



Bologna, 05.11.2025

## Italia tra oggi e domani: quale ruolo nella leadership globale



**Gianluca Mazzini**

Direttore Generale Lepida ScpA

# Dati uomo

1. **Percezione sensoriale grezza:** L'insieme dei sensi umani genera circa  $10^9$  bit/s ( $\approx 1$  Gbit/s) di informazioni grezze — la maggior parte dalla vista.
2. **Elaborazione neurale effettiva:** La corteccia sensoriale integra e comprime i segnali a circa  $10^6$  bit/s ( $\approx 1$  Mbit/s) di informazione utile elaborata.
3. **Coscienza e attenzione selettiva:** La mente consapevole opera a una velocità di circa 10 bit/s, ossia un pensiero o scelta ogni frazione di secondo.
4. **Realtà immersiva perfetta** (VR indistinguibile dal reale): Per simulare il mondo con risoluzione, frame rate e campo visivo umano servirebbero 2–4 Gbit/s complessivi (2 occhi, 8K@120 Hz, 24 bit colore, audio 3D).
5. **Compressione percettiva del cervello:** Il cervello ignora oltre il 99,999% dei dati sensoriali: ricostruisce la realtà con predizione e memoria, non con banda reale.
6. **Banda “percettiva utile”:** Per generare un'esperienza totalmente realistica, basta fornire ciò che il cervello può distinguere e integrare: circa 1–10 Mbit/s effettivi.
7. **Banda massima necessaria per un essere umano:** Anche in una realtà immersiva perfetta, la banda utile percepita non supera i 10 Mbit/s — tutto oltre è ridondanza non elaborabile.
8. **Ruolo dell'Italia:** L'Italia, grazie alla sua tradizione di ricerca neuroscientifica e all'eccellenza ingegneristica in ambito sensoriale e percettivo (dalla robotica all'IA immersiva), è tra i Paesi europei più attivi nello studio della percezione e nella creazione di interfacce uomo-macchina capaci di riprodurre esperienze realistiche con banda limitata.



# Energia uomo

1. **Consumo energetico totale umano:** Un adulto medio brucia circa 2.000 kcal/giorno  $\approx$  2,4 kWh/giorno  $\approx$  100 W di potenza media continua. Il corpo umano è una “macchina” da una lampadina.
2. **Cervello – potenza media:** Il cervello consuma circa 20 W, pari al 20% del metabolismo totale, pur rappresentando solo il 2% del peso corporeo.
3. **Energia dedicata all’elaborazione neurale:** Dei 20 W cerebrali, solo una parte ( $\approx$  10 W) alimenta l’attività elettrica sinaptica; il resto serve a mantenere potenziali di membrana e metabolismo cellulare.
4. **Efficienza straordinaria:** Il cervello elabora circa  $10^{15}$  operazioni sinaptiche al secondo con appena 20 W. Per confronto, un supercomputer richiederebbe megawatt per lo stesso numero di operazioni.
5. **Energia per percezione e coscienza:** La “banda cosciente” (pochi bit/s di informazione consapevole) richiede meno di 1 W, una frazione minima della potenza cerebrale totale.
6. **Energia corporea per funzioni vitali:** Cuore:  $\sim$  2 W, Fegato e reni:  $\sim$  25 W, Muscolatura a riposo:  $\sim$  20 W, Termoregolazione e respirazione:  $\sim$  30 W.
7. **Banda energetica massima necessaria:** Anche al massimo sforzo cognitivo e fisico, l’essere umano non supera i 300 W ( $\approx$  7,2 kWh/giorno). La banda energetica cerebrale utile rimane entro 20–25 W  $\approx$  0,5 kWh/giorno – l’intero universo percettivo umano alimentato da meno energia di una lampadina da cucina.
8. **Ruolo dell’Italia:** L’Italia eccelle nella ricerca sull’efficienza energetica biologica e nei modelli bio-ispirati: dai laboratori di neuroscienze computazionali del CNR e delle università di Pisa, Roma e Trento, fino ai centri ENEA e IIT che studiano il rapporto tra consumo energetico, elaborazione neurale e intelligenza artificiale efficiente. Questa tradizione pone l’Italia tra i riferimenti europei nello studio del cervello come sistema energeticamente ottimizzato.



# Dati reti

1. **Reti personali** (PAN – Personal Area Network) Bluetooth 5.3, Wi-Fi Direct, NFC: Velocità: da 2 Mbps (NFC) a 2 Gbps (Wi-Fi Direct / Bluetooth LE Audio). Uso: accessori, dispositivi indossabili, IoT domestico.
2. **Reti locali** (LAN – Local Area Network) Ethernet e Wi-Fi. Ethernet: da 100 Mbps a 10–100 Gbps (fibra ottica). Wi-Fi 6/6E/7: fino a 30 Gbps teorici, 1–2 Gbps reali. Uso: case, uffici, data center.
3. **Reti metropolitane** (MAN – Metropolitan Area Network) Reti pubbliche o aziendali su scala cittadina, spesso in fibra. Velocità: 1–10 Gbps, latenze <5 ms. Uso: dorsali urbane, enti pubblici, università.
4. **Reti geografiche** (WAN – Wide Area Network) Interconnessioni nazionali o globali (internet, reti MPLS, dorsali ottiche). Velocità dorsale: fino a 400 Gbps – 1 Tbps per canale ottico. Uso: interconnessione tra regioni e stati.
5. **Reti mobili** (cellulari – 4G/5G/6G in sviluppo) 4G LTE: 100 Mbps medi, fino a 1 Gbps teorici. 5G: 1–10 Gbps (realistici 300–800 Mbps). 6G (previsto 2030): fino a 1 Tbps teorico. Uso: mobilità, IoT, connessioni pervasive.
6. **Reti satellitari** (LEO/GEO) Starlink, OneWeb, GEO broadband. Velocità: 50–250 Mbps (LEO) – 20–100 Mbps (GEO). Latenza: 20–600 ms a seconda dell'orbita. Uso: aree rurali, emergenze, connessioni globali.
7. **Banda globale attuale e tendenza** (2025): Velocità media globale Internet: ~100 Mbps (download), ~30 Mbps (upload). Banda massima disponibile (fibra ottica e 5G): ~10 Gbps per utente. Trend: convergenza fibra + 5G → rete unificata multi-gigabit, bassa latenza (<1 ms).
8. **Ruolo dell'Italia:** L'Italia è tra i Paesi europei più avanzati nella diffusione della fibra ottica e nella sperimentazione 5G e 6G. Grazie a iniziative come BUL (Banda Ultra Larga) e ai progetti di rete unica nazionale, il Paese punta a coprire oltre il 99% della popolazione con connettività gigabit entro il 2030. Inoltre, i consorzi pubblici e universitari italiani, insieme a centri di ricerca come il CNIT e il Politecnico di Milano, contribuiscono allo sviluppo di reti fotoniche e architetture edge europee di nuova generazione.



# Energia reti

1. **Reti Personali** (PAN – Bluetooth, Wi-Fi Direct, NFC): Velocità: 1 – 2 Gbps (Wi-Fi Direct). Consumo: ~0,5 – 1 W per dispositivo attivo. Efficienza: ~0,5 kWh per TB. Ideali per dispositivi indossabili e comunicazioni a corto raggio.
2. **Reti Locali** (LAN – Ethernet, Wi-Fi 6/7): Ethernet 1–10 Gbps: 1–5 W per porta. Wi-Fi 6/7: fino a 2 Gbps con 2–8 W per router. Efficienza: ~0,3 kWh per TB. Alta efficienza grazie a bassa distanza e protocolli locali.
3. **Reti Metropolitane** (MAN – dorsali urbane in fibra): Velocità: 10 – 100 Gbps. Consumo: ~0,1 kWh per TB. Molto efficienti per densità di traffico e uso continuo della fibra ottica.
4. **Reti Geografiche** (WAN – dorsali intercontinentali): Velocità: 100 – 400 Gbps per canale ottico. Consumo: ~0,05 kWh per TB. Le dorsali in fibra ottica sono le più efficienti energeticamente del pianeta.
5. **Reti Mobili** (4G, 5G, in evoluzione verso 6G): 4G: fino a 100 Mbps, ~5 kWh per TB. 5G: 1 – 10 Gbps, ~0,5–1 kWh per TB. 6G (atteso 2030): fino a 1 Tbps, efficienza prevista <0,1 kWh per TB. 5G dimezza i consumi rispetto al 4G grazie a reti più dense e beamforming.
6. **Reti Satellitari** (LEO/GEO): Velocità: 50 – 250 Mbps. Consumo: ~10–20 kWh per TB (LEO), >30 kWh per TB (GEO). Elevato costo energetico per il mantenimento orbitale e trasmissione a lungo raggio.
7. **Media globale e tendenza** (2025): Velocità media globale: ~100 Mbps, Consumo medio Internet globale: ~1–2 kWh per TB trasmesso, Trend: riduzione del 50% del consumo per bit ogni 2 anni grazie a ottimizzazione di rete, edge computing e fibra diffusa.
8. **Ruolo dell'Italia:** L'Italia è tra i Paesi europei più attivi nell'efficientamento energetico delle infrastrutture di rete. Progetti come Lepida, Infratel e le sperimentazioni del Politecnico di Torino, dell'ENEA e del CNR promuovono reti a basso consumo basate su fibra ottica, edge computing e alimentazione rinnovabile. Le dorsali regionali italiane raggiungono efficienze inferiori a 0,1 kWh per TB, in linea con i migliori standard europei, contribuendo alla riduzione dell'impronta energetica nazionale delle telecomunicazioni.



# Prossimità reti

1. **Concetto di prossimità:** Portare i dati più vicino all'utente riduce latenza, congestione e consumo di banda sulla rete globale. Obiettivo: spostare meno dati, più vicino al punto di utilizzo.
2. **Proxy:** intermediari intelligenti: Un proxy è un nodo che si interpone tra client e server, instradando o filtrando il traffico. Può memorizzare, autenticare, ottimizzare e controllare le richieste di rete.
3. **Caching:** memoria di rete locale: Il caching conserva copie dei contenuti più richiesti (pagine web, video, file) in nodi locali o regionali. Riduce i tempi di accesso da centinaia a pochi millisecondi. Evita di ricaricare risorse identiche da server remoti.
4. **Edge e CDN:** prossimità distribuita: Le Content Delivery Network (CDN) collocano server cache "ai margini" della rete (edge). Ogni nodo serve milioni di utenti vicini geograficamente. Esempio: Netflix Open Connect, Google Global Cache, Akamai Edge.
5. **Benefici di prossimità:** Latenza ridotta fino al 90%, Minor consumo energetico (meno tratte lunghe), Scalabilità del traffico globale, Esperienza utente stabile, anche in picchi di domanda.
6. **Proxy e caching dinamici** (intelligenti): Tecnologie moderne (HTTP/3, QUIC, AI caching) adattano le politiche in tempo reale: Pre-caricano contenuti previsti, Rimuovono dati obsoleti, Gestiscono priorità per tipo di servizio (video, dati, IoT).
7. **Sintesi: prossimità = efficienza.** Spostare l'intelligenza verso il bordo della rete trasforma Internet da rete "centrale" a rete distribuita di prossimità. Meno distanza, meno energia, più velocità, più resilienza.
8. **Ruolo dell'Italia:** L'Italia è pioniera nell'adozione di infrastrutture di prossimità pubbliche e regionali. Reti come Lepida, CSI Piemonte e IRIDE implementano nodi edge e cache territoriali per servizi cloud e digitali della Pubblica Amministrazione, riducendo latenza e traffico interregionale. In parallelo, centri di ricerca come il Politecnico di Milano e il CNR sviluppano architetture di edge computing sostenibile, integrando AI e reti ottiche locali per una rete italiana più efficiente e resiliente.



# Prossimità uomo vs reti

1. **Ridurre la distanza.** Reti: portare i dati vicino all'utente (edge, cache, CDN), Vita: avvicinarsi alle persone e ai luoghi che contano. In entrambi i casi, la distanza uccide la velocità e la qualità della relazione.
2. **Efficienza e immediatezza.** Reti: meno hop, meno latenza, più rapidità. Umani: meno intermediazioni, più contatto diretto, comunicazione chiara. La prossimità trasforma l'efficienza in esperienza immediata.
3. **Conoscenza locale.** Reti: il caching locale "sa cosa serve" agli utenti vicini. Umani: le comunità locali sanno "di cosa hanno bisogno" le persone. La conoscenza nasce vicino alla fonte.
4. **Riduzione del consumo.** Reti: meno traffico globale → meno energia e meno costi. Vita: meno spostamenti → meno stress, più sostenibilità. La prossimità risparmia risorse senza ridurre la connessione.
5. **Resilienza e autonomia.** Reti: nodi locali che funzionano anche se la dorsale è lontana. Umani: comunità che resistono grazie alla solidarietà e all'autonomia locale. La prossimità aumenta la robustezza del sistema.
6. **Personalizzazione e fiducia.** Reti: servizi adattati al contesto dell'utente. Vita: relazioni costruite sulla conoscenza diretta e la fiducia reciproca. La prossimità crea valore personale e umano.
7. **Sintesi: prossimità = connessione vera.** Digitale o umana, la prossimità non è solo vicinanza fisica, ma intelligenza relazionale: sapere dove sei, chi serve, e agire nel momento giusto.
8. **Ruolo dell'Italia:** L'Italia è una nazione costruita sulla prossimità — città compatte, borghi interconnessi, reti sociali dense. Questa cultura del "vicino" si riflette oggi anche nel digitale: infrastrutture regionali, cloud territoriali e servizi pubblici connessi in rete corta. L'Italia dimostra che la prossimità non è arretratezza, ma intelligenza distribuita: un equilibrio tra tecnologia e umanità, tra innovazione e radicamento locale.



# Prossimità vs Energia

1. **Meno distanza, meno spreco.** Reti: i dati viaggiano su percorsi più corti → minori perdite e meno trasmissioni ripetute. Umani: spostarsi meno significa consumare meno carburante e meno tempo vitale.
2. **Caching e memoria locale.** Reti: i contenuti conservati vicino all'utente riducono il traffico intercontinentale. Umani: ricordare e valorizzare il sapere locale evita di "riscoprire" ciò che già esiste. Conservare vicino = risparmiare energia cognitiva e fisica.
3. **Ottimizzazione del percorso.** Reti: il routing intelligente seleziona la via energeticamente più efficiente. Umani: la prossimità sociale ottimizza i legami e riduce gli "spostamenti emotivi". Il cammino corto è sempre quello più sostenibile.
4. **Riduzione della latenza e dell'attesa.** Reti: meno ritardo = meno cicli di trasmissione e buffering. Umani: meno attesa = meno stress metabolico e decisionale. Il tempo risparmiato è energia risparmiata.
5. **Autonomia e resilienza locale.** Reti: i nodi di edge computing continuano a funzionare anche se la dorsale è distante. Umani: comunità locali autonome consumano meno risorse centralizzate. La prossimità moltiplica l'efficienza e riduce la dipendenza da sistemi lontani.
6. **Sinergia tra prossimità digitale e umana.** Infrastrutture locali (cloud regionali, data center di comunità, reti civiche) riducono i flussi globali. L'uomo, interagendo localmente, riduce il bisogno di spostamenti fisici e digitali. La prossimità integrata è la chiave per la sostenibilità sistemica.
7. **Sintesi: la prossimità è la nuova efficienza.** Ogni metro e ogni millisecondo risparmiati equivalgono a meno Watt, meno CO<sub>2</sub>, più equilibrio. La rete e l'uomo diventano intelligenti quando diventano vicini.
8. **Ruolo dell'Italia:** L'Italia è un laboratorio naturale di prossimità efficiente: territori policentrici, città di media scala, reti regionali e infrastrutture pubbliche diffuse (come Lepida e Infratel) incarnano il principio "meno distanza, più valore". La cultura italiana della connessione locale — dal borgo alla rete civica digitale — mostra come la sostenibilità nasca dal ridurre la distanza tra tecnologia, territorio e comunità.





# Computer quantistico

1. **Un nuovo paradigma di calcolo.** Non elabora bit classici (0 o 1), ma qubit, unità di informazione basate sulle leggi della meccanica quantistica. È un modo completamente diverso di “pensare” i calcoli.
2. **Qubit: sovrapposizione di stati.** Un qubit può essere 0 e 1 contemporaneamente fino alla misura. Questa sovrapposizione permette di esplorare simultaneamente molte soluzioni.
3. **Entanglement: collegamento istantaneo.** Qubit correlati restano connessi anche se separati fisicamente. Cambiare uno influenza immediatamente l'altro: è la base della potenza combinatoria del calcolo quantistico.
4. **Interferenza quantistica.** Le onde di probabilità dei qubit possono sommarsi o annullarsi, amplificando i risultati corretti e cancellando quelli errati. È il “trucco” fisico che rende il calcolo quantistico massicciamente parallelo.
5. **Hardware radicalmente diverso.** I computer quantistici usano tecnologie come ioni intrappolati, superconduttori o fotoni, mantenuti a temperature prossime allo zero assoluto. Estremamente delicati e costosi da gestire.
6. **Applicazioni potenziali:** Criptografia e sicurezza post-quantistica, Ottimizzazione logistica e industriale, Simulazione di molecole, materiali e farmaci, Intelligenza artificiale quantistica. Oggi ancora in fase sperimentale, ma rivoluzionarie.
7. **In sintesi: potenza + parallelismo + probabilità.** Un computer quantistico non calcola più velocemente, ma calcola in modo diverso, esplorando contemporaneamente migliaia di possibilità. È la prossima frontiera del calcolo, dove la fisica sostituisce la logica binaria.
8. **Ruolo dell'Italia:** L'Italia è tra i protagonisti europei nella ricerca sul calcolo quantistico. Centri come il CNR, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), il Politecnico di Milano e l'Università di Padova contribuiscono allo sviluppo di qubit superconduttori, algoritmi quantistici e reti di comunicazione quantistica sicura. Progetti nazionali come Quantum Italy e la partecipazione all'iniziativa europea EuroQCI (Quantum Communication Infrastructure) pongono l'Italia tra i Paesi chiave nella costruzione di un ecosistema quantistico integrato, che unisce ricerca, industria e sicurezza nazionale.



# Comunicazione quantistica

1. **Definizione generale.** Una rete di comunicazione quantistica è un sistema che trasmette informazione quantistica (qubit) tra nodi diversi, utilizzando fotoni come portatori di stati quantici. È l'equivalente "quantico" di Internet, ma basato su fisica, non elettronica.
2. **Principio di base:** entanglement. Due particelle entangled mantengono una correlazione istantanea indipendentemente dalla distanza. Questo fenomeno consente la trasmissione sicura e la sincronizzazione quantistica tra punti remoti.
3. **Quantum Key Distribution (QKD).** È oggi l'applicazione più concreta: permette di creare chiavi crittografiche inviolabili, poiché ogni tentativo di intercettazione disturba lo stato quantico e viene rilevato. Sicurezza garantita dalle leggi della fisica, non da algoritmi.
4. **Componenti principali della rete:** Sorgenti di fotoni entangled, Canali ottici o satellitari, Ripetitori quantistici (quantum repeaters), Nodi di memoria quantistica. Una rete fisica + logica per trasmettere e conservare stati quantici.
5. **Differenza da Internet classica.** Internet trasmette bit classici (0/1). Le reti quantistiche trasmettono qubit (0 e 1 insieme). Non si può copiare l'informazione (no-cloning theorem), quindi servono protocolli completamente nuovi.
6. **Stato dell'arte (2025).** Collegamenti QKD terrestri fino a 1.000 km (Cina, Europa, USA). Satelliti quantistici (es. Micius) già operativi per link globali. Prime reti metropolitane quantistiche sperimentali (Vienna, Pechino, Tokyo). I mattoni del futuro "Quantum Internet".
7. **Obiettivo finale:** il Quantum Internet. Una rete globale di dispositivi quantistici interconnessi, capace di: Comunicare in modo assolutamente sicuro, Distribuire entanglement su scala planetaria, Collegare computer quantistici, sensori e satelliti. La prossima evoluzione della rete mondiale.
8. **Ruolo dell'Italia:** L'Italia è tra i Paesi europei di punta nello sviluppo delle reti quantistiche. Il CNR, l'INRIM, l'Università di Firenze e il Politecnico di Milano guidano progetti su Quantum Key Distribution e entanglement su fibra ottica a lunga distanza. Con l'iniziativa ItaqNet e la partecipazione alla rete europea EuroQCI, l'Italia sta creando i primi collegamenti quantistici nazionali tra Roma, Firenze, Pisa e Milano, gettando le basi per un'infrastruttura di Quantum Internet italiana integrata con l'Europa e con i satelliti quantistici in orbita.



# Quantistico verso umano

1. **Sovrapposizione degli stati.** Cervello: il pensiero umano valuta contemporaneamente più ipotesi, scenari e possibilità. Calcolo quantistico: i qubit possono essere 0 e 1 insieme (sovrapposizione). Entrambi esplorano molte realtà simultanee prima di collassare in una scelta o risultato.
2. **Collasso della scelta.** Mente: la decisione finale “collassa” una rete di pensieri potenziali in un’unica azione. Fisica quantistica: la misura collassa la sovrapposizione del qubit in un valore concreto. Osservare = decidere: l’atto della scelta crea la realtà.
3. **Entanglement e connessione.** Comunicazione quantistica: due particelle entangled restano collegate istantaneamente. Cervello umano: le reti neurali e sociali mostrano connessioni non lineari, dove stati emotivi e idee si influenzano a distanza. La conoscenza e la relazione umana sono forme di entanglement cognitivo.
4. **Parallelismo massivo.** Calcolo quantistico: processa milioni di stati in parallelo grazie all’interferenza quantica. Cervello: elabora sensazioni, memoria, linguaggio ed emozioni in flussi paralleli. L’intelligenza emerge dal parallelismo coerente, non dalla sequenza.
5. **Interferenza e selezione dei risultati.** Quantistica: le onde di probabilità si sommano o si cancellano per isolare la risposta giusta. Mente: le idee si confrontano, si rafforzano o si escludono a vicenda fino a una sintesi. Pensare è una forma di interferenza costruttiva e distruttiva di concetti.
6. **Incertezza e probabilità.** Fisica: non si può conoscere contemporaneamente stato e posizione di una particella. Psiche: non si può prevedere esattamente pensiero o comportamento umano. Entrambi vivono nella probabilità, non nella certezza deterministica.
7. **Sintesi: coscienza come sistema quantico “emergente”.** Il cervello, come un computer quantistico, non calcola soltanto: collassa, connette, prevede e riduce il caos. Pensare, comunicare e calcolare sono tre modi diversi di trasformare potenzialità in realtà.
8. **Ruolo dell’Italia:** L’Italia è una delle culle del pensiero che unisce scienza e coscienza. Dai laboratori di neurofisica quantistica del CNR e delle università di Trento e Pisa, fino alla tradizione filosofica che va da Galileo a Rovelli, il Paese esplora i confini tra mente e materia, tra realtà osservata e realtà pensata. L’Italia interpreta il legame tra cervello e quanti non solo come ricerca tecnologica, ma come riconciliazione tra scienza e umanesimo, dove la conoscenza è anch’essa una forma di entanglement.



lepida

[www.lepida.net](http://www.lepida.net)