimi.it)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

NEC Qualcomm

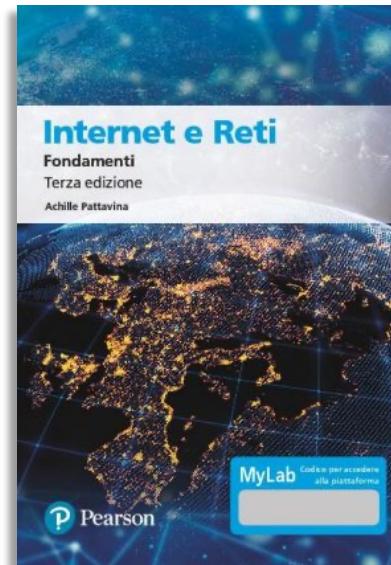
 **NYU** | TANDON SCHOOL
OF ENGINEERING

pi-radio

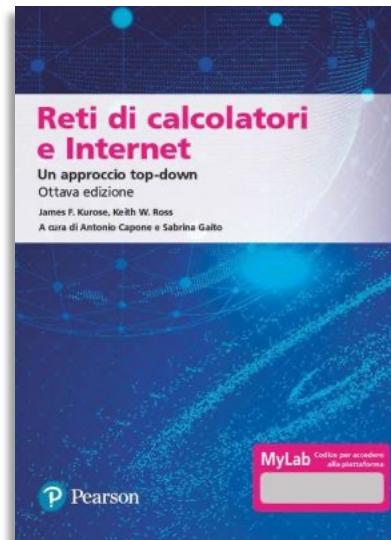


Materiale didattico

- Achille Pattavina, *Internet e Reti – Fondamenti*, Terza edizione (2022), Pearson Ed.



- James F. Kurose, Keith W. Ross, *Reti di calcolatori e Internet – Un approccio top-down*, Ottava edizione (2021), Pearson Ed.



Materiale didattico

- ❑ Slides delle lezioni
- ❑ Eserciziario organizzato in capitoli secondo gli argomenti
- ❑ Appunti relativi alle esercitazioni
- ❑ Altro materiale di supporto (esempi temi d'esame)

Tutto il materiale sarà disponibile sul sito [WeBeep](#) nell'area relativa al corso
(hanno accesso solo gli studenti iscritti al corso)

WeBeep



POLITECNICO MILANO 1863

WeBeep

- Dashboard
- Calendario
- AIuto
- I miei corsi 5

RICERCA
Trova un corso
Spazi CCS
Tutorial studenti

Dashboard - I miei corsi - 097501 - FONDAMENTI DI TELE...

[Corso](#) Impostazioni Partecipanti Valutazioni Report Altro -

097501 - FONDAMENTI DI TELECOMUNICAZIONI (MEZZAVILLA MARCO) [2024-25]

Introduzione

Bacheca
Consulta gli annunci del corso. Comunica con il docente, i tutor e i tuoi compagni di corso tramite il forum.

Forum: 2

Materiali
Consulta i materiali forniti dal docente.

Cartella: 1

Registrazioni
Rivedi le lezioni del corso per cui è disponibile la registrazione.

URL: 3

Consegne
Consegna gli elaborati richiesti da un'esercitazione o da una prova in itinere.

Consegna: 1

AIuto
Scrivici Chatta con noi

Documentazione
FAQ Moodle Docs Politica sulla privacy

Link
Servizi online

Organizzazione e orario

□ Mix didattico:

- Lezioni teoriche
- Esercitazioni
- Laboratorio sperimentale a fine corso

- Recupero delle lezioni
- Aula da definire

Data	Dove	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Lunedì	LB01												
Martedì	8.0.1												
Mercoledì	2.1.4												
Giovedì													
Venerdì													
Sabato													

FONDAMENTI DI
TELECOMUNICAZIONI
lezione
(dal 16/09/2024 al
16/12/2024)

FONDAMENTI DI
TELECOMUNICAZIONI
esercitazione
(dal 18/09/2024 al
18/12/2024)

Modalità d'esame

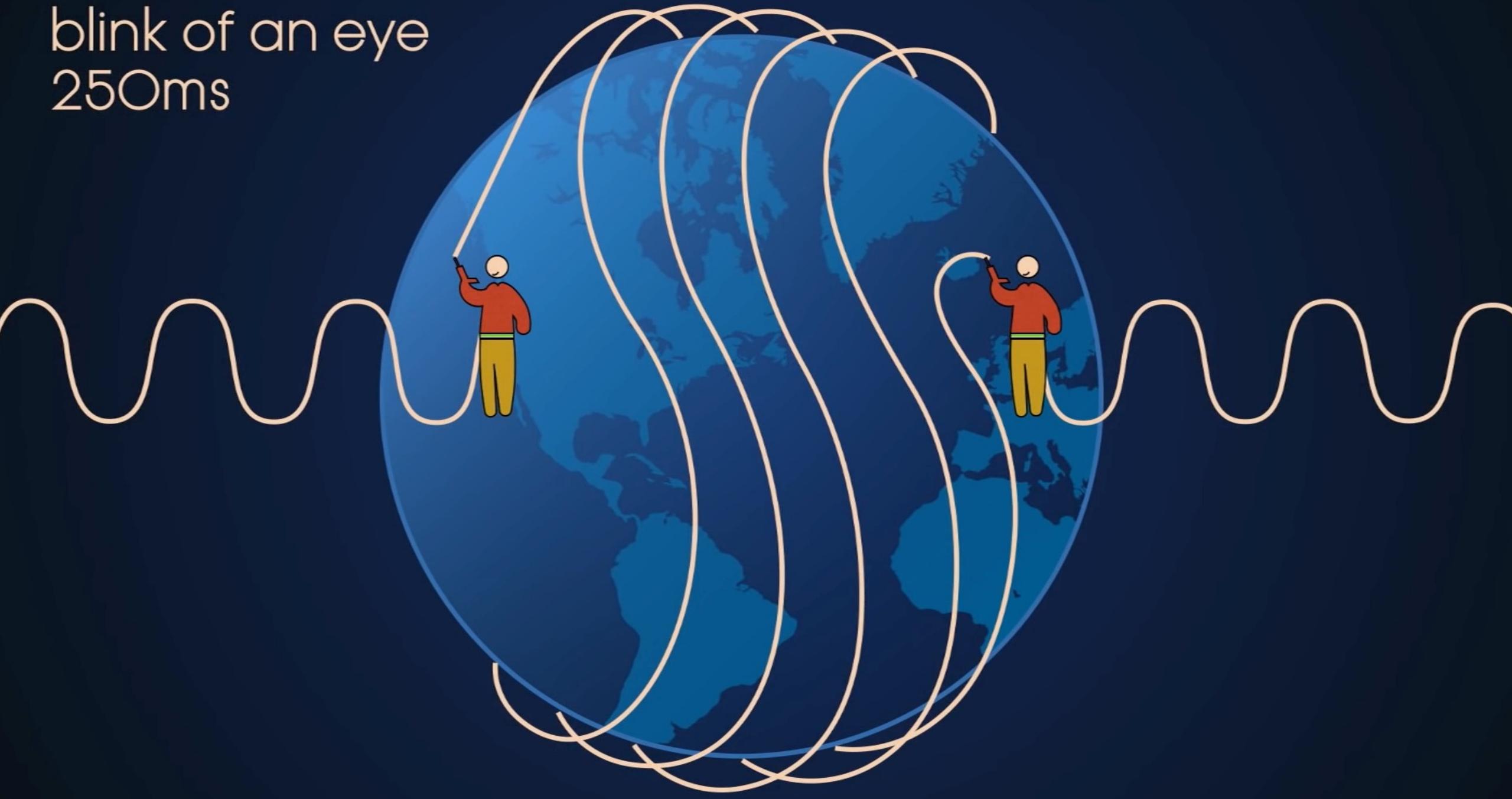
- Esame esclusivamente scritto
 - Orale a pura discrezione del docente
- Struttura
 - Esercizi simili a quelli visti in aula e proposti in eserciziario su WeBeep
 - Domande (a risposta aperta con risposte brevi o a risposta chiusa)
- NO prova in itinere
 - Possibili quiz con Wooclap alla fine di ogni argomento

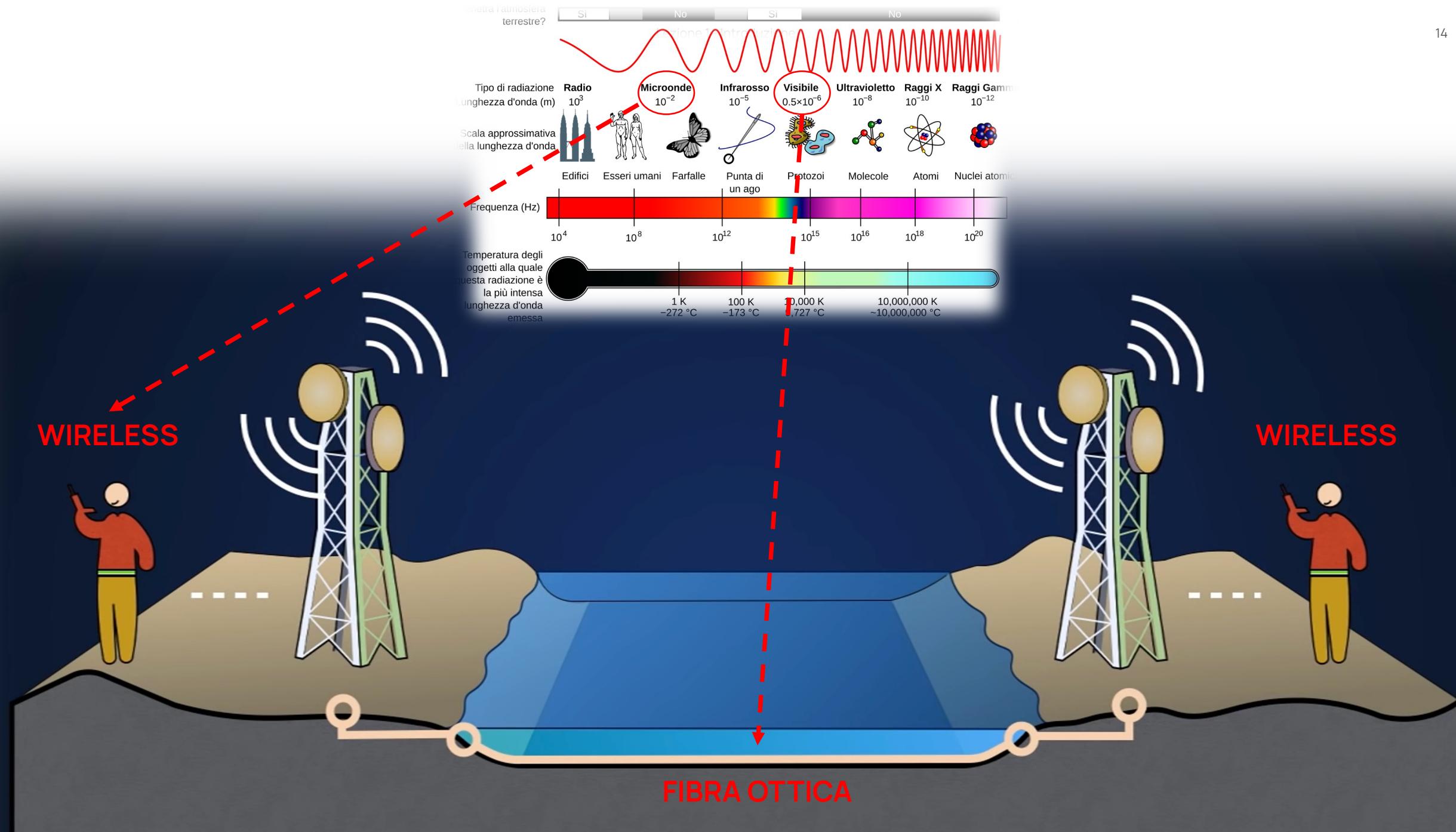
TELECOMUNICAZIONI OGGI

02



blink of an eye
250ms





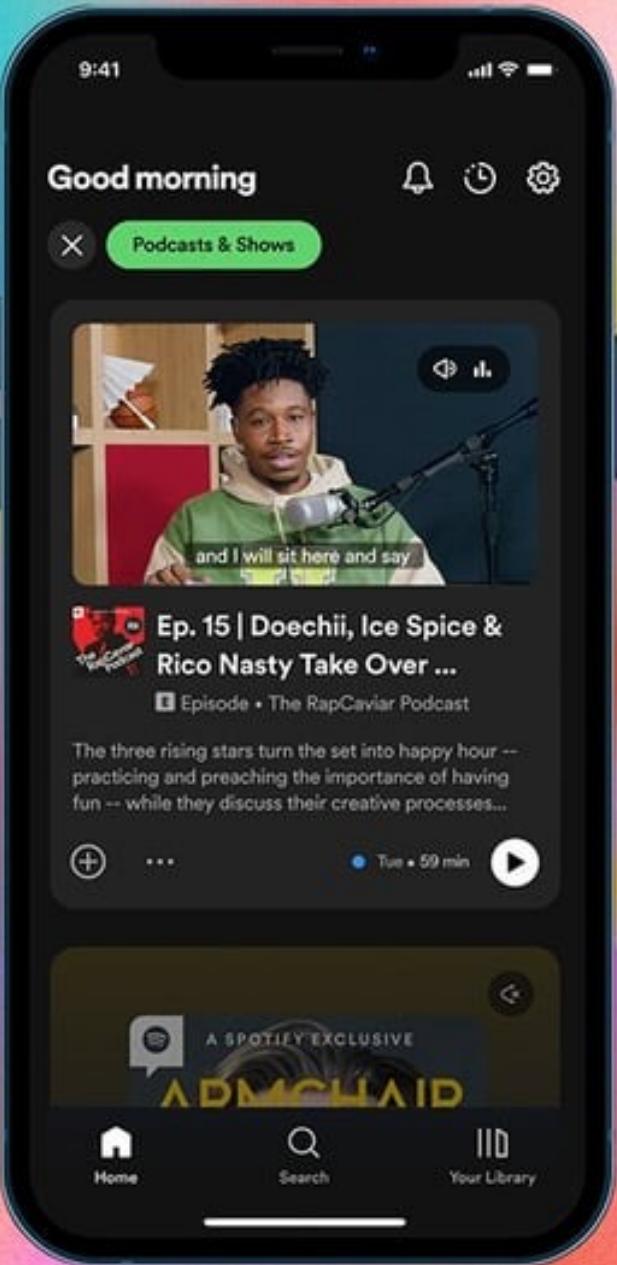
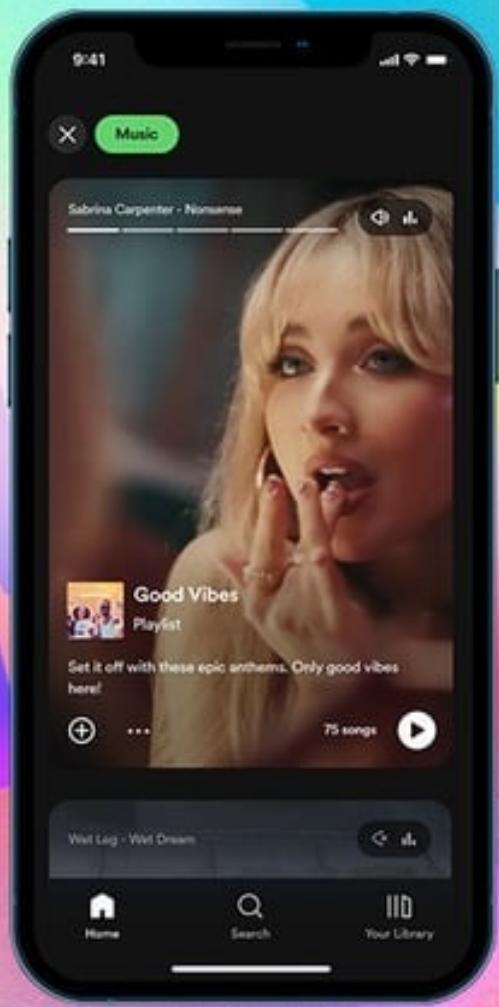














9TO5Google







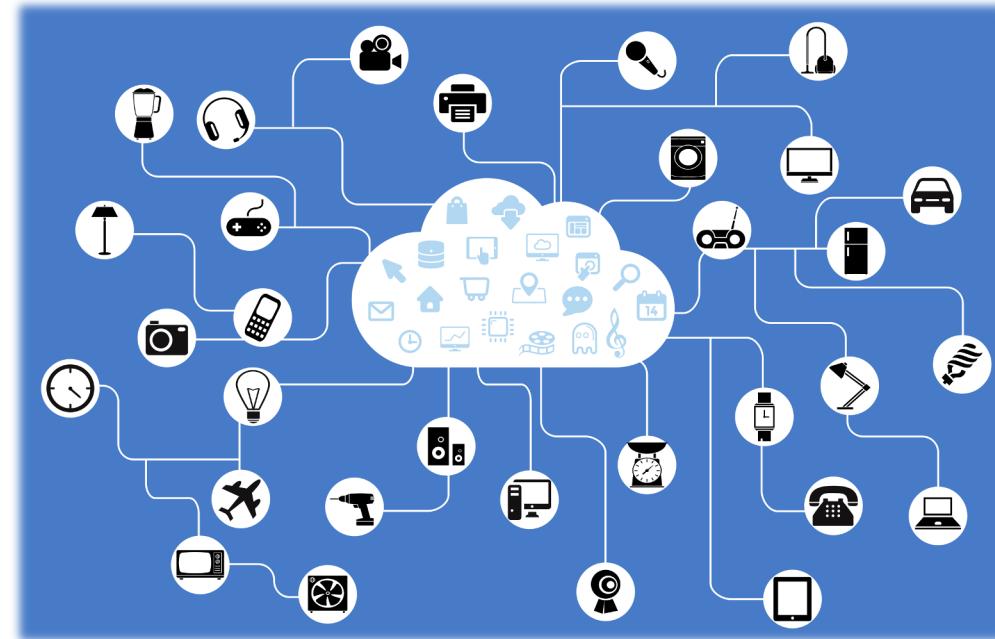


The future is bright. And wireless. [[YouTube](#)]

Scopo del corso

Fornire le conoscenze fondamentali sul funzionamento delle reti di TLC (in particolare della **rete INTERNET**) che oggi sono alla base di ogni servizio di comunicazione:

- Audio e video telefonia
- TV, video streaming, video on demand
- Web, mobile apps, e accesso a DB in genere
- Email, messaging, chat
- Social networks
- Mappe e navigazione
- Strumenti di collaborazione e condivisione
- e molte altre ...



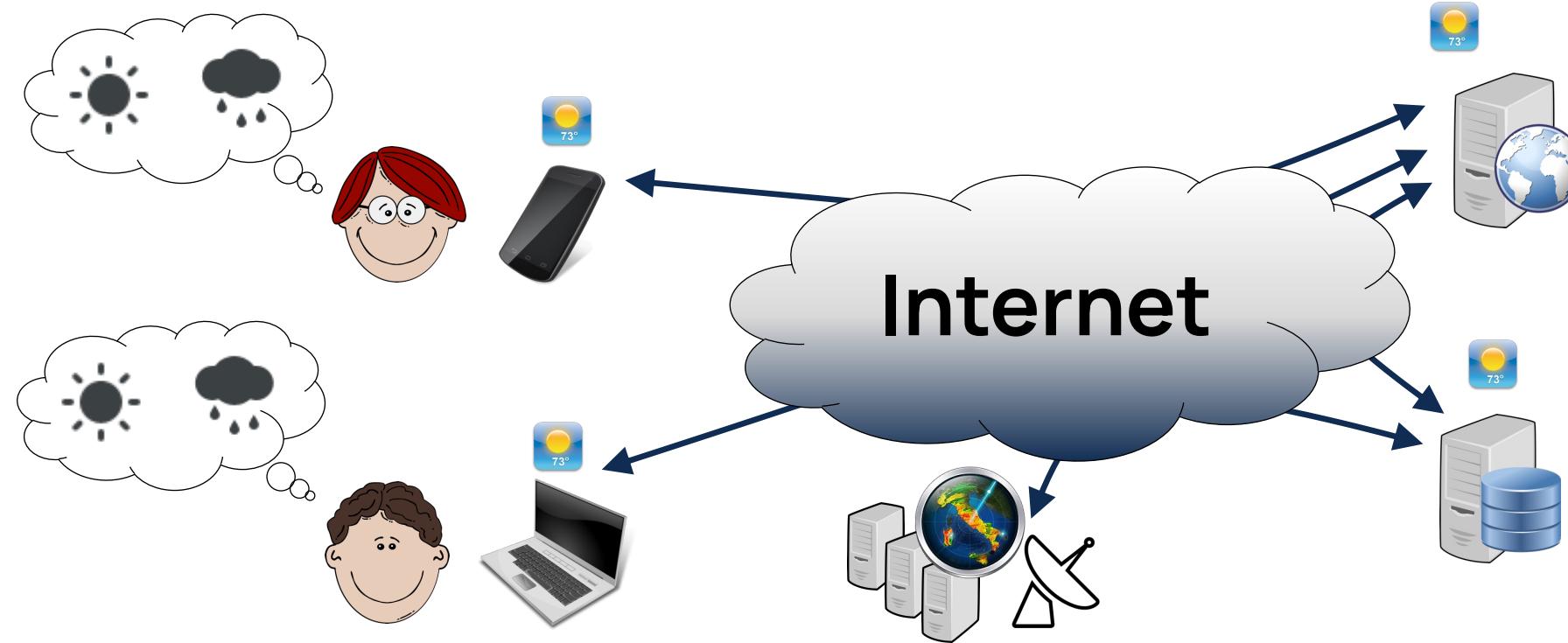
Scopo del corso

- ❑ Comprendere i principi fondamentali alla base delle telecomunicazioni:
 - ❑ Tecnologie impiegate
 - ❑ Funzionamento della rete internet
 - ❑ Modalità di **trasmissione** dei dati
 - ❑ Modalità di **processazione** dei dati
- ❑ Essere pronti ai cambiamenti tecnologici della futura rete - *imparare ad imparare*



Applicazioni 'always-on' distribuite

- Tutti questi servizi del mondo della società dell'informazione sono applicazioni distribuite
- Le applicazioni distribuite sono programmi in esecuzione su più calcolatori che scambiano dati tra loro usando Internet



In passato..

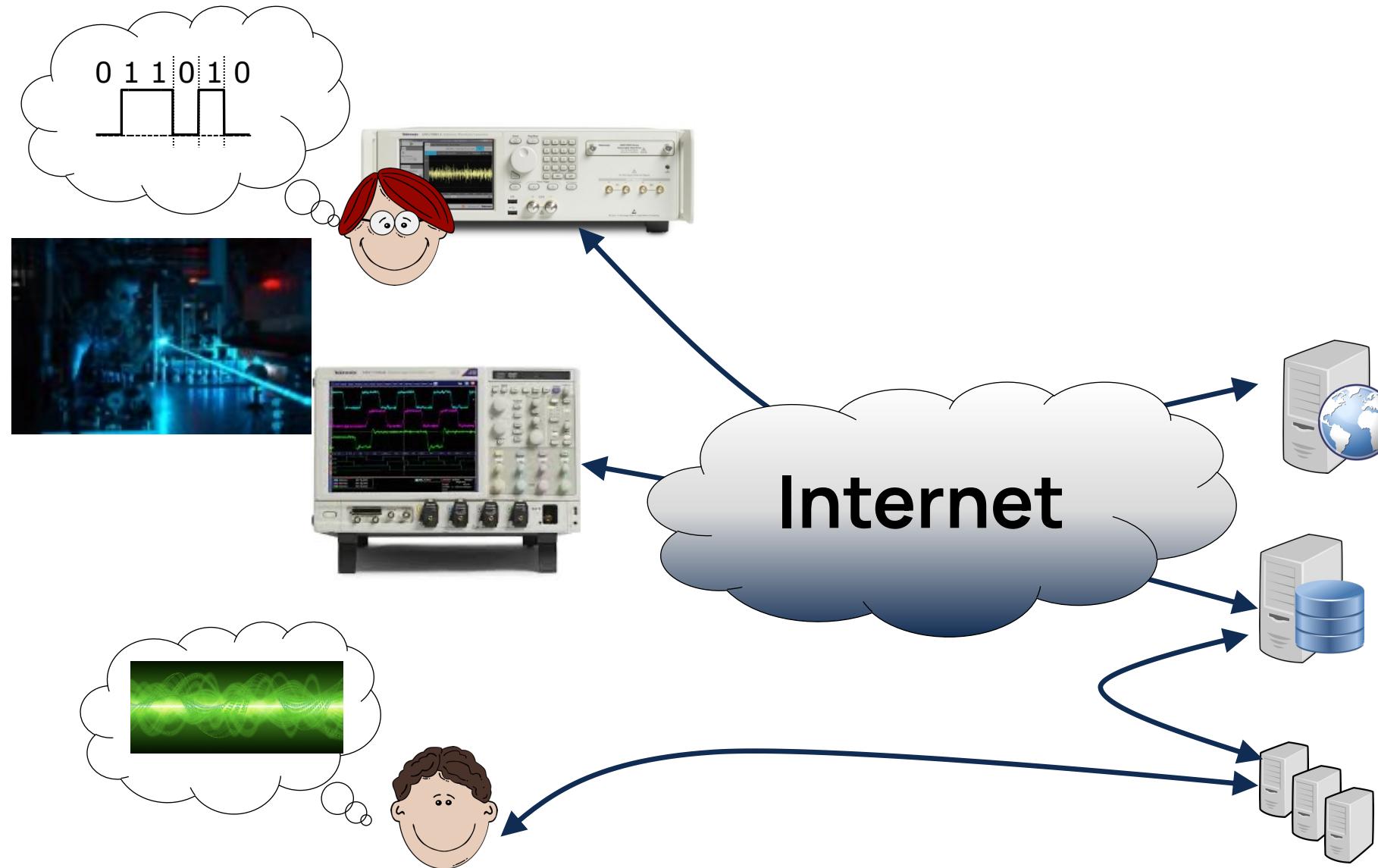
- Elaborazioni isolate

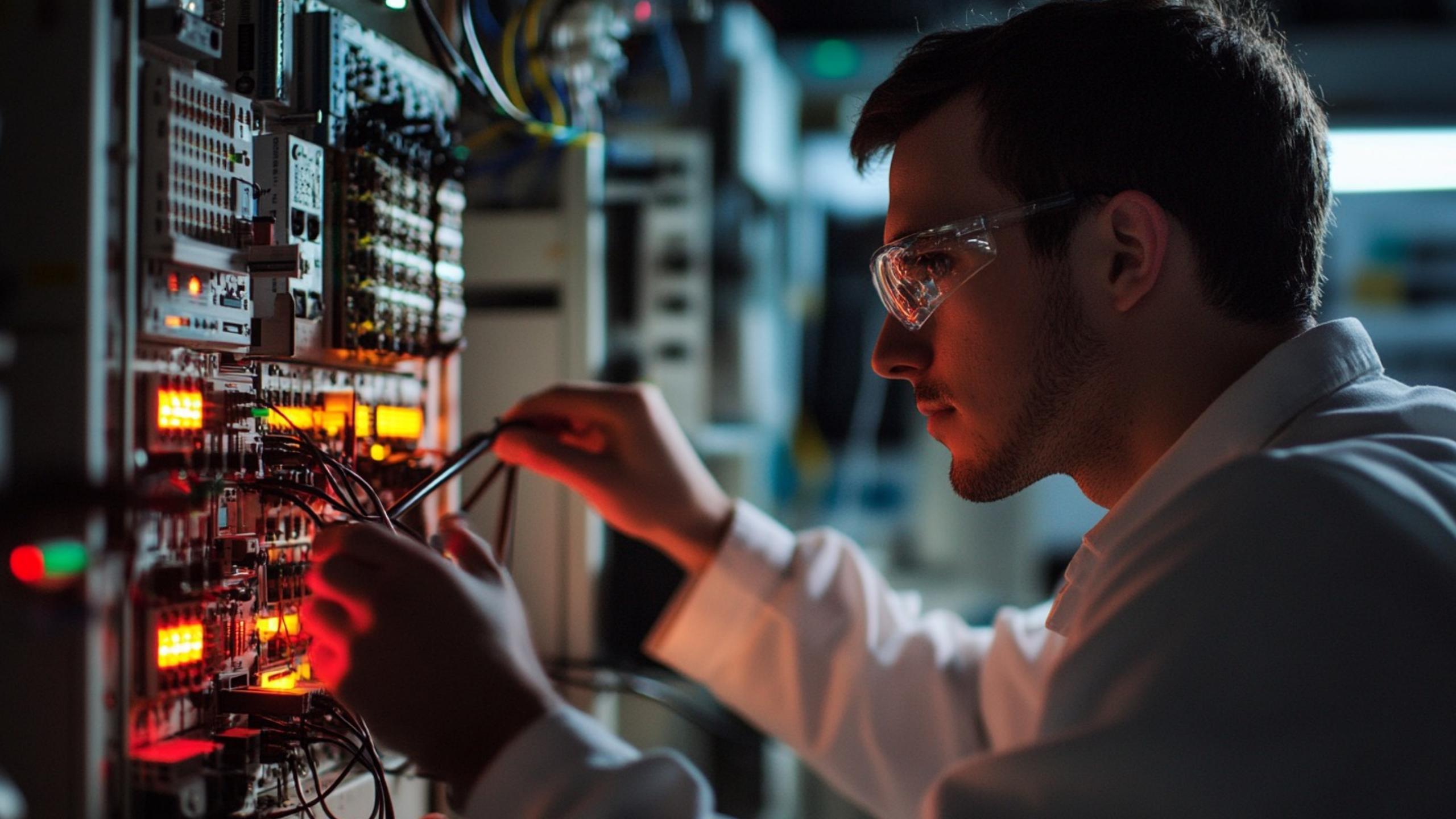


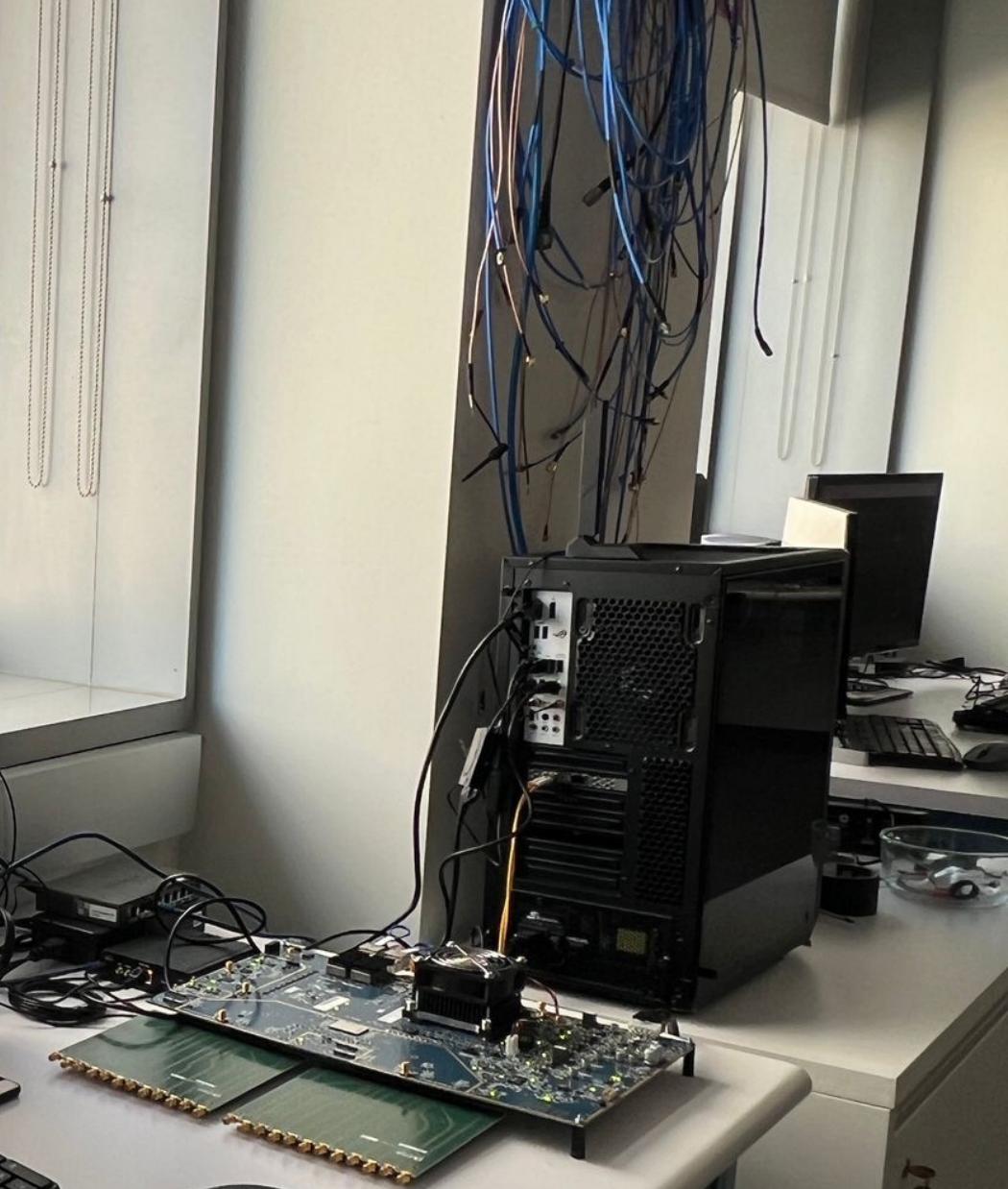
- Reti dedicate, nessuna elaborazione



Esperimenti connessi

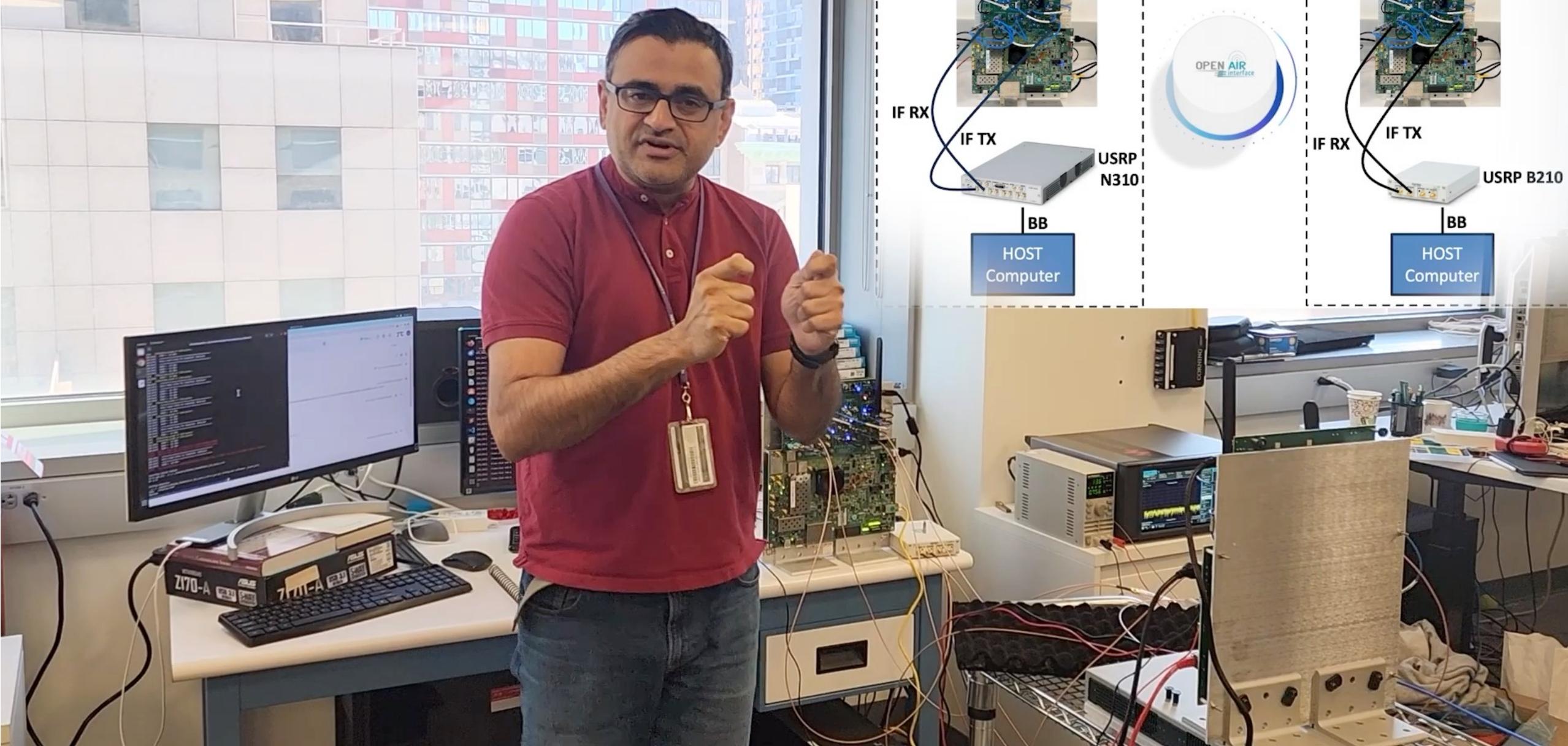






pi-radio

6G Prototyping in the Upper Mid Band

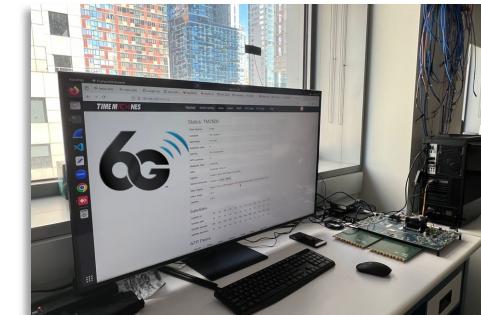
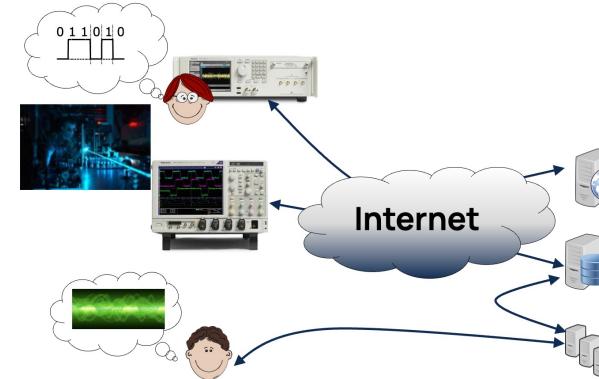


Rilevanza per l'ingegnere fisico

- Imparare le metriche e i limiti fondamentali delle telecomunicazioni per poter dimensionare al meglio i propri esperimenti in rete

- Comprendere cosa ci sia dietro un sistema così complesso e così largamente utilizzato, non dare per scontato nulla, scavare, saper spiegare

- Capire cosa si faccia nel mondo della ricerca nel campo delle telecomunicazioni



Laurea Magistrale in Telecomunicazioni

The collage consists of three images. The top image is a dark blue photograph of a building facade featuring the 'COMMTECH @ POLIMI' logo with a white signal wave graphic above it. The middle image is a group selfie of seven young people (four men and three women) smiling at the camera from a low angle. The bottom image is a screenshot of the 'CommTech - Polimi' YouTube channel page, showing the channel's profile picture, subscriber count (302), and video count (14). It displays a grid of video thumbnails with titles like 'PERCHÉ TELECOMUNICAZIONI', 'LE 10 DOMANDE DEL PROF', and 'PASSIONE TELECOMUNICAZIONI'.

Guarda la ricca offerta della Laurea Magistrale (LM) in Telecommunication Engineering.

[YouTube](https://www.ccstlc.polimi.it)
<https://www.ccstlc.polimi.it>

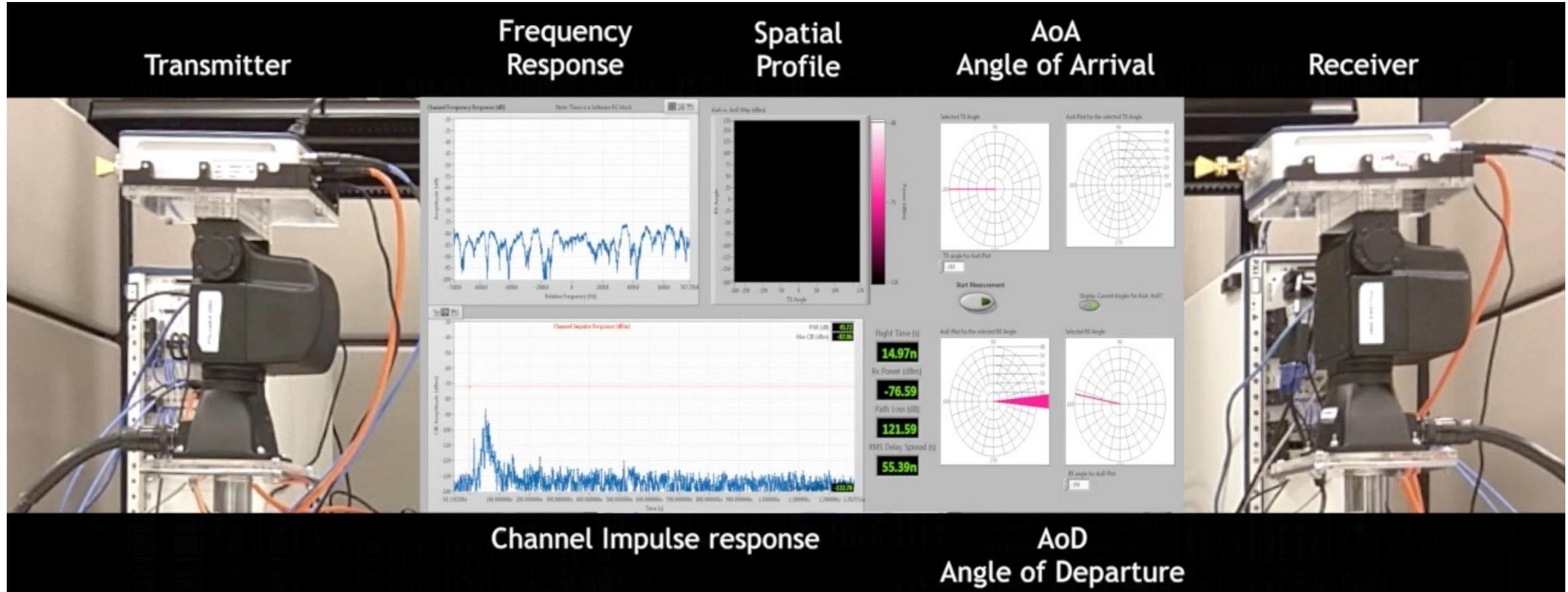
 **POLITECNICO
MILANO 1863**

Laurea Magistrale in Telecomunicazioni



- **NETWORKS DATA COMMUNICATIONS:** sistemi di comunicazione e tecniche di trasmissione dell'informazione su diversi mezzi trasmissivi (comunicazioni ottiche, comunicazioni radio, comunicazioni satellitari).
- **COMMUNICATION NETWORKS AND INTERNET:** progetto di reti di comunicazione, cioè contesti complessi in cui l'informazione deve essere trasferita attraverso reti anche eterogenee di dispositivi, quali le reti ottiche, le reti cellulari, l'Internet e le sue evoluzioni (Internet of Things).
- **SIGNALS AND DATA ANALYSIS:** trattamento e analisi dei segnali di tipo eterogeneo (audio, video, immagini) per applicazioni di telecomunicazioni, remote sensing e telerilevamento.
- **MICROWAVES AND PHOTONICS:** progetto, realizzazione e valutazione delle prestazioni di dispositivi per il trasferimento dell'informazione a distanza (fotonici e a radiofrequenza).
- **INTERNET ENGINEERING:** architettura Internet e servizi abilitati dalla stessa.

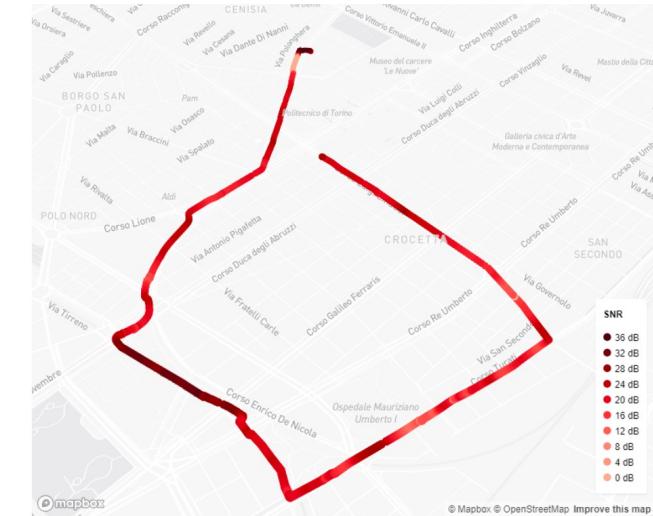
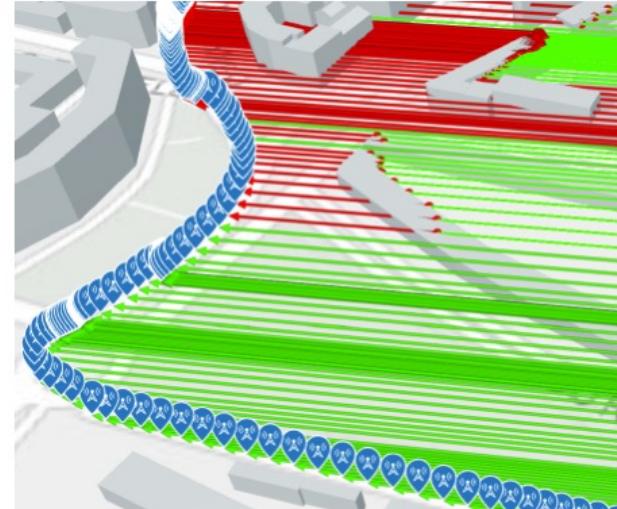
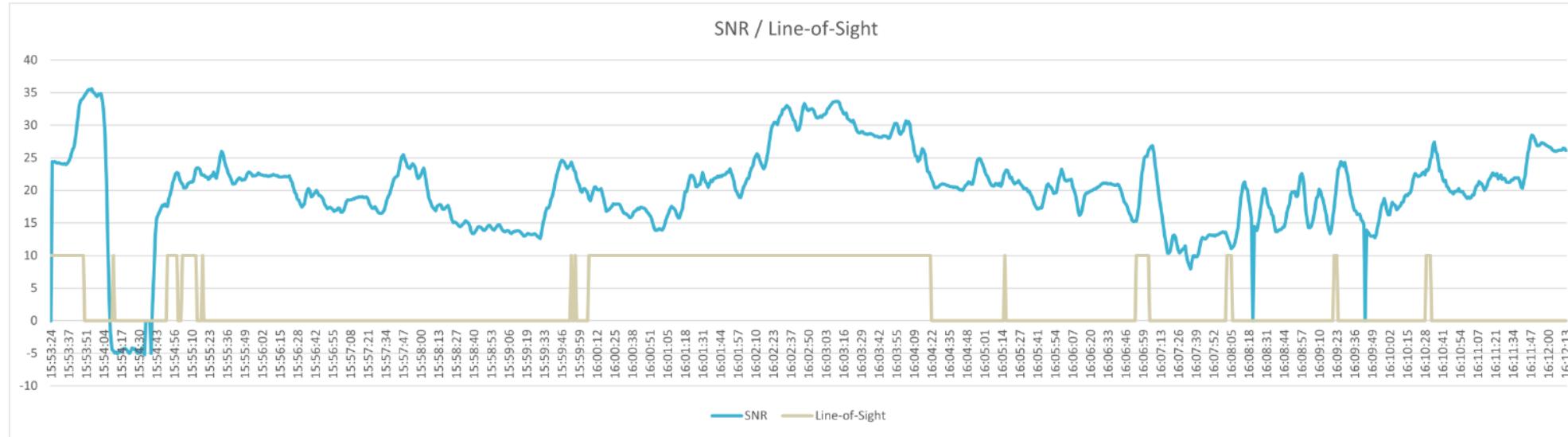
Laboratorio Wireless Sperimentale



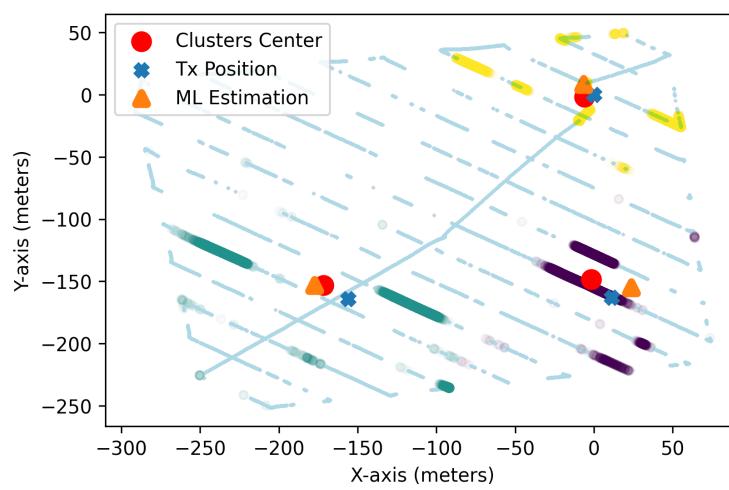
Laboratorio Wireless Sperimentale



Laboratorio Wireless Sperimentale



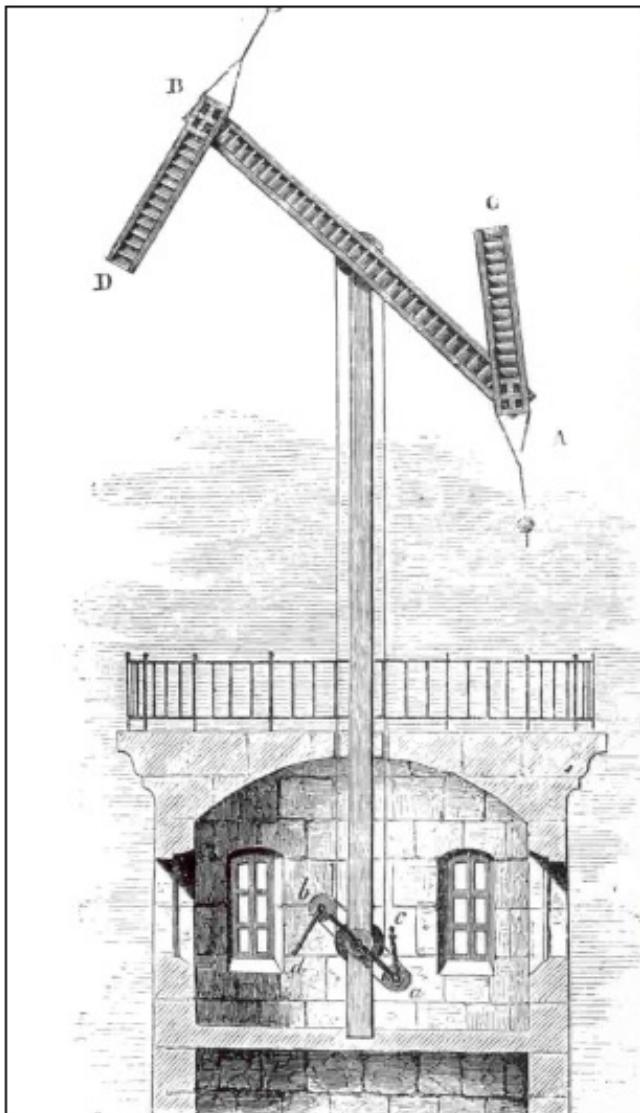
Laboratorio Wireless Sperimentale



STORIA DELLE TELECOMUNICAZIONI

03

Storia delle Telecomunicazioni



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

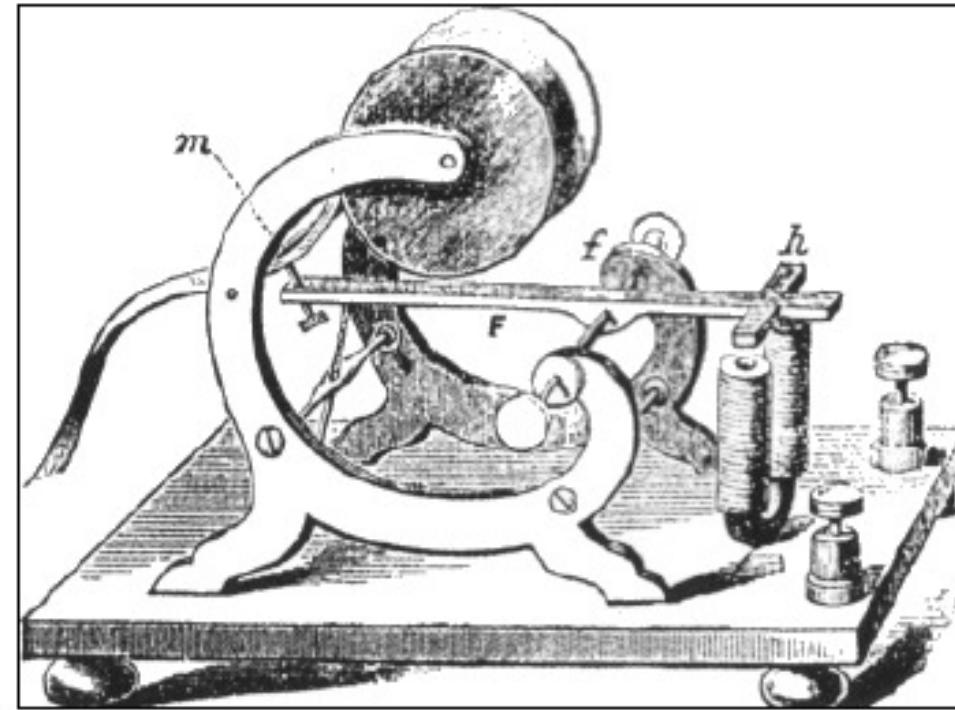
T	↖	F	↖	T	↗	↗	↖	T
a	b	c	d	e	f	g	h	i
↖	↗	↖	T	↖	↗	↖	T	↖
k	l	m	n	o	p	q	r	s
↖	↖	T	↗	+	↖	T	↖	+
t	u	v	w	x	y	z	&	!
↖	T	↗	↖	↖	T	↗	↖	↖
2	3	4	5	6	7	8	9	10

Le TLC nascono **ottiche**.

Storia delle Telecomunicazioni



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



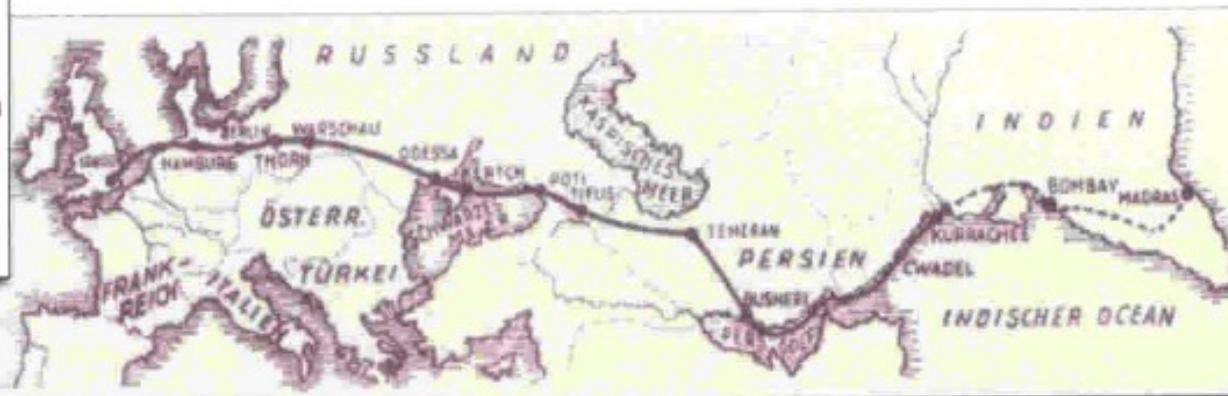
Le TLC proseguono **digitali**.

Storia delle Telecomunicazioni

1870

LA GRANDE RETE TELEGRAFICA TERRESTRE

W. SIEMENS realizza il collegamento di 15.000 Km da Londra a Madras (India) con ripetitori (ricezione e ritrasmissione del messaggio)

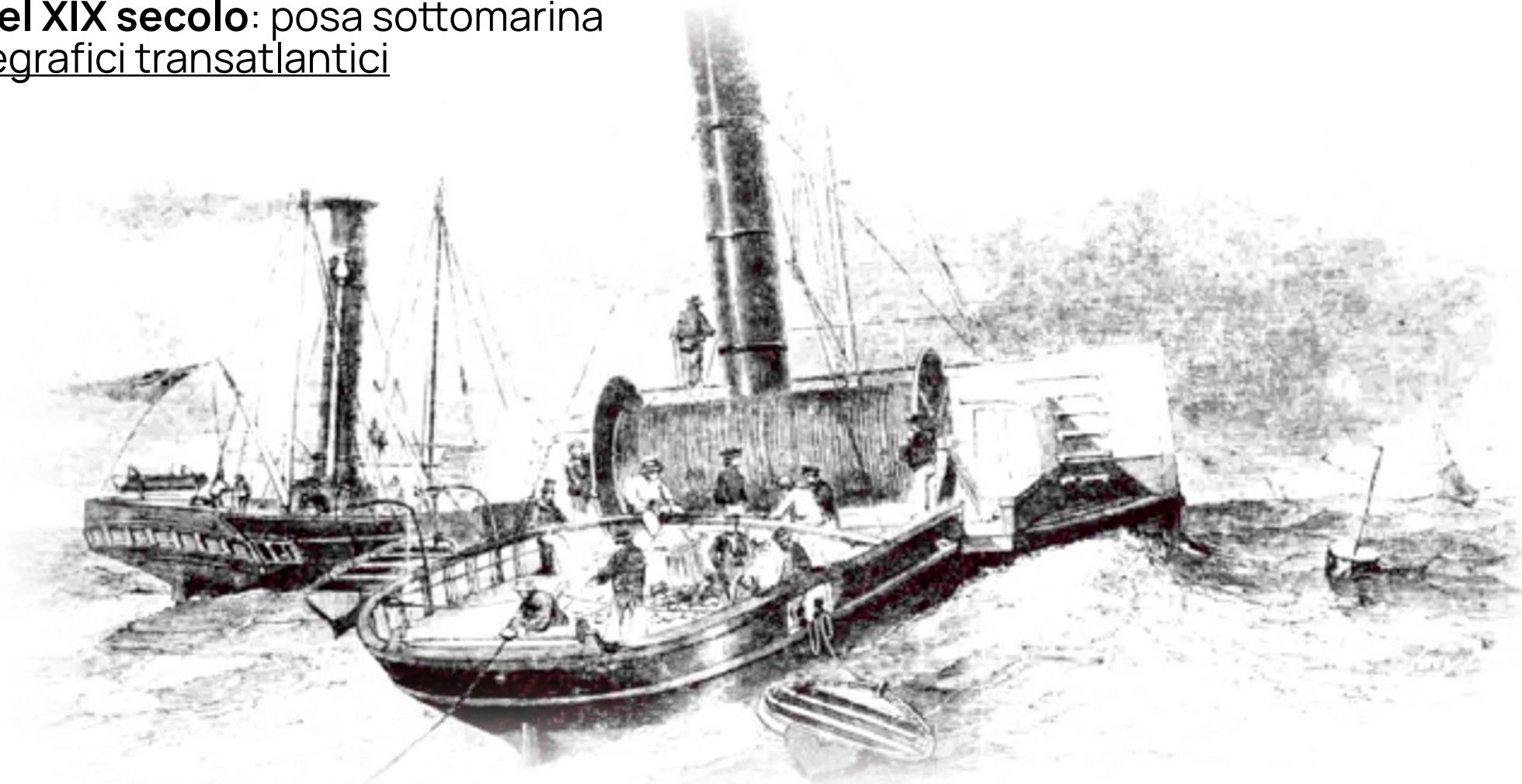


2° metà del XIX secolo:
diffusione rapidissima della
rete telegrafica su cavo in
rame (coincide con la
diffusione delle reti
ferroviarie nazionali).

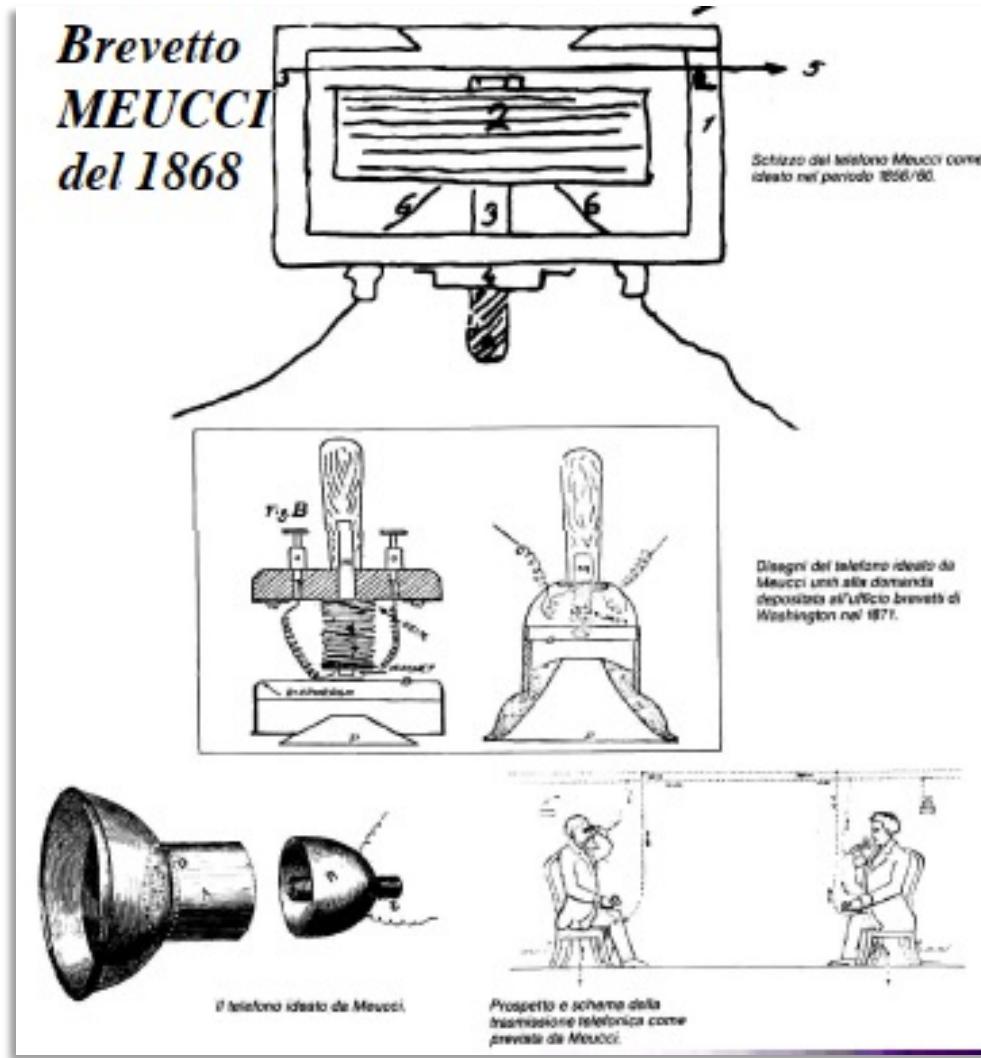
Nel 1875 la rete USA contava
214.000 miglia di cavi.

Storia delle Telecomunicazioni

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



Storia delle Telecomunicazioni

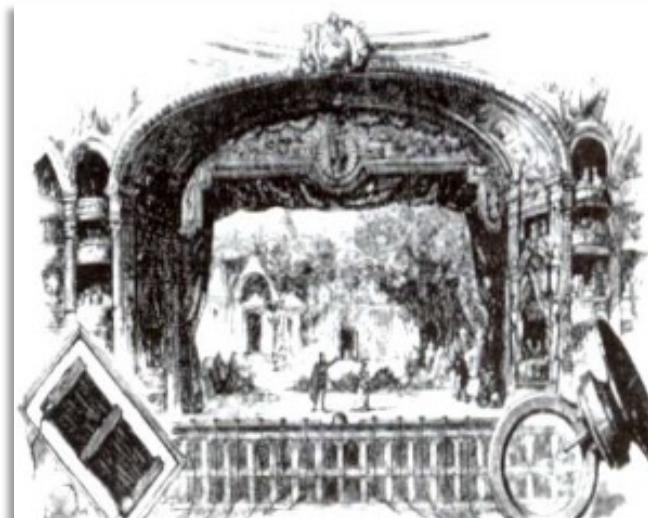


1868: Meucci brevetta il telefono che permette lo scambio a distanza di conversazioni vocali in tempo reale senza la mediazione di codici.

1876: Bell brevetta il suo telefono.

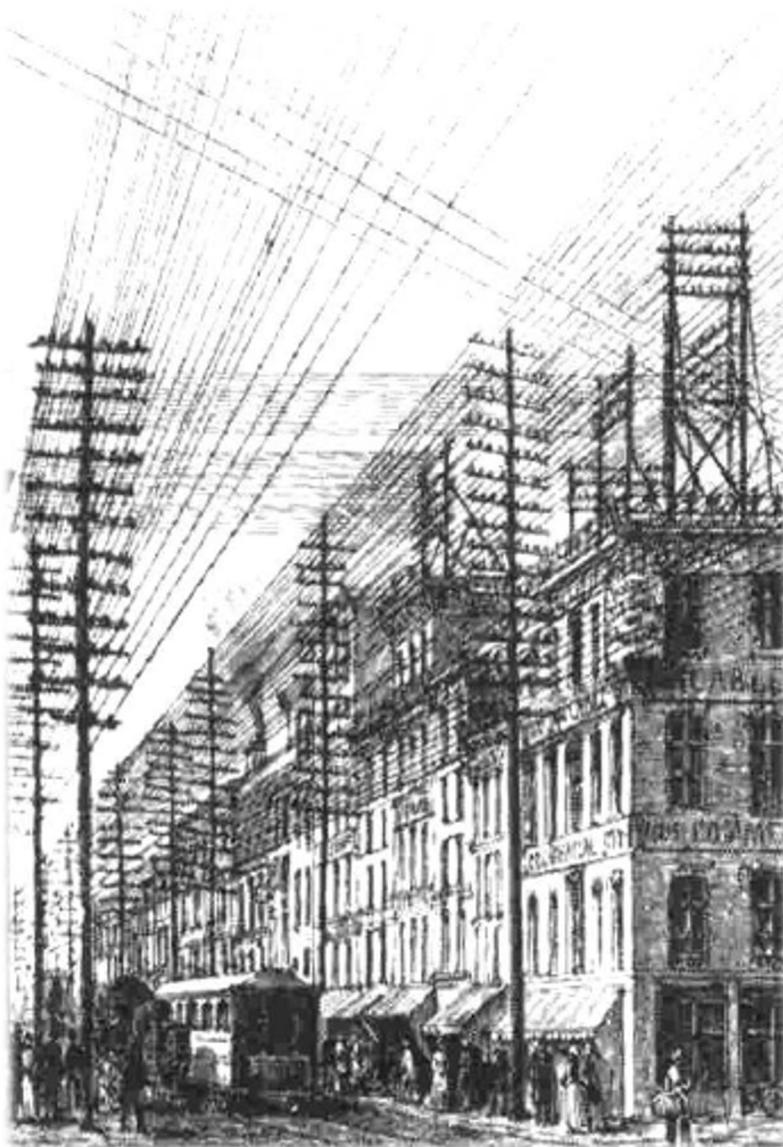


Storia delle Telecomunicazioni



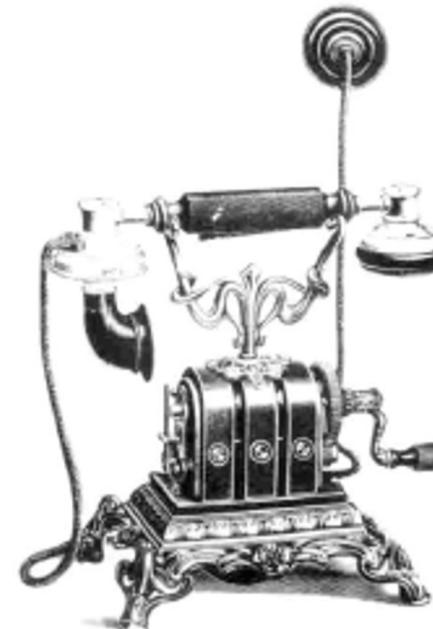
- Bell si attiva per promuovere il telefono soprattutto per “intrattenimento” (una sorta di radio via cavo).
- L'applicazione per comunicazione interpersonale non fu preventivata nemmeno dallo stesso Bell.

Storia delle Telecomunicazioni



1871: dopo 5 anni dalle prime dimostrazioni, negli USA già 123.000 apparecchi telefonici.

1892: primo collegamento a grande distanza (New York – Chicago 1520 km) su linea aerea con cavo in bronzo su palificazione in legno.



Storia delle Telecomunicazioni



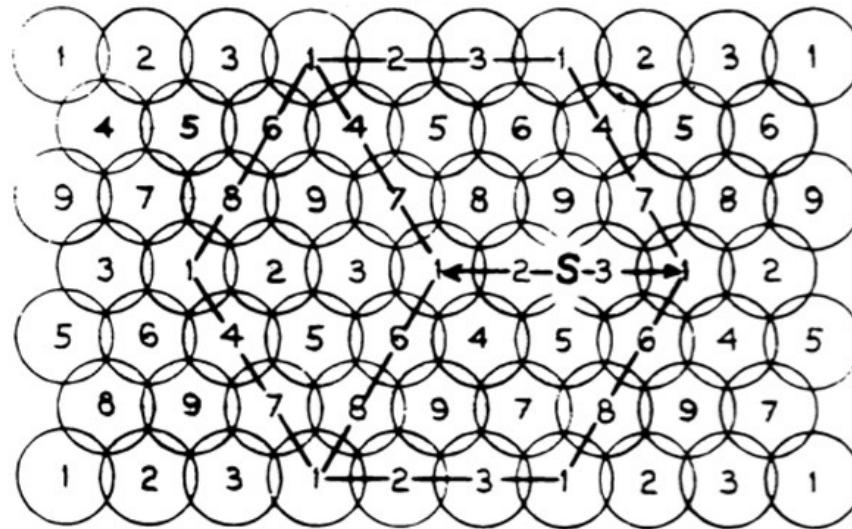
1895: Marconi inventa la radio e la telegrafia “senza fili”. Mettendo a frutto ricerche di Hertz, utilizza onde radio modulate per la trasmissione di suoni a distanza.

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 delle Telecomunicazioni



1947: primo brevetto sulla configurazione di una rete cellulare moderna (D.H. (Doug) Ring, Bell Labs)



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

Storia delle 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 the waveguide used for communication purposes is governed by considerations 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 = n th-order Bessel function of the first kind
 K_n = n th-order modified Bessel function of the second kind

$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} k$ phase coefficient of the waveguide

J'_n = first derivative of J_n

K'_n = first derivative of K_n

h_1 = radial wavenumber or decay coefficient

ϵ_1 = relative permittivity

k_0 = free-space propagation coefficient

a = radius of the fibre

γ = longitudinal propagation coefficient

K = Boltzmann's constant

T = absolute temperature, deg K

β_s = isothermal compressibility

λ = wavelength

n = refractive index

$H^{(1)}_{nl}$ = n th-order Hankel function of the l th type

H_z = derivation of H_l

γ = azimuthal propagation coefficient = $\nu_1 - \nu_2$

L = modulation period

Subscript n is an integer and subscript m refers to the n th 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 field component 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

$$\frac{n^2 \beta^2}{k_0^2} \left(\frac{1}{u_1^2} + \frac{1}{u_1^2} \right)^2 = \left(\frac{\epsilon_1 J'_0(u_1)}{u_1 J_0(u_1)} + \frac{\epsilon_2 K'_0(u_2)}{u_2 K_0(u_2)} \right) \times \left(\frac{1}{u_1 J_0(u_1)} + \frac{1}{u_2 K_0(u_2)} \right) \quad (1)$$

for E_{0m} modes

$$\frac{\epsilon_1 J'_0(u_1)}{u_1 J_0(u_1)} = - \frac{\epsilon_2 K'_0(u_2)}{u_2 K_0(u_2)} \quad (2)$$

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

$$u_1^2 + u_2^2 = (k_0 a)^2 (\epsilon_1 - \epsilon_2)$$

$$h_1^2 = \gamma^2 + k_0^2 \epsilon_1$$

$$-h_2^2 = \gamma^2 + k_0^2 \epsilon_2$$

$$u_i = h_i a, i = 1 \text{ and } 2$$

where subscripts 1 and 2 refer to the fibre and the outer region, respectively.

All the modes exhibit cutoffs except the HE_{11} mode, which is the lowest-order hybrid mode. It can assume two orthogonal polarisations, and it propagates with an increasing percentage of energy outside the fibre as the diameter of the structure decreases. Thus, when operating the waveguide in the HE_{11} mode, it is possible to achieve a single-mode operation by reducing the diameter of the fibre sufficiently. Under this condition, a significant proportion of the energy is carried outside the fibre. If the outside medium is of a lower loss than the inside dielectric medium, the attenuation of the waveguide will be reduced. These properties, HE_{11} mode operation is of particular interest.

The physical and electromagnetic aspects of the dielectric-fibre waveguide carrying the HE_{11} mode for use at optical frequencies will now be studied in detail. Conclusions are drawn as to the feasibility and the expected performance of such a waveguide for long-distance-communication application.

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

1970: Fibra ottica Corning utilizzata per le telecomunicazioni.

1973: Prima telefonata senza fili (Martin Cooper, Motorola)



Storia delle Telecomunicazioni

45 ANNI DI COMUNICAZIONI IN FIBRA OTTICA

- AT&T** invia i primi segnali di test in un collegamento in fibra a *Chicago*; 1977
- GTE** invia un segnale telefonico a 6Mb/s attraverso un collegamento in fibra a *Long Beach, CA*;
- Bell System** manda un traffico telefonico a 45Mb/s su fibra installata a *Chicago*;
- British Post Office** invia un segnale telefonico via cavi interrati a *Martlesham Heath, Inghilterra*.

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

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 TR

1007

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

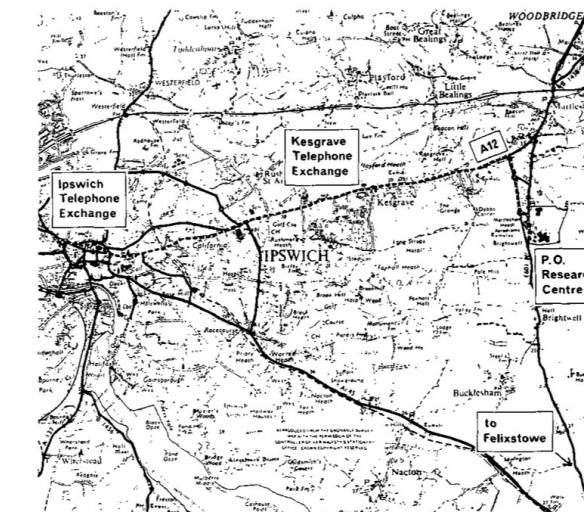
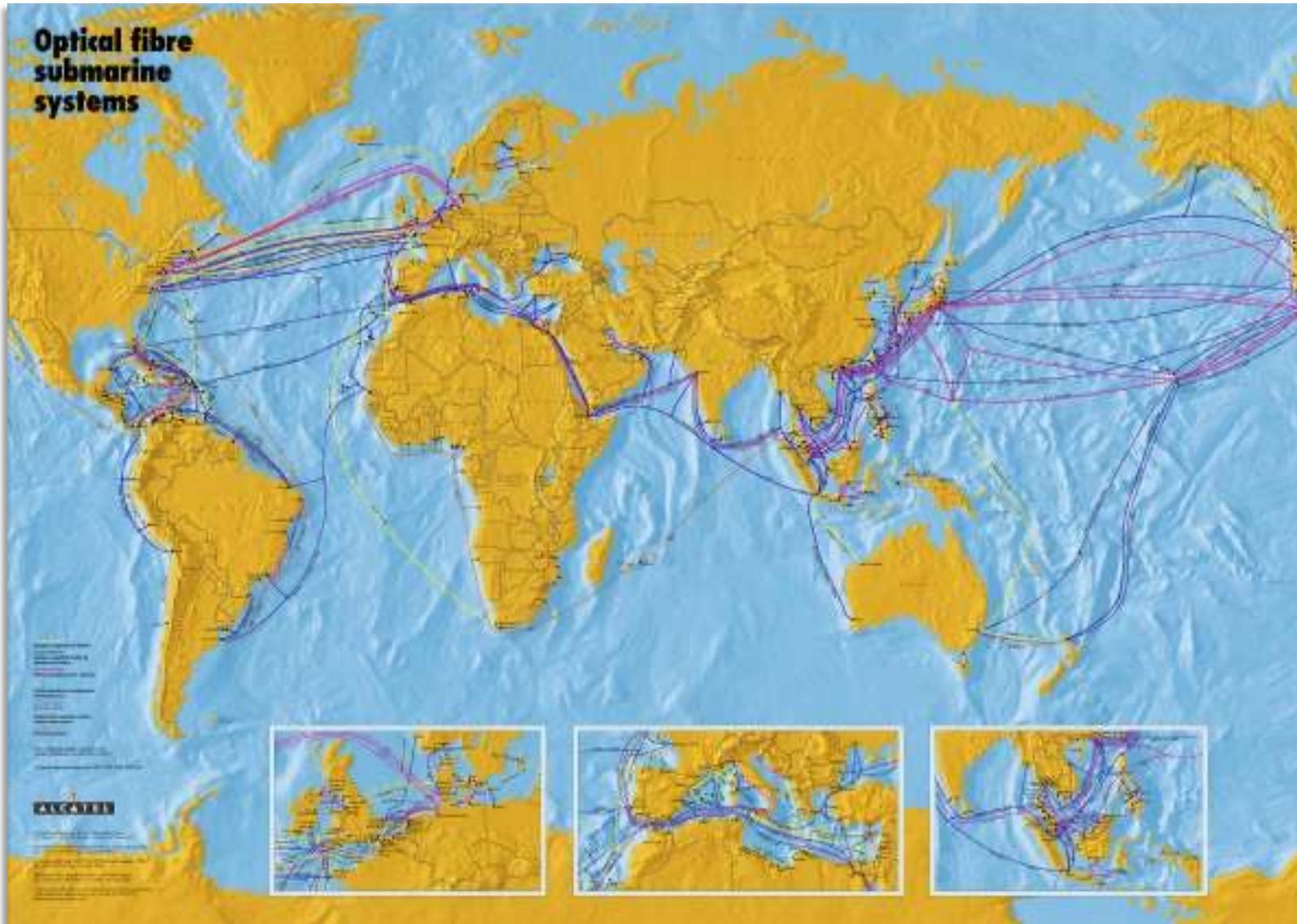


Figure 1 13 km Martlesham Heath–Ipswich cable route.

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

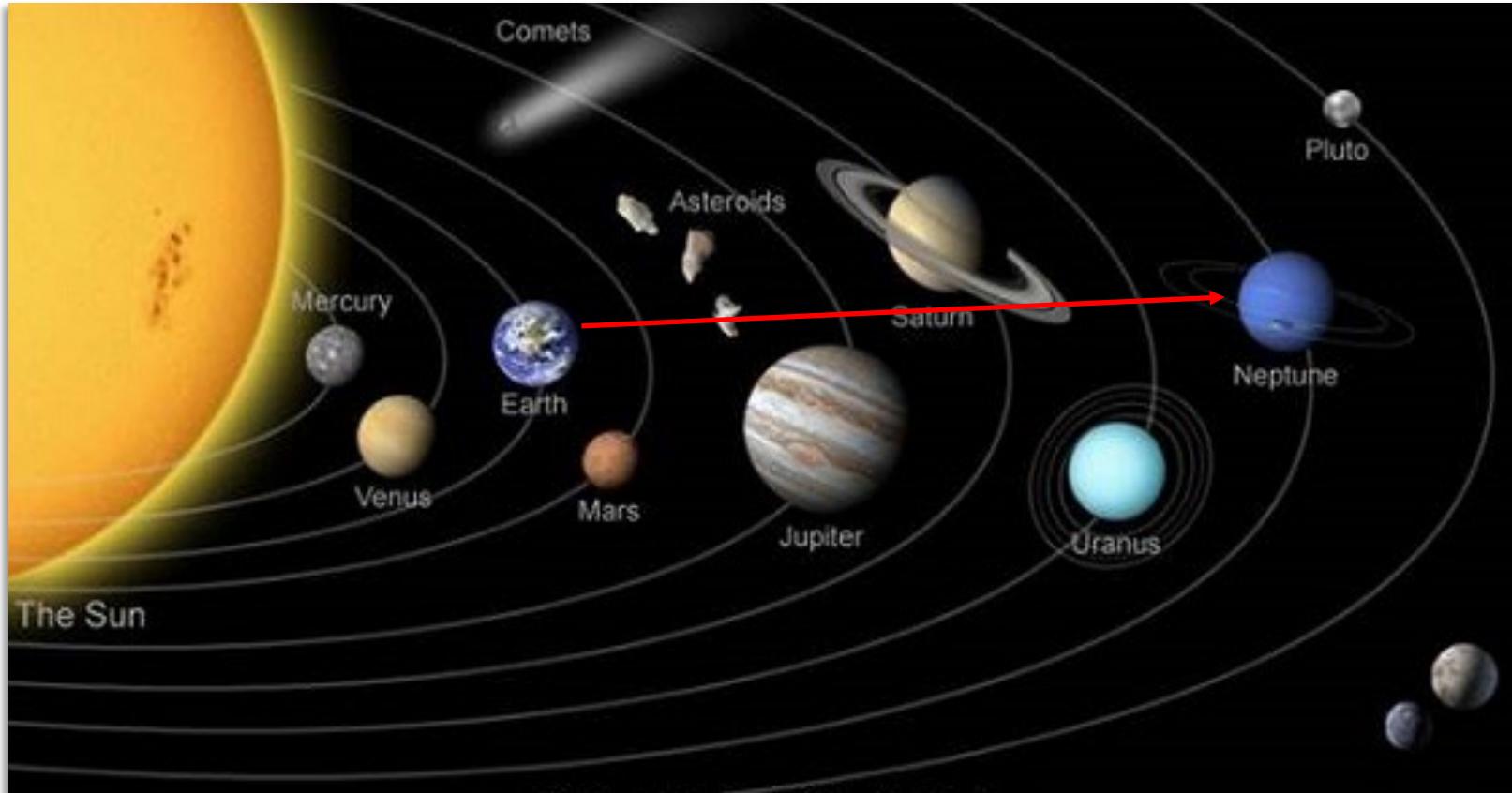
Suffolk, England.

Storia delle Telecomunicazioni



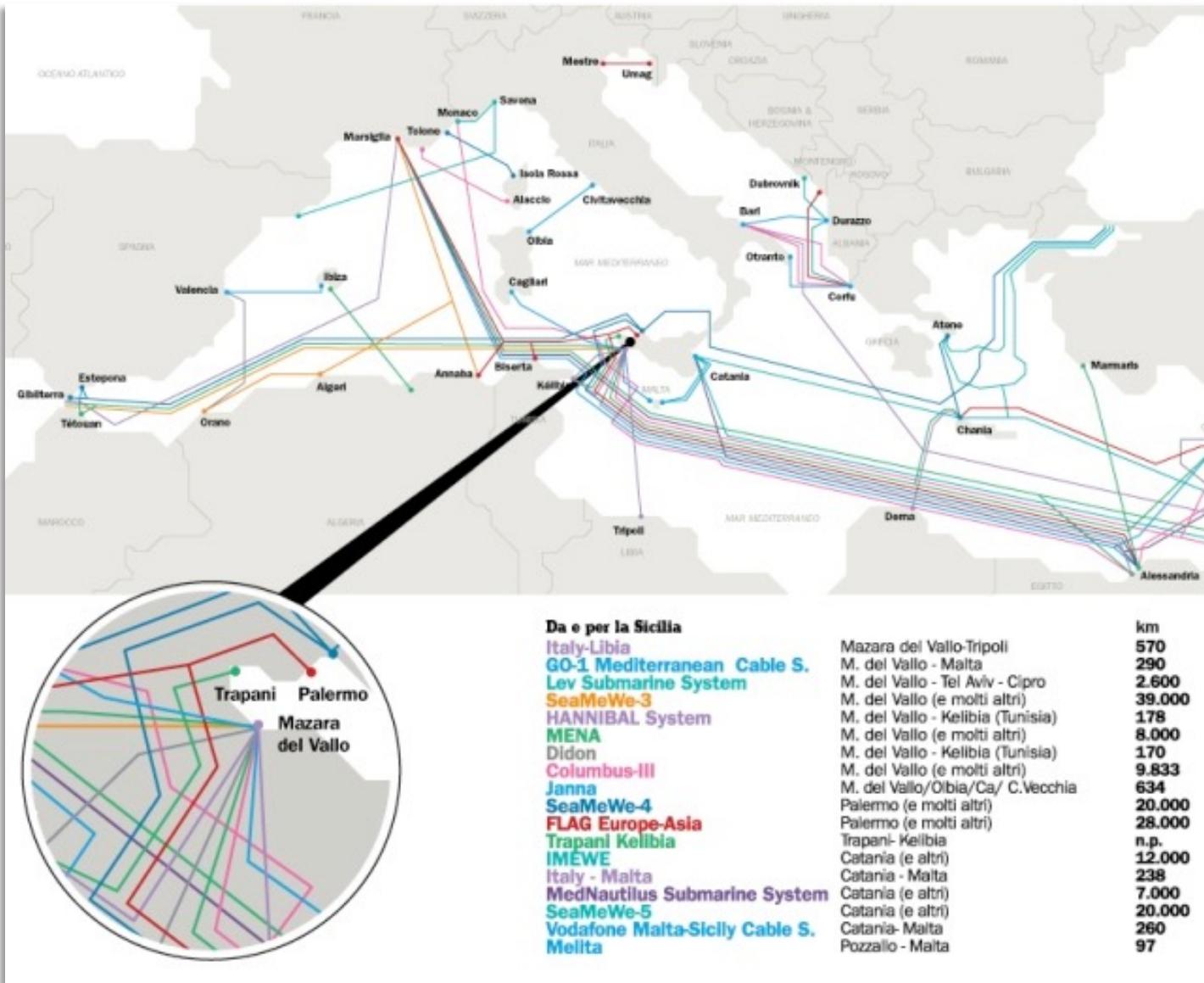
Oggi: installati nel mondo + di 4 miliardi di km di fibra ottica

Storia delle Telecomunicazioni

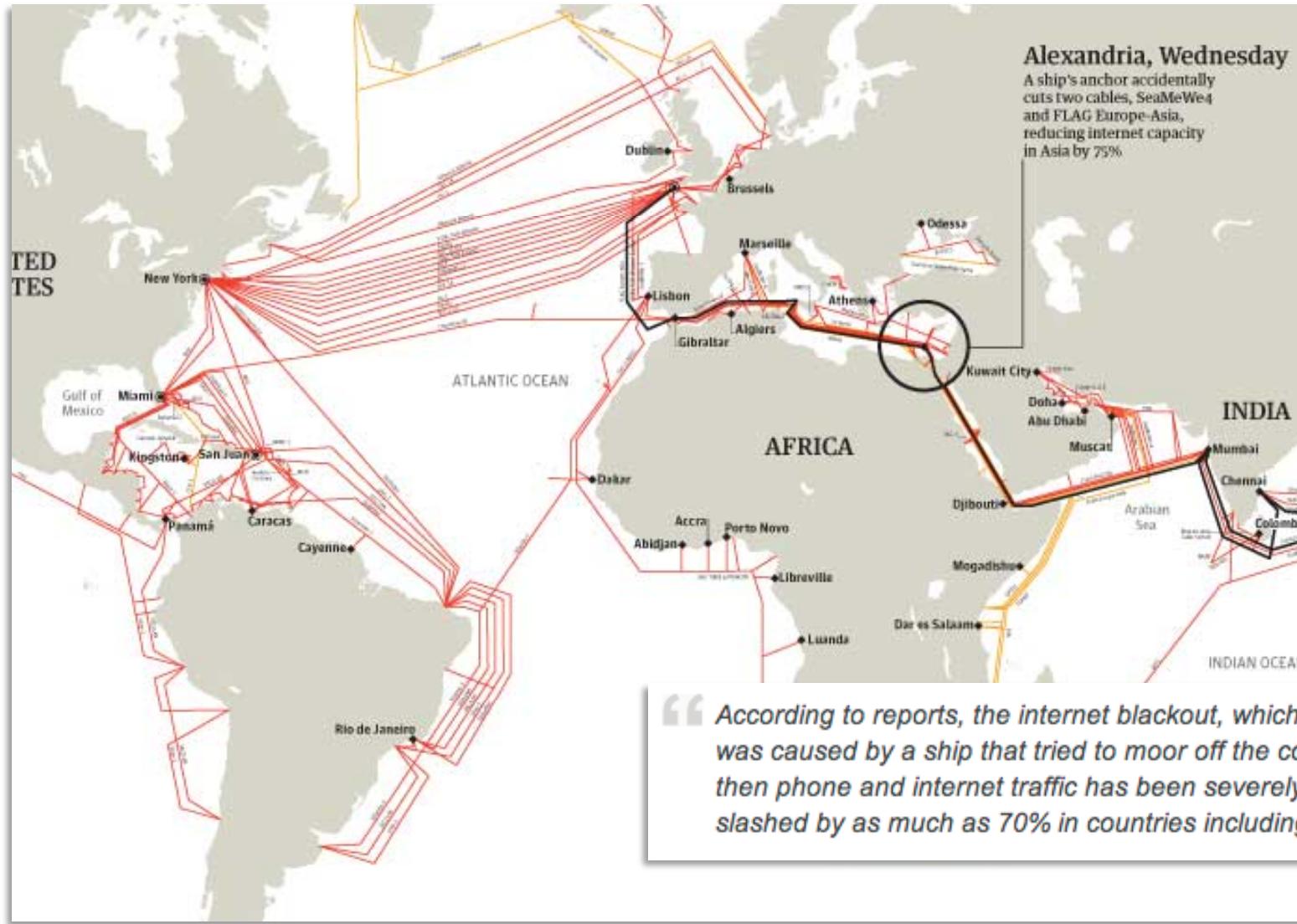


- Crescita della quantità di fibra nel mondo: +17% all'anno
- **2024: 4 miliardi di km**
 - 100.000 volte la circonferenza terrestre
 - Distanza tra la Terra e Nettuno

Storia delle Telecomunicazioni



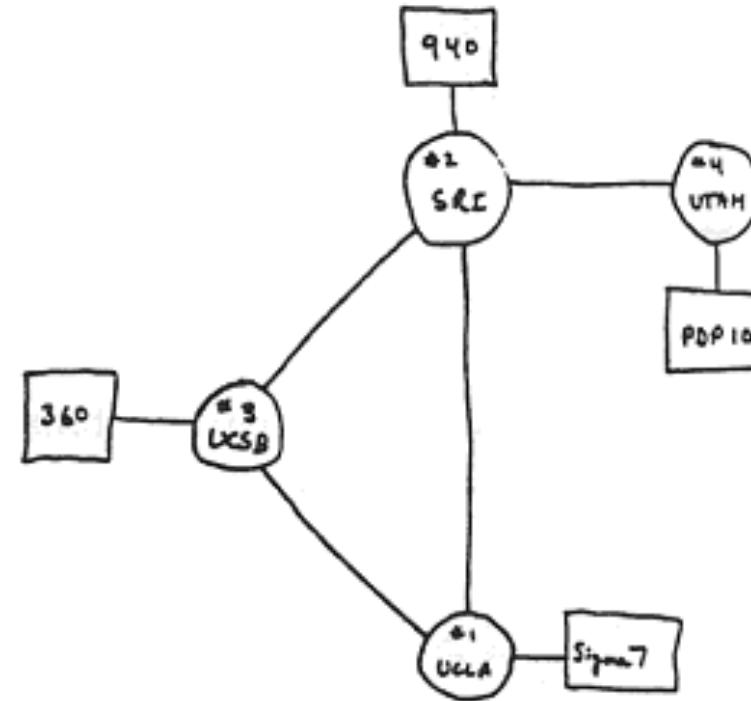
Storia delle Telecomunicazioni



Breve storia di Internet



50 ANNI DI INTERNET



THE ARPANET NETWORK

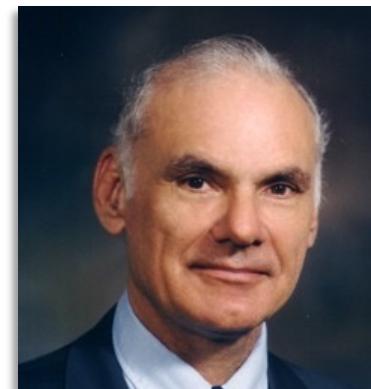
DEC 1969

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:

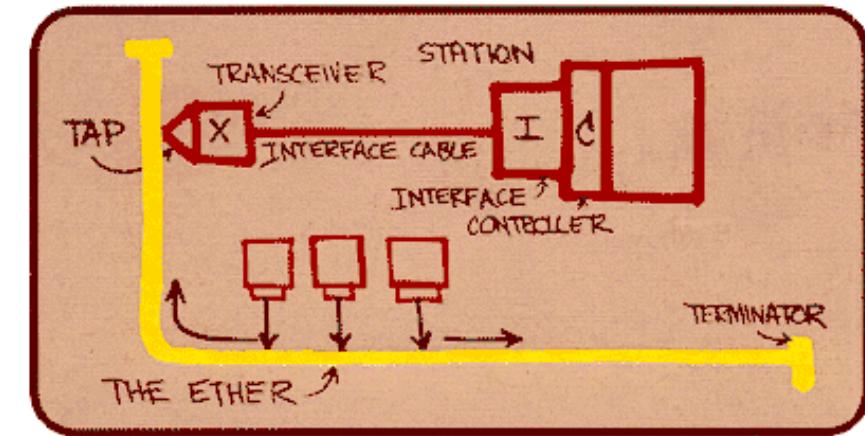
- ALOHAnet rete a pacchetti all'Uni Hawaii

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

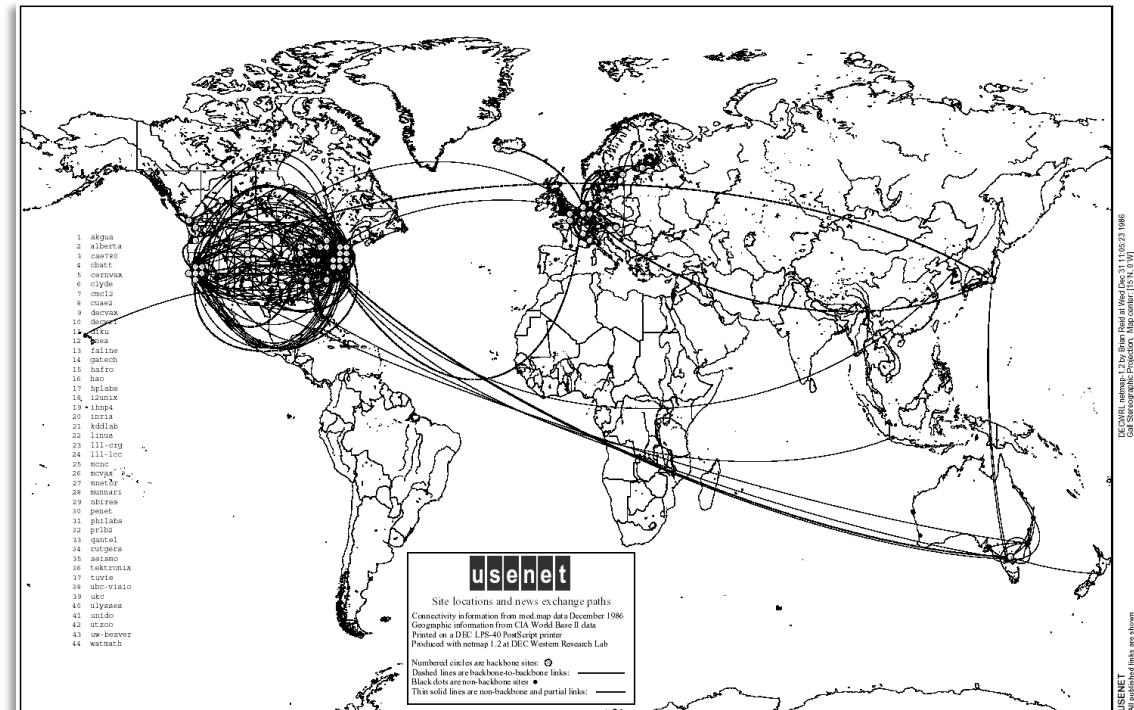
1983: rilascio di TCP/IP che sostituisce NCP

1983: definizione del DNS per la traduzione degli indirizzi IP

1985: definizione del protocollo FTP

1988: controllo della congestione TCP

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



Storia di Internet: anni '90

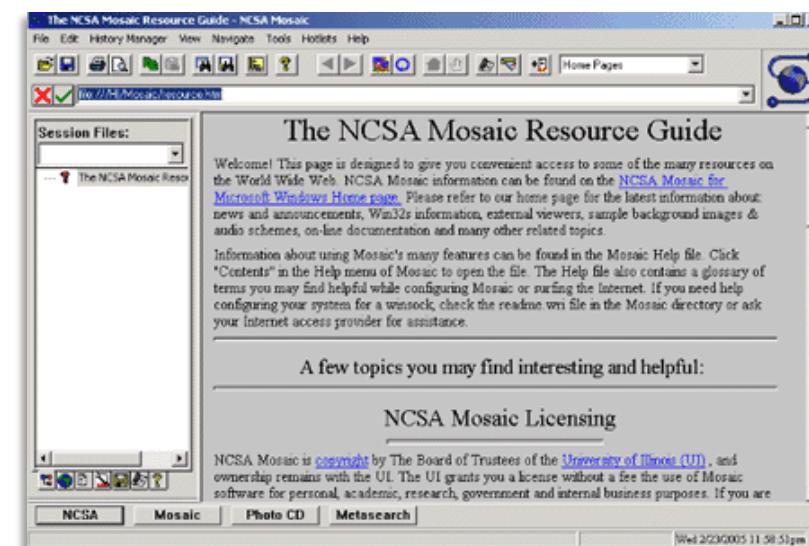
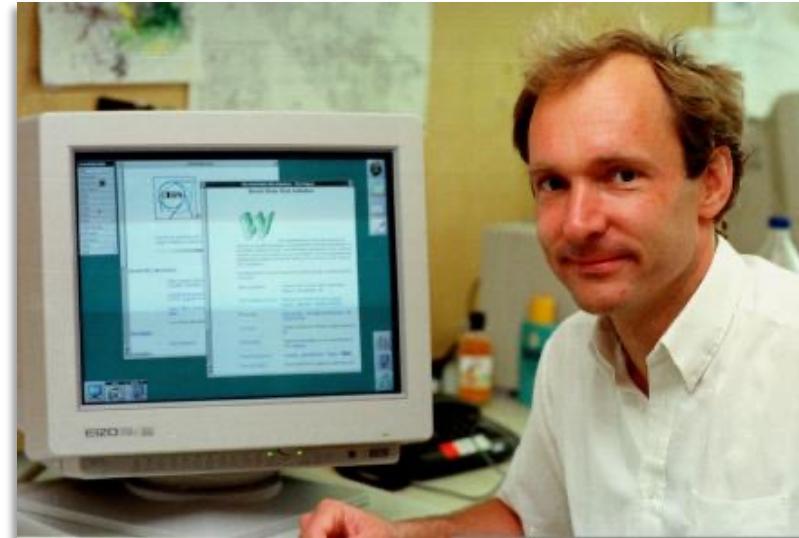
1990: ARPAnet viene dismessa

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 (i primi web browsers)

Fine '90: commercializzazione del Web



Storia di Internet: anni '00

2000 – 2009:

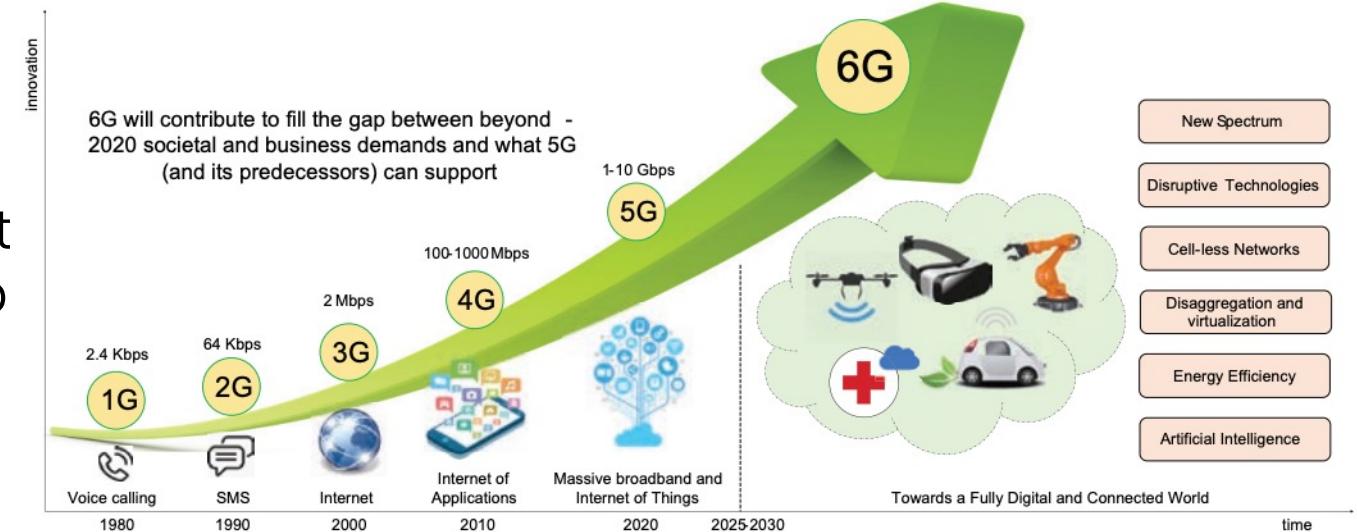
- Arrivano le “killer applications”: messaggistica istantanea, condivisione di file P2P, IP Telephony, social networks
- La sicurezza di rete diventa un problema
- Centinaia di milioni di host, un miliardo di utenti
- Velocità nelle dorsali dell'ordine dei Gbps



Storia di Internet: anni '10

2010 - oggi:

- Arrivano gli smartphones
- La telefonia si trasferisce su Internet
- I contenuti video diventano il traffico predominante sulla rete
- Esplosione della Mobile Internet

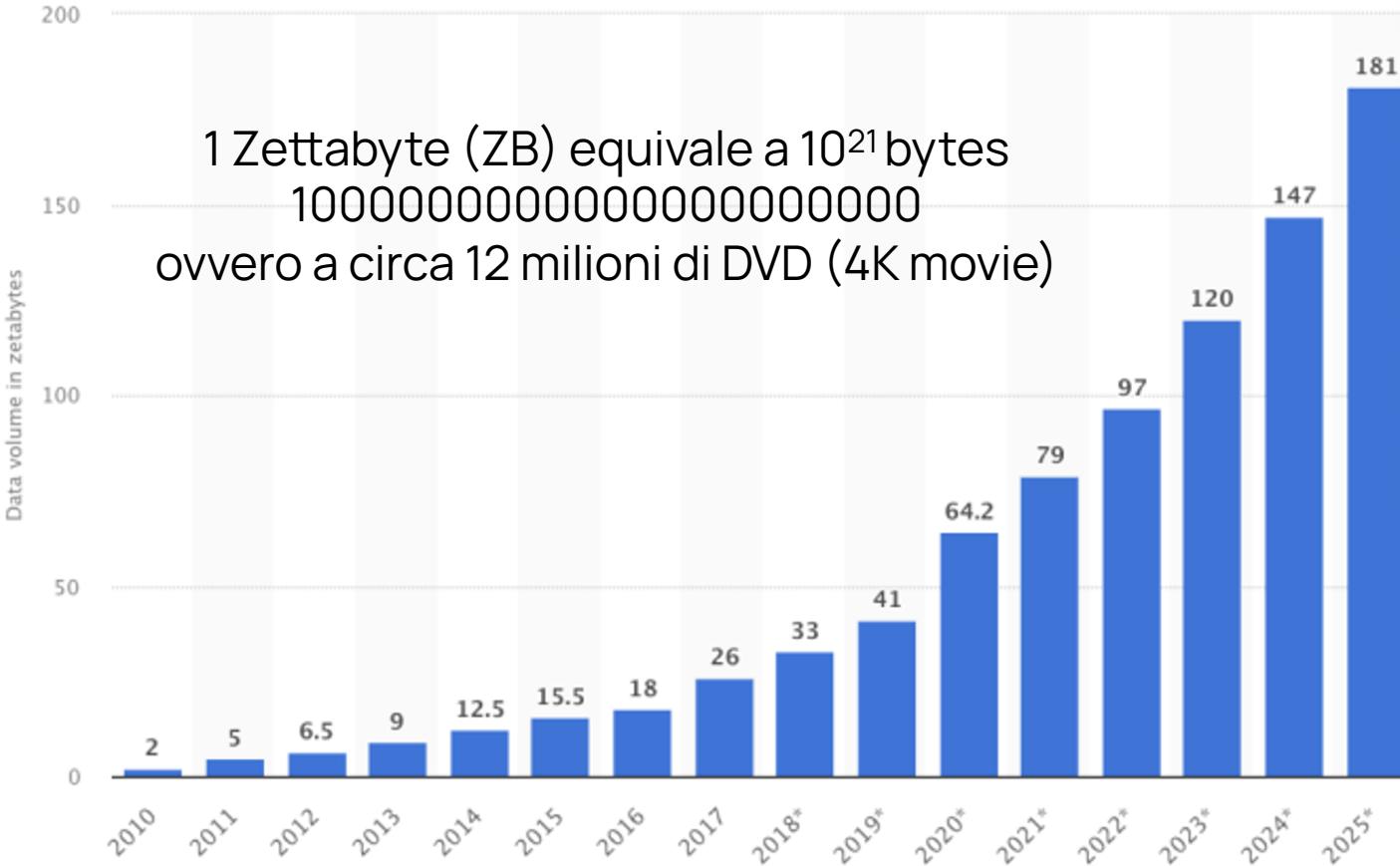


6G™

1G ~ 2G ~ 3G ~ 4G ~ 5G ~ ?
2020

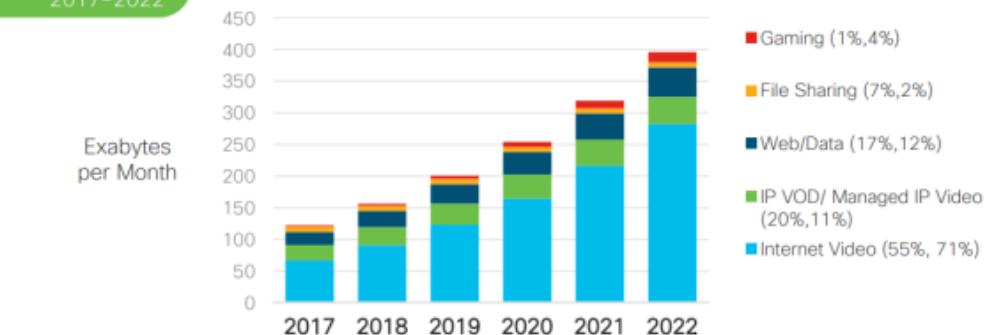


La crescita di internet



Global IP Traffic by Application Type
By 2022, video will account for 82% of global IP traffic

26% CAGR
2017-2022



© 2018 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved. Cisco Public

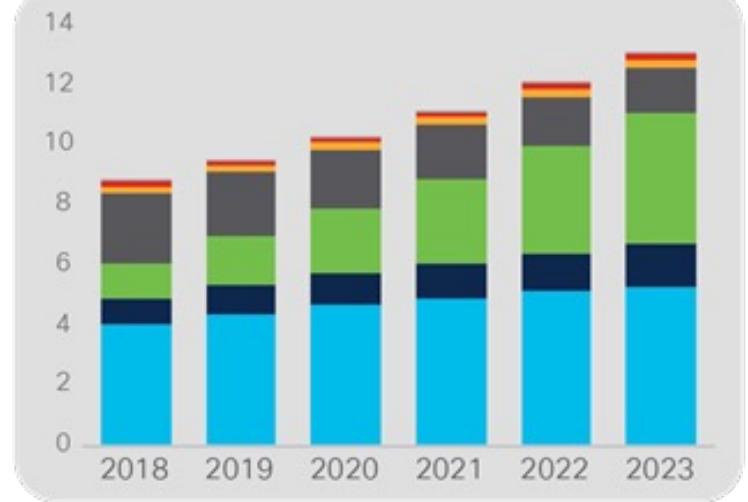
* Figures (n) refer to 2017, 2022 traffic share

Source: Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022

La crescita di internet

8% CAGR
2018-2023

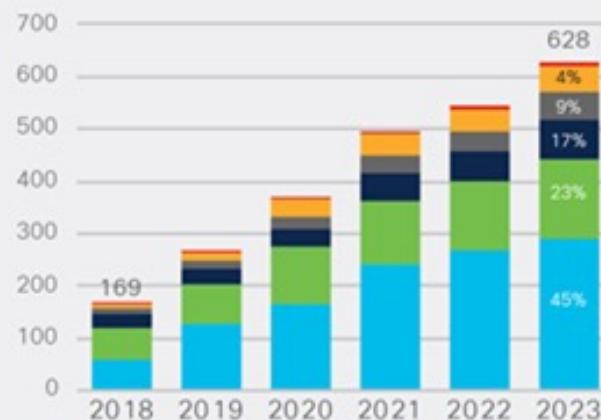
Billions of
Devices



- Smartphones (46%, 41%)
- Phablets (9%, 11%)
- M2M (13%, 34%)
- Nonsmartphones (27%, 11%)
- Tablets (2%, 2%)
- PCs (2%, 2%)
- Other Portable Devices (0.1%, 0.1%)
- * Smartphone category including phablets
- * Figures (n) refer to 2018, 2023 device share

30% CAGR
2018-2023

Millions of
Hotspots

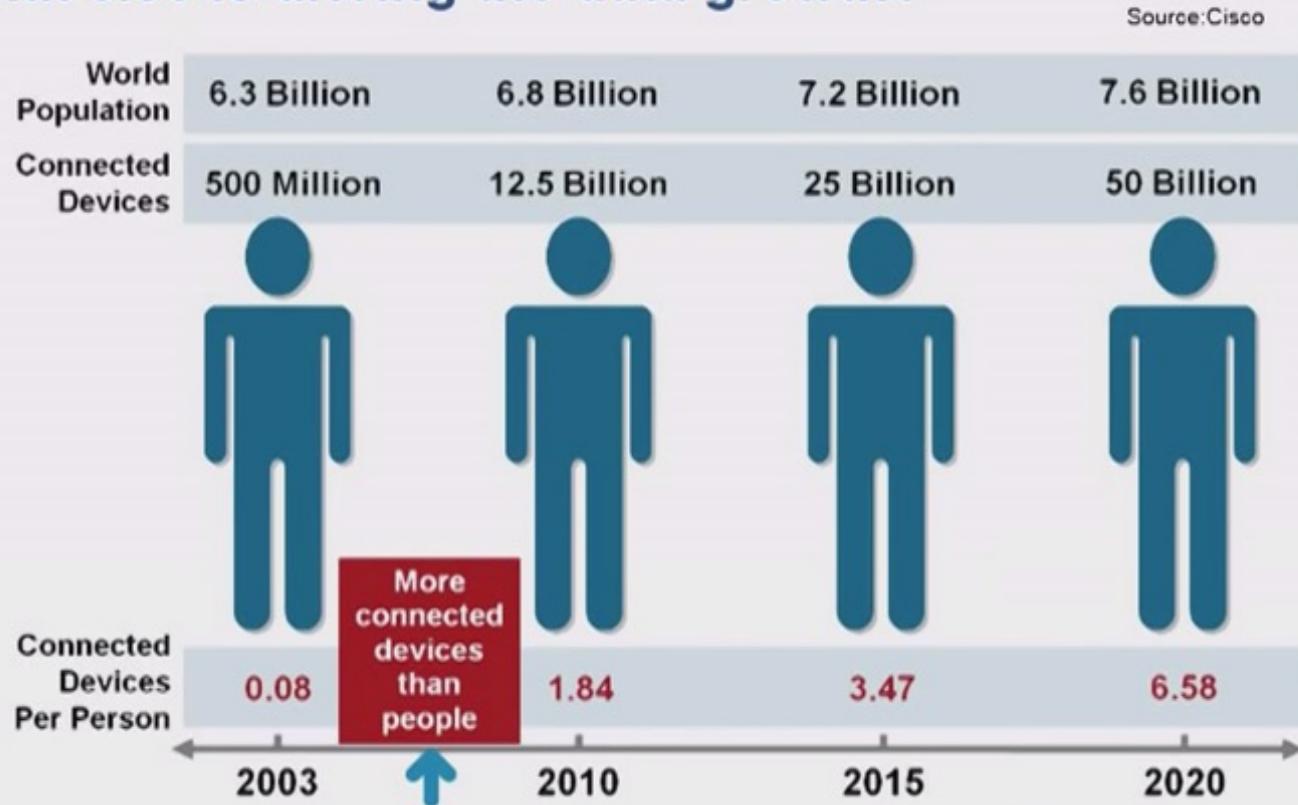


* Middle East and Africa represents 1% of global public Wi-Fi hotspots by 2023

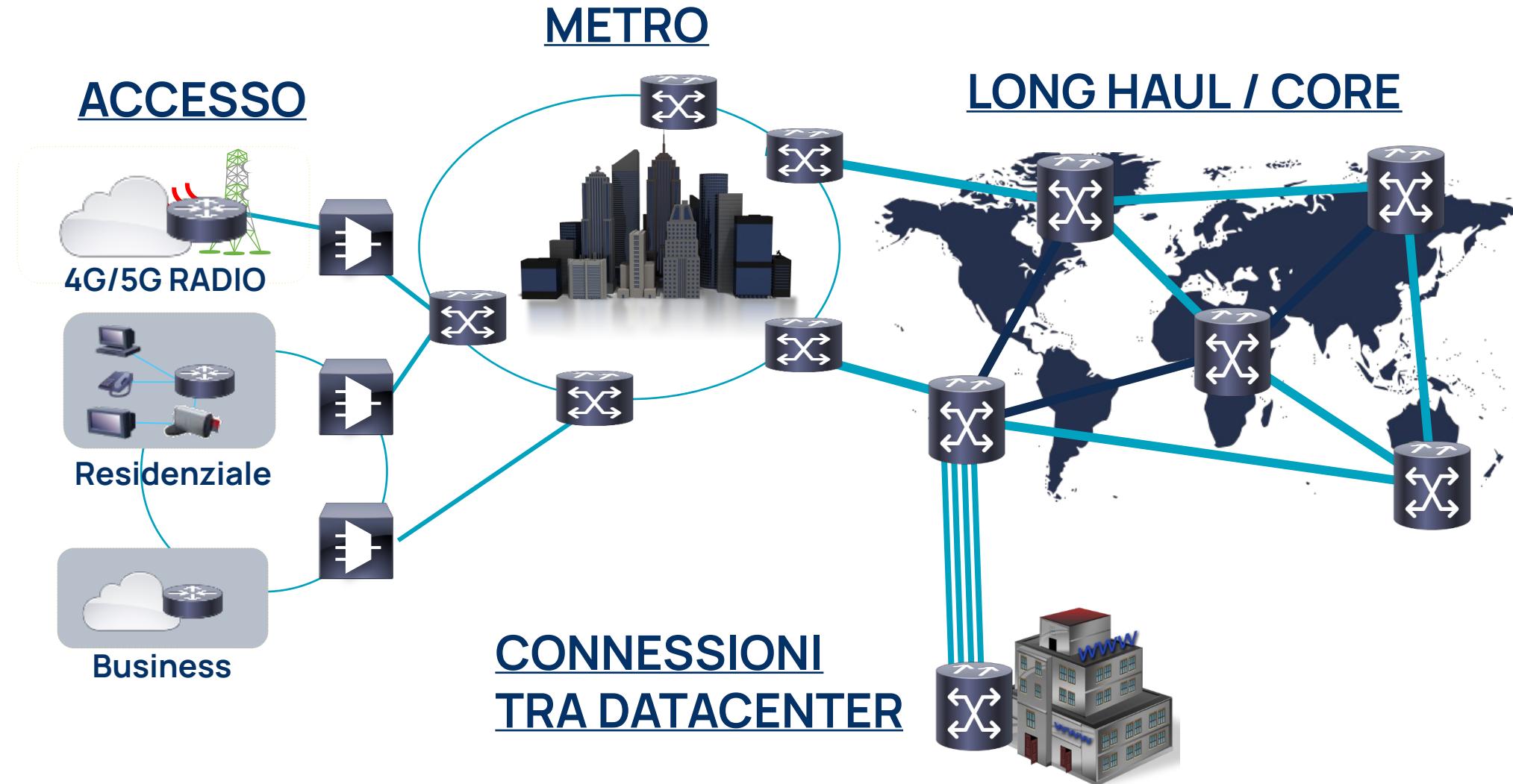


IoT: Internet of Things

What else is driving the data growth?

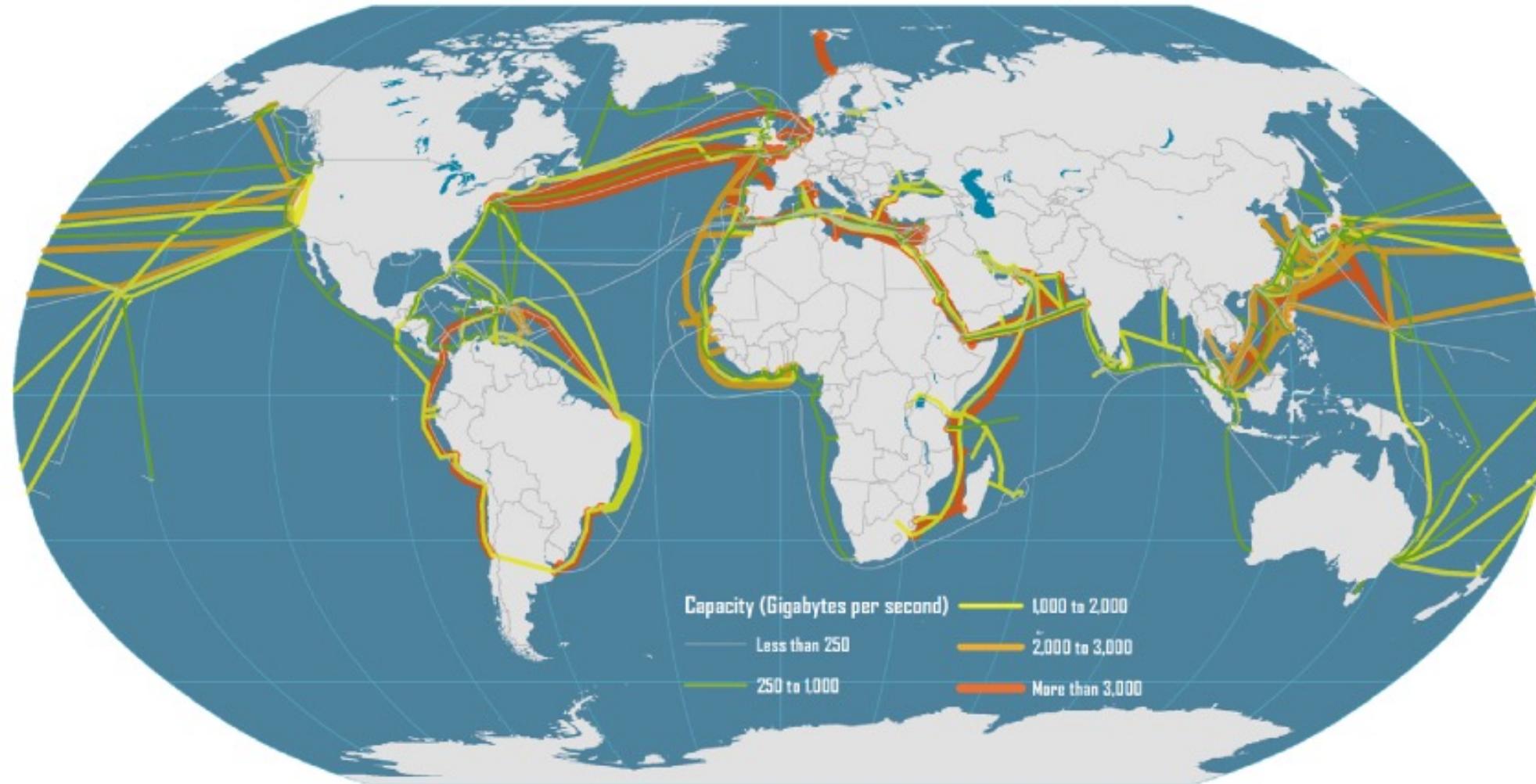


Reti in fibra ottica

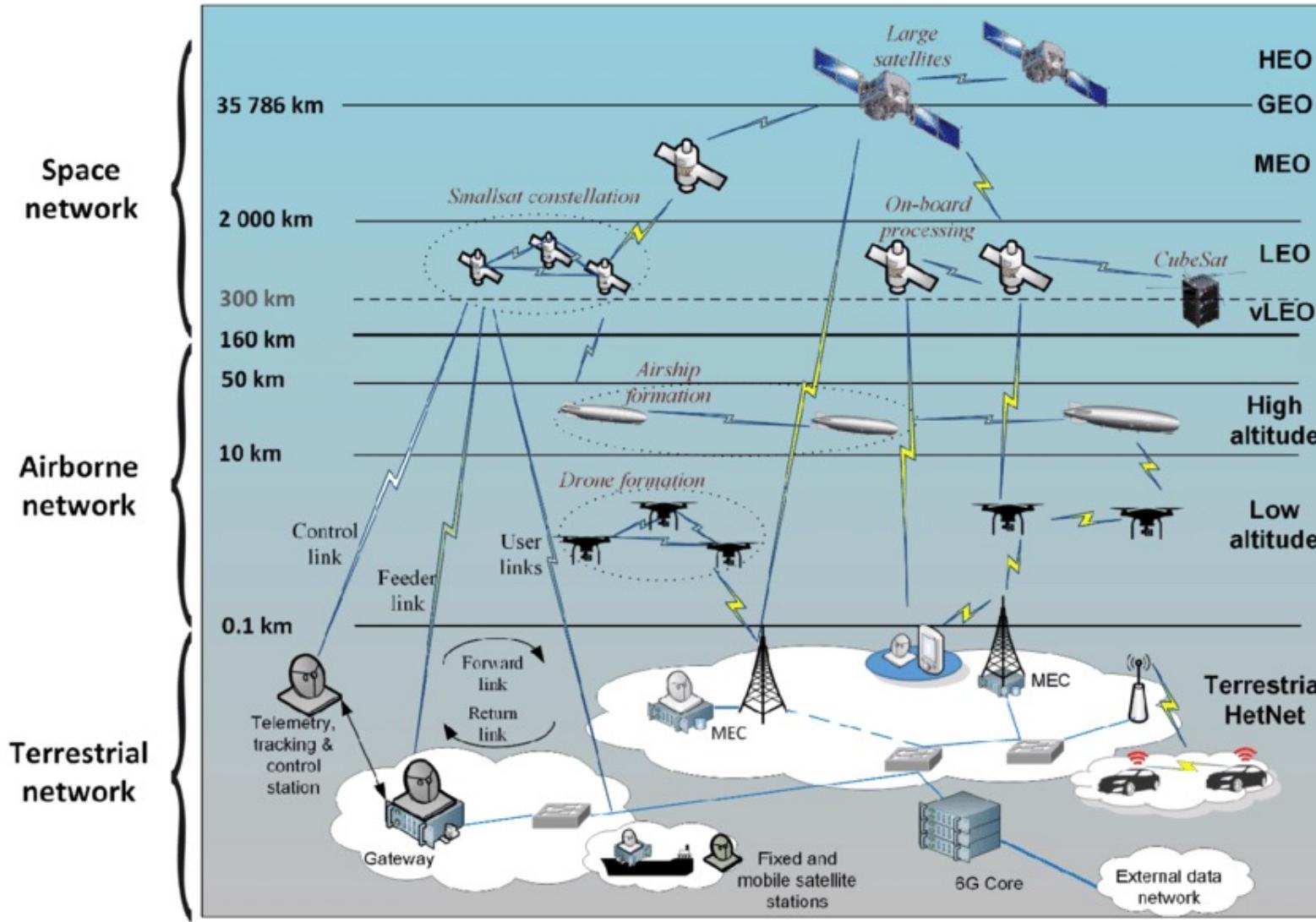


Internet è nel mare

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



E una parte si sta spostando in aria



Dove la fibra ottica non puo' essere installata per motivi economici o geografici

PROGRAMMA DEL CORSO

04

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*, e 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)

6. IL LIVELLO DI TRASPORTO

- Trasporto non affidabile: il protocollo UDP
- Trasporto affidabile: il protocollo TCP

Programma del corso

7. IL LIVELLO DI RETE:

- Internet Protocol* (IP): servizi offerti da IP, formato dei pacchetti
- Gestione di indirizzi IP

8. INOLTRO ED INSTRADAMENTO IN INTERNET:

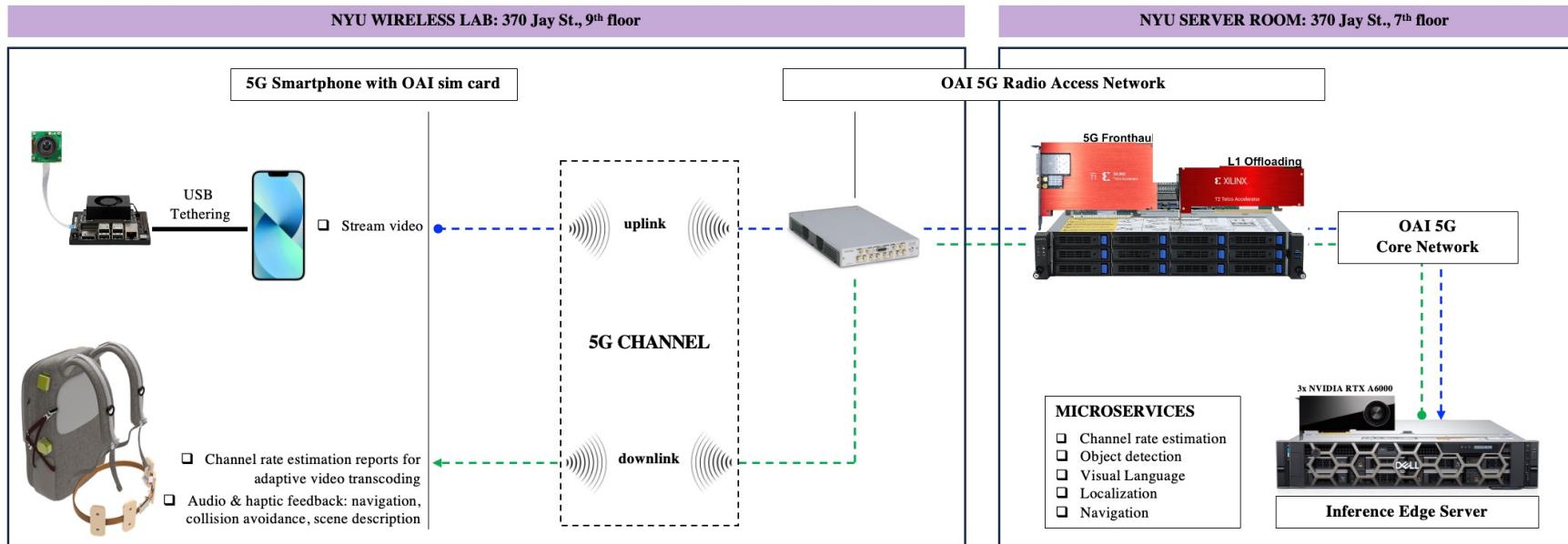
- Inoltro diretto ed indiretto, uso delle tabelle di *routing*

9. RETI LOCALI E LIVELLO DI LINEA:

- Ethernet, Accesso multiplo

Programma del corso

LABORATORIO:



- ❑ Streaming video da smartphone a server locale per l'analisi dell'immagine con modelli neurali
- ❑ Messa a punto di un vero sistema di comunicazione sperimentale 5G
- ❑ Analisi delle prestazioni wireless in tempo reale
- ❑ Monitaggio del flusso di pacchetti del sistema tramite WireShark
- ❑ Configurazione della rete cellulare e della strumentazione connessa alla rete

Fondamenti di TELECOMUNICAZIONI

Prof. Marco Mezzavilla
marco.mezzavilla@polimi.it