



## Tutorial per costruire una potente rete dati e internet globale; con pochi soldi e materiale di scarto

**(Magari anche solo con scarpe da ginnastica)**

di Achille De Tommaso

*Nei paesi ricchi, l'attenzione ai collegamenti Internet è rivolta ad una connettività sempre attiva e a velocità di accesso sempre più elevate. Nei paesi poveri, invece, si arrangiano come possono. Attenzione, però: mentre l'approccio high-tech spinge sempre più in alto l'uso di energia, le alternative low-tech si traducono invece in reti molto più sostenibili; ed efficienti quanto (spesso) basta. E ciò può essere utile anche nei paesi ricchi. Anzi, lo è già.*

\*\*\*

Comincio con l'osservare che più della metà della popolazione mondiale non ha oggi accesso alla Rete "mondiale";

perché gli operatori sono, nei paesi meno sviluppati, riluttanti ad estendere la propria rete al di fuori delle aree più ricche. Ciò per gli elevati costi infrastrutturali, bassa densità di popolazione, limitata capacità di pagamento per i servizi, e una rete elettrica inaffidabile.

Ma l'essere umano è pieno di risorse, e diversi gruppi di ricerca e appassionati di rete (i cosiddetti “smanettoni”) hanno sviluppato e realizzato tecnologie alternative; più economiche e creative per risolvere questi problemi.

Hanno creato quelle che possiamo definire “reti low-tech”.

### **Fatevi una rete a lunga distanza basata sul WiFi !**

La maggior parte delle reti “low-tech”, esistenti e funzionanti, si basa sul WiFi; la stessa tecnologia che consente l'accesso mobile a Internet nelle nostre case. A tutta prima si potrebbe obiettare che questa tecnologia è stata sviluppata solo per distanze brevi; e mal si confà a quelle lunghe; ma non è vero. Sebbene lo standard WiFi sia stato sviluppato per la comunicazione con una portata tipica di circa 50-100 metri, la sua portata può essere estesa attraverso modifiche del livello MAC (Media Access Control) nel protocollo di rete; e attraverso l'uso di amplificatori e antenne direzionali. Tant'è vero che esiste il più lungo collegamento WiFi (non amplificato) al mondo; tra **Pico El Águila e Platillón in Venezuela**, fu installato alcuni anni fa, ed: è una connessione point-to-point wireless da 384 km!

Tuttavia, le reti a lunga distanza basate sul WiFi di solito consistono in una combinazione di collegamenti point-to-point più brevi: ciascuno con portata tra pochi chilometri e circa cento chilometri. Questi tratti vengono combinati per creare più grandi reti “multihop” (1). I collegamenti point-to-point, che costituiscono la spina dorsale di una rete WiFi a lungo raggio, vengono combinati con antenne omnidirezionali che distribuiscono il segnale alle singole famiglie, o aziende, di una comunità.



Un relè con tre collegamenti punto-punto e tre antenne settoriali. Progetto Tegola.

C'è però una limitazione: i collegamenti WiFi a lunga distanza richiedono la “portata ottica”; ossia senza ostacoli in mezzo: per stabilire una connessione: in questo senso, la tecnologia **assomiglia al telegrafo ottico del XVIII secolo (2)**. Però, non scoraggiatevi, anche questa limitazione si risolve: se non c'è portata ottica tra due punti, si può spesso installare un terzo relè in grado di vedere entrambi i punti, e rilanciare il segnale. A seconda del terreno e di particolari ostacoli, si possono poi installare più relè con più rilanci.

Non solo, se vi sentite vincolati a dover comunicare con un solo interlocutore (es. la moglie), rasserenatevi: anche se in genere i collegamenti point-to-point, sono costituiti da due antenne direzionali, una focalizzata sul nodo successivo e l'altra sul nodo precedente nella rete; i nodi possono avere anche antenne multiple con ogni antenna puntata su

differenti punti di connessione. Ciò consente protocolli di routing diversi, che possono selezionare dinamicamente quali collegamenti scegliere tra quelli disponibili: moglie, oppure suocera, oppure figli. Eccetera.

E se non volete solo comunicare con la famiglia, ma navigare su Internet? Per fornire agli utenti l'accesso alla rete Internet, una rete WiFi a lungo raggio deve essere collegata ad almeno una dorsale Internet principale, mediante uno o più "nodi gateway". In genere si tratta di una connessione a banda larga (DSL, fibra ottica o satellite); ma, udite, udite, alcuni usano anche il "dial-up". E ci si può arrangiare anche se il nodo gateway non può essere installato: gli utenti infatti possono comunque comunicare tra loro e possono anche visualizzare i siti web impostati precedentemente su server locali da qualche intraprendente fornitore di servizi. Chi si accontenta gode!

Attenzione; queste non sono realizzazioni da trogloditi: con queste soluzioni WiFi si può ottenere una banda di fino a 54 Mbps con costi di capitale molto bassi. Poiché lo standard Wi-Fi gode di ampia accettazione e ha enormi volumi di produzione, è possibile acquistare infatti, antenne e schede wireless per pochi soldi. In alternativa, per chi necessita di arrangiarsi ulteriormente, i componenti possono essere assemblati con materiali di scarto come vecchi router, antenne satellitari e computer portatili. Protocolli come WiLDNet girano su un processore da 266 Mhz con solo 128 MB di memoria; quindi un vecchio computer smantellato può essere sufficiente a fornire materiale.

Non solo: i nodi WiFi sono leggeri e non hanno bisogno di costose torri, riducendo ulteriormente i costi di capitale e riducendo al minimo l'impatto delle strutture da costruire. Di recente si sono rese disponibili unità che combinano antenna, scheda wireless e processore. Per costruire un relè, si collegano semplicemente tali unità con cavi Ethernet e il gioco è fatto. Le unità possono essere montate su torri o anche su alberi, dato che offrono poco carico di vento. Esempi di fornitori di componenti WiFi a lungo raggio sono Ubiquity , Alvarion, MikroTik e simpleWiFi .



**Il WiFi a lungo raggio utilizza uno spettro senza licenza e offre un'elevata larghezza di banda, bassi costi di capitale, facilità di installazione e bassi requisiti di alimentazione.**

Non preoccupatevi della bolletta elettrica: il WiFi a lungo raggio ha bassi requisiti di potenza. Una tipica installazione composta da due collegamenti a lunga distanza e una o due schede wireless per la distribuzione locale consuma circa 30 watt. In diverse reti "low-tech", i nodi sono interamente alimentati da pannelli solari e batterie. Un altro importante vantaggio del WiFi a lungo raggio è che utilizza uno spettro senza licenza (2,4 e 5 GHz), evitando così le interazioni e negoziazioni con gli operatori di telecomunicazioni e il governo. Ciò aumenta il vantaggio in termini di costi e consente praticamente a chiunque di avviare una rete interurbana basata sul WiFi.

### **Reti WiFi a lungo raggio in paesi poveri**

Le prime reti WiFi a lungo raggio sono state create da dieci a quindici anni fa. Nei paesi poveri ne sono state costruite di due tipi principali. **Il primo è volto a fornire l'accesso a internet agli abitanti nei villaggi remoti.** Un esempio è la

rete **Akshaya in India**, che copre l'intero Stato del Kerala ed è una delle più grandi reti wireless del mondo. L'infrastruttura è costruita attorno a circa 2500 "centri di accesso", che non sono altro che negozi con un computer installato. Ciò perché la proprietà diretta di un computer, in quella regione, è minima.

Un altro esempio, sempre in India, sono le reti **AirJaldi** (4) che forniscono accesso a Internet a circa 20.000 utenti in sei stati, tutti in regioni remote e su terreni difficili. La maggior parte dei nodi di questa rete è alimentata da energia solare e la distanza tra loro può essere di 50 km o più. In **alcuni paesi africani**, le reti WiFi locali distribuiscono l'accesso a Internet da un gateway satellitare.



Un nodo nella rete AirJaldi

Un secondo tipo di rete WiFi a lunga distanza in paesi poveri è finalizzato a fornire **applicazioni di telemedicina a comunità remote**. Nelle regioni remote, l'assistenza sanitaria è spesso fornita da postazioni sanitarie scarsamente attrezzate e frequentate da tecnici sanitari poco addestrati. Le reti WiFi a lungo raggio possono collegare gli ospedali urbani con queste postazioni sanitarie periferiche, consentendo ai medici di supportare da remoto i tecnici sanitari; utilizzando trasferimenti di file ad alta risoluzione e strumenti di comunicazione in tempo reale basati su voce e video.

Un esempio è il collegamento tra **Cabo Pantoja e Iquitos nella provincia di Loreto in Perù**, istituito nel 2007. La rete di 450 km è composta da 17 torri distanti tra 16 e 50 km. La linea collega 15 avamposti medici in villaggi remoti con l'ospedale principale di Iquitos ed è finalizzata alla diagnosi a distanza dei pazienti. Tutta l'attrezzatura è alimentata da pannelli solari. Altri esempi di successo di reti di telemedicina WiFi a lungo raggio sono presenti, oltre che in India, anche in **Malawi e Ghana**.

### **Reti basate su WiFi in Europa: le reti "comunitarie".**

Le reti low-tech nei paesi poveri sono in genere create da organizzazioni umanitarie, governi, università o imprese. Ma queste reti esistono anche nei paesi ricchi; sono le cosiddette "reti di comunità": Gli utenti stessi costruiscono, alimentano e gestiscono l'infrastruttura. La condivisione reciproca delle risorse costituisce la base di queste reti: i partecipanti possono configurare il proprio nodo e connettersi alla rete (gratuitamente), purché il loro nodo consenta anche il traffico degli altri membri. Ciascun nodo funge da dispositivo di routing WiFi che fornisce servizi di inoltro IP e un collegamento dati a tutti gli utenti e i nodi ad esso connessi.

Di conseguenza, con ogni nuovo utente, la rete diventa più grande. Non esiste una pianificazione generale a priori. Una rete di comunità cresce guidata dalle esigenze dei suoi utenti, in quanto nodi e collegamenti vengono aggiunti o aggiornati in base alla domanda.





La grande rete “comunitaria” spagnola Guifi.net

Nonostante la mancanza di statistiche affidabili, le reti comunitarie sembrano avere successo, e ce ne sono alcune di grandi dimensioni in Europa, come **Guifi.net (Spagna)**, **Athens Wireless Metropolitan Network (Grecia)**, **FunkFeuer (Austria)** e **Freifunk (Germania)**.

La rete spagnola è la più grande rete a lunga distanza “WiFi-based” al mondo con oltre 50.000 chilometri di collegamenti. La maggior parte si trova nei Pirenei catalani, una delle zone meno popolate della Spagna. La rete è stata avviata nel 2004 e ora ha quasi 30.000 nodi, rispetto ai 17.000 del 2012. Guifi.net fornisce l'accesso a internet a privati, aziende, amministrazioni e università. In linea di principio, la rete è installata, alimentata e gestita dai suoi utenti, sebbene siano anche presenti volontari e installatori commerciali. Alcuni nodi e aggiornamenti della dorsale sono stati finanziati con successo da beneficiari della rete.

**Prestazioni delle reti a bassa tecnologia La larghezza di banda disponibile per utente può variare enormemente, a seconda dell'ampiezza di banda dei nodi gateway e del numero di utenti.**

La larghezza di banda disponibile per utente, su queste reti, può variare enormemente, a seconda dell'ampiezza di banda dei nodi del gateway e del numero di utenti. Le reti WiFi a lunga distanza destinate alla telemedicina nei paesi poveri hanno pochi utenti e un **buon backhaul, (3)** con conseguente larghezza di banda elevata (+ 40 Mbps). Questo dà loro prestazioni simili alle connessioni in fibra nel mondo sviluppato. Meno pretenziosa la Guifi.net: uno studio su (una piccola parte) della rete, che ha migliaia di utenti, ha mostrato uno throughput medio di 2 Mbps, che è paragonabile a una connessione DSL relativamente lenta. Il throughput effettivo per utente varia, in realtà, da 700 kbps a 8 Mbps.

Addirittura, le reti a bassa tecnologia che distribuiscono l'accesso a Internet a una vasta base di utenti nei paesi in via di sviluppo possono avere una larghezza di banda molto più limitata per utente. Ad esempio, un campus universitario in Kerala (India) utilizza una connessione Internet a 750 kbps che è condivisa tra 3.000 membri di facoltà e studenti; con una disponibilità di circa 1,9 kbps; che è lenta anche rispetto a una connessione dial-up (56 kbps).

**La vera soluzione: reti tolleranti al ritardo**

Per peggiorare le cose, tali reti spesso devono gestire un'alimentazione elettrica intermittente.

In queste circostanze, anche le applicazioni Internet più comuni hanno prestazioni scadenti o non funzionano affatto. Il modello di comunicazione di Internet si basa infatti su un insieme di “presupposti” di rete, chiamati “suite di protocolli TCP / IP”. Questi includono l'esistenza di un percorso bidirezionale end-to-end tra la sorgente (ad esempio il server di un sito Web) e la destinazione (il computer dell'utente); con brevi ritardi di andata e ritorno e bassi tassi di errore.

Molte reti a bassa tecnologia nei paesi poveri non si conformano a questi presupposti. Sono infatti caratterizzate da connettività intermittente; ritardi lunghi e variabili e alti tassi di errore.

In tali condizioni, anche con buona creatività, Internet non può funzionare.

Però le problematiche tecniche possono essere risolte allontanandosi dal modello delle reti tradizionali e **progettando invece reti basate su comunicazione a connettività intermittente**.

Queste cosiddette "reti tolleranti al ritardo" (DTN) hanno i loro protocolli specializzati sovrapposti ai protocolli standard e non utilizzano necessariamente il TCP. I problemi di connettività intermittente e i lunghi ritardi vengono risolti utilizzando la vecchia e collaudata tecnica di commutazione di messaggi "store-and-forward".

Con questa tecnica le informazioni vengono inoltrate da un luogo di archiviazione presente su un nodo a un punto di archiviazione su un altro nodo; lungo un percorso che *alla fine* raggiunge la sua destinazione. **A differenza dei tradizionali router Internet, che memorizzano i pacchetti in entrata solo per pochi millisecondi sui chip di memoria, i nodi di una rete tollerante al ritardo hanno una memoria persistente** (come i dischi rigidi) in grado di conservare le informazioni indefinitamente.

Le reti tolleranti al ritardo non richiedono un percorso end-to-end tra sorgente e destinazione. I dati vengono semplicemente trasferiti da un nodo all'altro. Se il nodo successivo non è disponibile a causa di lunghi ritardi o un'interruzione dell'alimentazione, i dati vengono archiviati sul disco rigido fino a quando il nodo non diventa nuovamente disponibile. Anche se ciò potrebbe richiedere tempo per i dati per viaggiare da origine a destinazione, una rete tollerante al ritardo assicura che, comunque, alla fine, essi arriveranno a destino.

Le reti tolleranti al ritardo riducono ulteriormente i costi di capitale e l'uso di energia, portando a un utilizzo più efficiente di scarse risorse. Continuano a lavorare con una fornitura di energia intermittente e si combinano bene con le fonti di energia rinnovabili: pannelli solari o turbine eoliche possono alimentare i nodi della rete solo quando il sole splende o soffiava il vento, eliminando la necessità di accumulo di energia.

### **Sempre più creativi: trasporto dati a dorso di mulo**

Il networking tollerante al ritardo può assumere forme sorprendenti, specialmente quando sfruttano alcuni mezzi di comunicazione non tradizionali, come i (cosiddetti) "**muli per trasporto dati**". In tali reti, le tecnologie di trasporto convenzionali - autobus, automobili, motocicli, treni, imbarcazioni, aerei (in teoria anche i muli) - vengono utilizzate per trasportare messaggi da un luogo a un altro in modalità store-and-forward.

Esempi sono **DakNet e KioskNet**, che usano gli autobus come "muli per dati". In molte regioni in via di sviluppo, le linee di autobus rurali visitano regolarmente villaggi e città che non hanno connettività di rete. Dotando ogni veicolo di un computer, di un dispositivo di archiviazione e di un nodo WiFi mobile da un lato, e installando un nodo Wi-Fi fisso in ogni villaggio dall'altro; l'infrastruttura di trasporto locale può sostituire un collegamento Internet wireless.



Trasferimento di dati "a dorso di scooter"

I dati in uscita (ad esempio le e-mail o le richieste di pagine Web) vengono archiviati nei computer locali del villaggio fino a quando il bus non raggiunge la portata del nodo del villaggio. A questo punto, il nodo WiFi fisso del computer

locale trasmette automaticamente i dati al nodo WiFi mobile del bus. Successivamente, quando il bus arriva a un hub collegato a Internet, i dati in uscita vengono trasmessi dal nodo WiFi mobile al nodo gateway e quindi a Internet. I dati inviati al villaggio prendono la strada opposta. Il conducente del bus o dei dati non necessita di competenze particolari ed è completamente ignaro del trasferimento dei dati in atto. L'utente non deve fare altro che entrare nel raggio dei nodi.

### **In una rete di “muli per dati”, l'infrastruttura di trasporto locale sostituisce un collegamento Internet wireless**

L'uso di “muli di dati” offre alcuni vantaggi in più rispetto a reti più "s sofisticate" tolleranti al ritardo. Una rete WiFi siffatta consente infatti l'utilizzo di dispositivi radio piccoli, a basso costo e di bassa potenza, che non richiedono la portata ottica e di conseguenza non necessitano di torri, riducendo ulteriormente i costi di capitale e il consumo di energia rispetto alle altre reti low-tech.

L'utilizzo di collegamenti WiFi a breve distanza comporta anche una maggiore larghezza di banda rispetto ai collegamenti WiFi a lunga distanza, il che rende i “muli per dati” più adatti per trasferire file di grandi dimensioni. In media, è possibile spostare 20 MB di dati in ciascuna direzione quando un bus passa vicino a un nodo WiFi fisso.

### **Software tollerante al ritardo**

Ovviamente, una rete DTN, qualunque sia la sua forma, richiede anche un nuovo software; anche se esistono applicazioni che funzionano senza un percorso di rete connesso end-to-end. L'email è un ottimo esempio; ed è relativamente facile da adattare alla connettività intermittente. Sebbene le e-mail possano impiegare più tempo per raggiungere la loro destinazione, l'esperienza dell'utente in realtà non cambia molto.

Navigare e cercare nel web richiede però più adattamenti. Ad esempio, la maggior parte dei motori di ricerca ottimizza la velocità, presupponendo che un utente possa esaminare rapidamente i collegamenti restituiti; e avviare immediatamente una seconda ricerca modificata, se il primo risultato è inadeguato. Nelle reti intermittenti, più turni di ricerca interattiva sono quindi poco pratici. Esistono però motori di ricerca *asincroni* che ottimizzano la larghezza di banda piuttosto che il tempo di risposta. Ad esempio, **RuralCafe** desincronizza il processo di ricerca eseguendo molte attività di ricerca in modalità offline, perfezionando la richiesta di ricerca in base a un database di ricerche simili. Il recupero effettivo delle informazioni tramite la rete viene effettuato solo se assolutamente necessario.

### **Molte applicazioni Internet possono essere adattate a reti intermittenti, come web browser, posta elettronica, compilazione di moduli elettronici, interazione con siti di e-commerce, blogsoftware, download di file di grandi dimensioni o social media.**

Alcuni browser abilitati alla DTN scaricano non solo le pagine Web richieste esplicitamente ma anche le pagine alle quali sono collegate le pagine richieste. Altri sono ottimizzati per restituire risultati a bassa larghezza di banda, ottenuti mediante filtraggio, analisi e compressione sul sito del server. Un effetto simile può essere ottenuto attraverso l'uso di un servizio come **Loband**, che rimuove pagine Web di immagini, video, pubblicità, pulsanti di social media e così via; presentando solo il contenuto testuale.

Il navigare e il cercare usando reti intermittenti può anche essere migliorato con il **caching locale** (memorizzazione di pagine già scaricate) e il **precaricamento** (scaricando pagine che potrebbero essere recuperate in futuro). Molte altre applicazioni internet possono essere adattate a reti intermittenti, come il riempimento di moduli elettronici, l'interazione con siti di e-commerce, download di file di grandi dimensioni, social media e così via.

### **La soluzione finale : trasportare i dati a piedi con “sneakernet”**

Ovviamente, le applicazioni in tempo reale come telefonia via Internet, streaming multimediale, chat o videoconferenza sono impossibili da adattare alle reti intermittenti, che forniscono solo comunicazioni asincrone. Queste applicazioni sono però anche difficili da eseguire su reti sincrone con larghezza di banda limitata.

Però, molte di queste applicazioni possono essere organizzate in modi diversi. Mentre le conversazioni vocali o video in tempo reale non funzionano con queste reti, è perfettamente possibile inviare e ricevere messaggi vocali o video. E mentre non si può ottenere lo streaming multimediale, il download di album musicali e video rimane possibile. Inoltre, questi file possono essere "trasmessi" dalla tecnologia digitale più antica e low-tech disponibile: la cosiddetta **sneakernet**. In una sneakernet, i dati digitali vengono trasmessi "in modalità wireless" utilizzando un supporto di memorizzazione come un disco rigido, una chiave USB, una scheda flash o un CD o DVD (come sapete il nome deriva

da “sneaker”, le scarpe da ginnastica. Il che vuole significare che i dati vengono trasmessi in maniera rudimentale; camminando a piedi) . Prima dell'arrivo di Internet, tutti i file del computer venivano scambiati tramite una sneakernet, usando schede, nastri perforati o magnetici, o floppy disk, come supporto di memorizzazione.



Riempire un treno merci pieno di supporti di memorizzazione digitale potrebbe battere qualsiasi rete digitale in termini di velocità, costi ed efficienza energetica.

Proprio come una rete di muli di dati, una sneakernet coinvolge un veicolo, un messaggero a piedi o un animale (come un piccione viaggiatore) . In una sneakernet non esiste un trasferimento automatico di dati tra il nodo mobile (ad esempio un veicolo) e i nodi fissi (mittente e destinatario). Invece, i dati devono prima essere trasferiti dal computer del mittente a un supporto di archiviazione portatile. Quindi, all'arrivo, i dati devono essere trasferiti dal supporto di memorizzazione portatile al computer del destinatario. Una sneakernet richiede quindi un intervento manuale e questo lo rende, ovviamente, meno conveniente per molte applicazioni Internet.

Ci sono delle eccezioni, però. Ad esempio, un film non deve essere trasferito sul disco rigido del tuo computer per guardarlo: puoi metterlo nel lettore DVD. Inoltre Sneakernet offre anche un vantaggio importante: di tutte le reti a bassa tecnologia, ha la *larghezza di banda più disponibile*. Questo lo rende perfettamente adatto per la distribuzione di file di grandi dimensioni come film o giochi per computer. Infatti, quando sono coinvolti file di grandi dimensioni, una sneakernet batte spesso anche la connessione Internet in fibra. A velocità di Internet inferiori, gli sneakernet possono anche essere vantaggiosi per file molto più piccoli.

E comunque il progresso tecnologico difficilmente abbasserà il vantaggio di una sneakernet. I supporti di archiviazione digitale si evolvono almeno alla stessa velocità delle connessioni Internet; e entrambi migliorano la comunicazione allo stesso modo.

## Reti resilienti

Mentre la maggior parte delle reti low-tech sono rivolte a regioni in cui l'alternativa è spesso nessuna connessione a Internet, la loro utilità anche per le aree ben collegate non deve essere trascurata. **Internet come lo conosciamo nel mondo industrializzato si avvale di un abbondante approvvigionamento energetico, una robusta infrastruttura elettrica e una crescita economica sostenuta.** Questa Internet "high-tech" offre fantastici vantaggi rispetto alle reti low-tech, ma non può sopravvivere se queste condizioni cambiano; magari di poco. Questo la rende estremamente vulnerabile.

A seconda del loro livello di resilienza, le reti a bassa tecnologia possono rimanere operative quando l'offerta di combustibili fossili viene diminuita (o interrotta), quando l'infrastruttura elettrica si deteriora, o se si verificano, in genere, calamità. Una tale tecnologia low-tech ci consente comunque di navigare sul web, inviare e ricevere e-mail, condividere contenuti e così via. Nel frattempo, “muli di dati” e sneakernet potrebbero servire a gestire la distribuzione di file di grandi dimensioni come i video. Riempire una nave da carico o un treno pieno di supporti di memorizzazione



digitale potrebbe battere qualsiasi rete digitale in termini di costi ed efficienza energetica; e in molti casi anche di velocità. E se tale infrastruttura di trasporto non fosse più disponibile, potremmo ancora contare su messaggeri a piedi, biciclette da carico e imbarcazioni a vela .

Un tale sistema ibrido di applicazioni online e offline costituirebbe comunque una rete di comunicazione molto potente e, soprattutto, resiliente. Anche se immaginiamo uno scenario negativo in cui tutta la più ampia infrastruttura di Internet si disintegrasse, le reti a bassa tecnologia isolate sarebbero ancora molto utili per le tecnologie di comunicazione locale e regionale. Inoltre, si potrebbero ottenere contenuti da altre reti remote attraverso lo scambio di supporti di memorizzazione portatili.

Scenari catastrofici da “day after” ? Speriamo di no: ma di sicuro sono la realtà in molte parti povere della Terra. E imparare qualcosa da loro può non far male.

\*\*\*

#### NOTE:

**(1) Il routing multi-hop** (o **routing multihop** ) è un tipo di comunicazione nelle reti radio in cui l'area di copertura della rete è più ampia della portata radio dei singoli nodi. Pertanto, per raggiungere qualche destinazione un nodo utilizza altri nodi come relè.

Poiché il ricetrasmittitore è la principale fonte di consumo energetico in un nodo radio e la trasmissione a lunga distanza richiede un'elevata potenza, in alcuni casi il routing multi-hop può essere più efficiente dal punto di vista energetico rispetto al routing single-hop.

**(2)** Verso la fine del XVIII secolo Claude Chappe e il fratello lavorarono allo sviluppo di un sistema telegrafico basato su una catena di segnalatori. Nel 1793 presentarono al pubblico il modello di **telegrafo ad asta** (o **telegrafo ottico**), provvisto di una torre su cui era installato un braccio rotante che portava alle estremità due bracci minori; al tutto si facevano assumere configurazioni standard di lettere, numeri e ordini di servizio. Da una postazione successiva, distante diversi chilometri, un addetto dotato di cannocchiale riceveva il messaggio e lo ripeteva alla stazione successiva.

La prima linea commerciale fu aperta nel 1794 tra Parigi e Lilla. Il sistema ebbe successo e nei decenni seguenti si sviluppò una rete di centinaia di segnalatori telegrafici; rete che collegava Parigi con le zone periferiche della Francia.

**(3)** Nel campo delle telecomunicazioni, una rete di **backhaul** (in inglese letteralmente "carico di ritorno") o **rete di ritorno** è la porzione di una rete gerarchica che comprende i collegamenti intermedi tra la rete centrale (o nucleo o dorsale) e le piccole sottoreti ai "margini" della stessa rete gerarchica.

Una rete di ritorno può essere costituita da un collegamento tra computer o altri apparecchi incaricati di far circolare informazioni.

Nei contratti relativi a tali reti, il *backhaul* è l'obbligazione di trasportare pacchetti da e verso quella rete globale.

(4) <https://airjaldi.com/company/>

#### FONTI:

Wireless networking in the developing world (Third Edition) is a free book about designing, implementing and maintaining low-cost wireless networks.

Connecting the unwired world with balloons, satellites, lasers & drones, Slashdot, 2015

A QoS-aware dynamic bandwidth allocation scheme for multi-hop WiFi-based long distance networks, Iftekhhar Hussain et al., 2015

Long-distance, Low-Cost Wireless Data Transmission (PDF), Ermanno Pietrosemoli, 2011

A Brief History of the Tegola Project, Tegola Project, retrieved October 2015

WiLDNet: Design and Implementation of High Performance WiFi based Long Distance Networks (PDF), Rabin Patra et al., 2007