Autostrade Dell'Informazione

Andres Albanese   Raúl Rojas

International Computer Science Institute
Berkeley, California

1. Introduzione

Le moderne reti informatiche sono state definite come la spina dorsale del flusso d'informazioni che caratterizza le società post-industriali. Fino a pochi anni fa, solo gli Stati Uniti ed alcuni paesi europei erano in possesso di un'infrastruttura adeguata per il trasferimento massiccio dell'informazione. Attualmente, sempre più paesi in via di sviluppo stanno adottando queste tecnologie e si stanno collegando all'Internet, un sistema che unisce molte delle reti informatiche in tutto il mondo[1]. Noi vediamo questo processo come un segno positivo per l'integrazione dell'economia mondiale, ma soprattutto lo vediamo come una grande opportunità per i paesi come dell'America Latina, dell'Africa e dell'Asia, che potrebbero trarre profitto da questo flusso d'informazione con un minimo investimento in relazione alle opportunità e ai vantaggi offerti da queste reti dell'informazione. È così, per esempio, che la comunità accademica può accedere alle banche di dati e alla letteratura scientifica prodotta nei migliori centri di ricerca nel mondo senza alcuna attesa. Attraverso la trasmissione delle immagini video un professore che si trova in Venezuela può assistere e partecipare con domande ad una conferenza che si svolge nella lontana Università del Minnesota. L'Internet è quindi l'idea più vicina al "villaggio globale" previsto anni fa da McLuhan[2].

Nella prima parte di questo articolo diamo uno sguardo retrospettivo all'incredibile sviluppo del collegamento informatico mondiale e ad alcune delle applicazioni che sono sorte negli ultimi anni. Questo tipo di applicazioni richiede delle velocità di trasmissione maggiori di quelle che solo qualche anno fa erano considerate il massimo che potesse offrire la tecnologia. Guardando i recenti sviluppi si può quindi pensare che Internet potrà offrire la stessa larghezza di banda in ciascuna delle sue tratte, ed è per questo che nella seconda parte di questo articolo esaminiamo alcune delle alternative che esistono per risolvere i problemi di una rete mondiale eterogenea, fatta cioè di segmenti di diverse velocità e diverse capacità. I protocolli di trasmissione finora non hanno risolto il problema riguardante l'eterogeneità della rete mondiale, ma senza dubbio questo sarà uno dei problemi centrali da risolvere se l'Internet continuerà a svilupparsi allo stesso ritmo degli ultimi anni.

2. Collegamento Mondiale

La Figura 1, disegnata da Larry Landweber, Vicepresidente dell'Internet Society, è una rappresentazione grafica del livello di collegamento mondiale raggiunto sino al Luglio 1994. Il colore nero indica i paesi collegati all'Internet con possibilità di trasmettere e ricevere posta elettronica

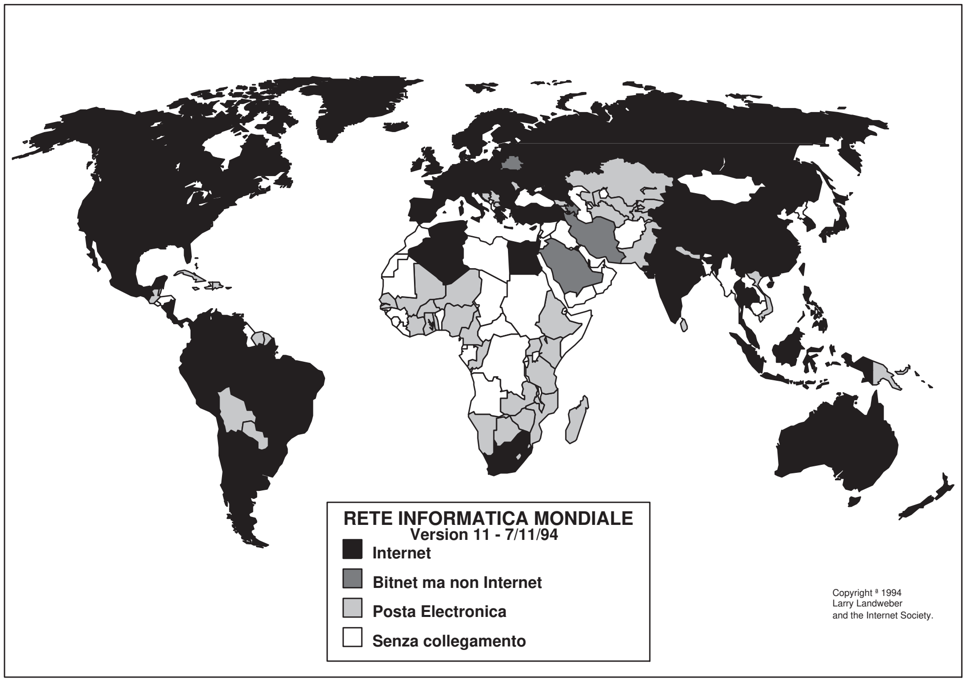

Figura 1: Rete Informatica Mondiale

e di accesso a sistemi informatici e a banche di dati. Il colore grigio indica i paesi con solo accesso alla posta elettronica. I restanti paesi, soprattutto africani, non partecipano in nessun modo al sistema Internet. Guardando questa mappa, si può concludere che manchino solo pochi anni ad un collegamento mondiale attraverso Internet.

La Tavola 1 mostra il numero di sistemi informatici (nodi) collegati all'Internet. Esaminandola si nota immediatamente che nel Luglio del 1994 più di 3 milioni di sistemi informatici erano collegati alla rete. Al ritmo di crescita attuale, si può concludere che ogni mese vi sono 128,440 nuove macchine, ossia 4,280 nuovi nodi al giorno, che si connettono al sistema. La tecnica usata dagli amministratori delle reti consiste nel contare in media circa dieci utenti per ogni nodo. Questo significa che fino a Luglio 1994 vi erano approssimativamente 32 milioni di utenti del sistema Internet in tutto il mondo [3].

Le statistiche compilate dagli amministratori della rete della National Science Foundation negli Stati Uniti (NSFNET) dimostrano che il traffico attraverso la rete è cresciuto vertiginosamente dal 1991. La Tavola 2 espone il numero di gigabytes (miliardi di byte) trasmessi da NSFNET mese per mese dal marzo 1991. Come si può vedere, la quantità di byte trasmessi raddoppia ogni anno e attualmente ha già superato i 13 terabyte. Gli amministratori di NSFNET hanno calcolato che il totale del traffico attraverso la rete è composto per il 36% dallo scambio di documenti, per il 18% da posta elettronica, per il 5% da comunicazione interattiva, e il rimanente da altri servizi (trasmissione di video, suoni, ecc.)

Tavola 1: Numero di Nodi Collegati all'Internet*

Mese e Anno	Nodi
08/81	213
08/83	562
10/85	1,961
12/87	28,174
10/89	159,000
10/90	313,000
10/91	617,000
10/92	1,136,000
10/93	2,056,000
07/94	3,212,000

*. Fonte: *Merit Network Inc.*

3. Biblioteche Virtuali

Il vantaggio che il sistema Internet offre ai paesi in via di sviluppo è di mettere a loro disposizione un modo di ricevere informazioni in maniera efficiente, immediata e ad un costo molto basso. È noto che fino ad ora le biblioteche nei paesi latino-americani non sono state in grado di offrire la gamma di servizi che viene già offerta in altri paesi industrializzati. Questa situazione sta radicalmente cambiando. Da un computer in Brasile o in Cile è possibile consultare i cataloghi delle biblioteche Nord-americane o Europee, e ancora più rilevante è la possibilità di trasferire attraverso la rete quanto interessa e stamparlo. Alcuni dei servizi attualmente disponibili nel sistema Internet sono menzionati qui sotto.

3.1. Documenti

Ricercatori che pur lavorando in luoghi diversi fanno parte di uno stesso progetto possono comunicare tra loro con la posta elettronica. Quando uno dei ricercatori finisce di scrivere un articolo lo può mettere a disposizione del suo gruppo o di altri gruppi copiandolo su di un sistema informatico, che in questo caso funziona come deposito d'informazioni. In questo modo i risultati più recenti della ricerca vengono resi accessibili a tutti gli utenti dell'Internet. Molti degli articoli pubblicati su riviste specializzate possono essere letti settimane o addirittura mesi prima della loro pubblicazione ufficiale. Da alcuni anni, esistono un certo numero di riviste elettroniche sulla rete, tra cui il *Journal of Artificial Intelligence Research*. Nel 1995, il primo numero della rivista *Journal of Universal Computer Science,* che si occupa di tutti gli aspetti dell'informatica, sarà pubblicato sul sistema Internet.

Tavola 2: Traffico dell'Internet (Gigabytes)*

	1991	1992	1993	1994
Gennaio		2256	4782	8609
Febbraio		2371	5015	9303
Marzo	1268	2761	6053	11226
Aprile	1402	2848	6219	11587
Maggio	1442	3061	5845	12187
Giugno	1244	3274	6195	12466
Luglio	1594	3373	6389	12764
Agosto	1484	3200	6631	13385
Settembre	1769	3315	7022	
Ottobre	1879	3903	8468	
Novembre	1959	4651	8483	
Dicembre	1956	4372	8283	

*. Fonte: *Merit Network Inc.*

3.2. Libri

Fino ad ora pochissimi libri sono stati disponibili attraverso l'Internet. Ma a partire dal 1995 questa situazione cambierà notevolmente nel momento in cui la IEEE (The Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc.) inizierà a pubblicare il testo completo di tutti i rapporti presentati ad ogni conferenza internazionale sponsorizzata da questa società d'ingegneri. Non sarà quindi più necessario attendere mesi prima di poter leggere un resoconto degli argomenti trattati nei congressi. Grazie a questo sistema, qualunque abbonato potrà informarsi immediatamente sugli sviluppi nel mondo della ricerca come fosse presente alla conferenza. Inoltre, la Biblioteca del Congresso degli Stati Uniti ha recentemente iniziato un progetto per trasferire su computer il testo completo di migliaia di libri che fanno parte della sua collezione. È previsto che con questo progetto, e con una spesa di parecchie migliaia di milioni di dollari, la biblioteca metterà a disposizione degli utenti del sistema Internet una gran parte dei suoi archivi, se non tutti.

3.3. Banche di Dati

L'Internet sta avendo un'influenza fondamentale nell'area della cooperazione internazionale in quanto facilita l'accesso alle banche dati. Come esempio consideriamo i vari progetti in tutto il mondo diretti allo sviluppo di una "mappa" genetica umana. Lo studio dei piccoli segmenti dei geni è un processo lento e laborioso che richiede dei laboratori perfettamente attrezzati. Per questa ragione, alcuni centri di ricerca come i Laboratori Nazionali di Livermore e di Los Alamos negli Stati Uniti hanno avviato un progetto per mettere a disposizione degli scienziati interessati le sequenze decifrate di cromosomi umani e di altre specie. Questa Biblioteca Genetica, come è stata chiamata, sarà di grande importanza per i futuri progetti nei diversi campi della medicina. Un altro esempio è la banca di dati sulle proteine dell'Istituto Nazionale della Sanità degli Stati Uniti. È possibile accedere a questa banca di dati da qualunque sistema informatico collegato alla rete per esaminare le sequenze di aminoacidi nelle proteine. Se un utente lo desidera, può anche stampare le immagini a colori di un modello di una macromolecola presentate sul suo schermo.

3.4. Presentazioni Multimediali

Con l'espansione del tipo di comunicazioni basate sull'interfaccia grafica conosciuta come *World Wide Web* (WWW) è possibile trasmettere attraverso l'Internet molto di più che testi scritti. Da qualunque nodo della rete, un utente può accedere a immagini, registrazioni di video e di suoni. Per esempio, un giornalista può copiare l'ultimo discorso del Presidente Clinton dal nodo mantenuto dalla Casa Bianca ed ascoltarlo nel suo ufficio. È anche possibile osservare animazioni di sperimentazioni o simulazioni realizzate da ricercatori. Quando qualche mese fa ci fu la collisione fra una cometa e il pianeta Giove, la NASA raccolse tutte le immagini catturate dagli osservatori di tutto il mondo a fece una simulazioni video con le aspettative de gli astronomi.

4. Reti ad Alta Velocità

La crescita del traffico di dati sulle "autostrade" dell'informazione sta producendo lo stesso tipo di problemi che affliggono le strade reali, cioè un congestionamento tale da causare talvolta anche la paralisi totale del traffico. Al ritmo di crescita attuale dell'Internet (raddoppio annuale del traffico) si raggiungerebbe facilmente una situazione nella quale la rete sarebbe inutilizzabile, con le attuali velocità di trasmissione, per lo meno nella sua forma interattiva[4]. Questa è la ragione per cui esistono una serie di progetti per aumentare tale velocità e quindi la capacità di trasporto dell'Internet. Questi progetti sono conosciuti sotto il nome generico di *Reti Gigabit*. Negli Stati Uniti e in Europa sono entrate in servizio alcune reti pilota dotate di capacità di trasmissione che vanno dai 150 ai 622 Mbit/s. In California, per esempio, esiste una rete pilota chiamata BAGNet che unisce aziende e università situate nell'area di San Francisco. La velocità di trasmissione è tale da permettere la trasmissione di immagini video di teleconferenze in tempo reale. In futuro BAGNet verrà utilizzata per creare fabbriche o uffici "virtuali" lontani dal luogo fisico di lavoro, ad esempio nella propria casa.

4.1. La Rete Eterogenea

Sarebbe errato pensare che al ritmo attuale di sviluppo del sistema Internet tutti i paesi avranno esattamente gli stessi tipi di canali di comunicazione e la stessa capacità in ciascuno dei suoi tratti. La Tavola 3 mostra chiaramente quanto la distribuzione dei gruppi informatici sia eterogenea nel mondo. In ogni paese vi sono molte differenze fra zona e zona e fra i metodi di comunicazione accessibili alle varie organizzazioni. Alcune aziende potranno collegarsi attraverso fibre ottiche, altre attraverso microonde o satelliti, e altre per linea telefonica. Si sta quindi sviluppando una rete mondiale informatica eterogenea, e una delle sfide più grandi per i ricercatori che lavorano in questo campo è quella di definire i protocolli di trasmissione e gli algoritmi che permetteranno il funzionamento e la gestione di questa rete eterogenea.

Tavola 3: Gruppi Informatici con la Maggiore Quantità di Nodi dell'Internet*

	Gruppi Informatici	Nodi		Gruppi Informatici	Nodi
1	Stati Uniti (edu)	856234	21	Rep Sudafricana	15595
2	Stati Uniti (com)	774735	22	Nuova Zelanda	14830
3	Stati Uniti (gov)	169248	23	Corea	12109
4	Regno Unito	155706	24	Danimarca	12107
5	Germania	149193	25	Belgio	12107
6	Stati Uniti (mil)	130176	26	Taiwan	10314
7	Canada	127516	27	Hong Kong	9141
8	Australia	127514	28	Israele	8464
9	Giappone	72409	29	Polonia	7392
10	Francia	71899	30	Brasile	5896
11	Stati Uniti (org)	66459	31	Messico	5164
12	Olanda	59729	32	Portogallo	4518
13	Svezia	53294	33	Singapore	4014
14	Finlandia	49598	34	Cile	3703
15	Svizzera	47401	35	Irlanda	3308
16	Norvegia	38759	36	Islanda	3268
17	Italia	23616	37	Russia	3467
18	Spagna	21147	38	Grecia	2958
19	Austria	20130	39	Malaysia	1322
20	Stati Uniti (us)	16556	40	Turchia	1204

*. Fonte: *Merit Network Inc.*

Un esempio che può forse aiutare a capire l'importanza di questo problema è quello delle trasmissioni fatte attraverso MBone [5]. MBone è una rete virtuale nella quale i messaggi trasmessi da un punto della rete vengono ricevuti da tutti gli altri punti. Se un'università desidera trasmettere un seminario attraverso l'Internet, le immagini video e il suono si trasmettono usando protocolli adeguati, dando così la possibilità a tutti gli utenti che hanno accesso ad MBone di "sintonizzarsi" sulla trasmissione. Il flusso dei pacchetti proveniente dall'istituzione origine della trasmissione non può mai essere interrotto. Se per caso alcuni nodi sulla rete perdono dei pacchetti, sia per la lentezza di un sistema informatico intermedio che per il congestionamento delle linee, non esiste la possibilità di chiedere una ritrasmissione. È comunque necessario poter ricostruire l'informazione nel caso che una certa percentuale dei pacchetti vada perduta. Un altro esempio è il bisogno di eliminare una parte dei pacchetti durante il passaggio fra reti operanti a differenti velocità. Nel punto di collegamento di una rete a fibre ottiche e di un'altra utilizzante linee telefoniche, può essere necessario eliminare una gran parte dei pacchetti per potere trasmettere un seminario in tempo reale. Ma eliminando una certa percentuale dei pacchetti si rischia di degradare il segnale fino a renderlo irriconoscibile. Questo problema potrebbe essere risolto riducendo il numero di quadri al secondo o diminuendo gradualmente la risoluzione delle immagini durante una trasmissione video.

I primi risultati degli esperimenti realizzati sulle reti informatiche hanno rivelato che aumentando le distanze e le velocità di trasmissione, si rendono più evidenti le differenze nella capacità di ricezione e di elaborazione dell'informazione e con esse si accentua la perdita di informazioni. Fra le centinaia di utenti che sono in grado di partecipare ad una teleconferenza trasmettendo e ricevendo informazioni, è normale che alcuni di loro possano essere dotati di sistemi informatici più avanzati, invianti di quantità enormi di informazioni che non possono essere interpretate da sistemi informatici più piccoli. Nelle reti "gigabit" l'informazione nel trasmettitore è segmentata in molti pacchetti del tipo Internet, in modo che possa essere trasmessa nella rete globale e possa essere ricostruita all'arrivo. Poiché una percentuale di questi pacchetti si perde o, ritardando non arriva in tempo alla meta, è necessario codificare l'informazione prima di mandarla, garantendo così, che qualunque sia la quantità di pacchetti ricevuta, si potrà sempre recuperare l'informazione nell'ordine d'importanza in cui è stata mandata.

Sono considerazioni di questo genere che hanno portato i ricercatori dell'Istituto Internazionale di Informatica (ICSI) a progettare un nuovo metodo di codifica dell'informazione adatta a risolvere il problema delle perdite di pacchetti in reti eterogenee.

4.2. Trasmissione con Codifica a Priorità

Il metodo sviluppato a Berkeley [6], con il nome di PET (Priority Encoded Transmission), si basa sulla codifica dell'informazione con diversi livelli di ridondanza a seconda della sua importanza. PET utilizza concetti avanzati sulla dispersione dell'informazione suggeriti inizialmente da Shamir e Rabin [7]. La Figura 2 mostra il numero di pacchetti perduti durante una sessione video trasmessa da Palo Alto a Berkeley. La media dei pacchetti perduti in questo caso è stata del 4.5%. Le immagini video trasmesse in forma digitale utilizzano un formato chiamato MPEG, che è ormai diventato uno standard diffusissimo. La perdita dei pacchetti può causare la sparizione di certe parti dell'immagine o può rendere imprecisa la sincronizzazione nella ricostruzione di ogni quadro.

L'informazione video viene compressa seguendo la normativa MPEG e questo permette di eliminare la ridondanza fra un gruppo di quadri del video[8]. Una sequenza video è composta da 30 quadri al secondo per dare l'illusione della continuità. Come si può immaginare, i quadri adiacenti sono molto simili tra loro ed è per questo che i sistemi informatici riducono le informazioni da conservare e da trasmettere calcolando la differenza tra i punti vicini di un quadro con i punti dei quadri contigui. Questo produce un fattore di compressione di quasi 100:1 e rende più facile la memorizzazione, l'elaborazione e la distribuzione del video. Tuttavia, una sequenza video senza ridondanza è molto suscettibile agli errori a causa del processo di ricostruzione che può rendere la sua decompressione impossibile.

.

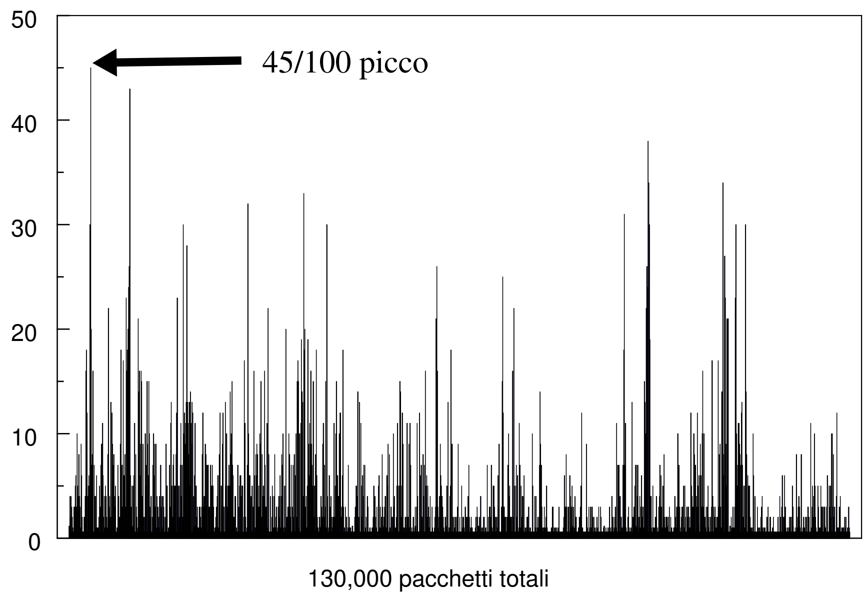

Figura 2: Percentuale di pacchetti persi durante una sessione video da Palo Alto a Berkeley

In MPEG si trasmette un quadro iniziale (chiamato quadro I) contenente tutta l'informazione necessaria per la sua ricostruzione mentre i quadri seguenti vengono trasmessi indicando soltanto la differenza fra loro e il quadro iniziale. I quadri P (predetti) si possono generare utilizzando il quadro I con qualche informazione supplementare. I quadri B indicano come si deve interpolare fra l'ultimo quadro I e il seguente quadro P in modo da recuperare un'altra immagine completa. Inoltre, un'intestazione H (header) definisce la forma nella quale i quadri seguenti si devono ricuperare, e il modo in cui, se si perde l'intestazione, si può far sì che il resto dell'informazione non ne risenta. Per evitare la perdita d'informazioni importanti, è necessario avere un certo livello di ridondanza nell'informazione compressa in ogni quadro.

Una sequenza tipica di trasmissione in MPEG potrebbe essere per esempio la seguente: H-I-B-B-B-P-B-B-B-I. Questa sequenza può essere considerata un messaggio video. Dato che, per ricostruire i quadri B e P, è necessario utilizzare entrambi i quadri I, che divengono quindi i quadri più importanti, se venisse perduto il quadro I iniziale, l'informazione contenuta nei 6 quadri B e nel quadro P diverrebbe inutilizzabile. L'idea che sorge in questo caso è quella di codificare ogni quadro con diversi livelli di ridondanza, per esempio:

- l'intestazione H con un fattore di ridondanza 10,
- i quadri I con un fattore di 2,
- i quadri P con un fattore di 1.33,
- i quadri B, quelli meno importanti, con un fattore di 1.05.

La media della ridondanza totale per tutti i quadri insieme è il 24%. Questo significa che si trasmette il 24% di byte in più di quelli che si trasmetterebbero se non si utilizzasse il metodo PET. Con questo metodo è però possibile ricuperare l'intestazione H anche a fronte di una perdita del

95% dei pacchetti trasmessi, o il quadro I con una perdita del 50% dei pacchetti trasmessi. Senza il metodo PET, sequenze video con questi livelli di perdita sono praticamente irrecuperabili. Attualmente si sta lavorando all'estensione di PET per poterlo utilizzare per la codificazione dei suoni e per altri usi multimediali.

4.3. Come funziona PET?

Senza entrare in discorsi troppo tecnici, basta dire che l'idea centrale è di evitare di trasmettere pacchetti che contengono solo informazioni appartenenti ad un solo quadro. È necessario che ogni pacchetto contenga informazione parziale di tutte le componenti del messaggio video (di H e dei quadri I, B, e P tutti assieme). La Figura 3 mostra come si devono codificare le informazioni. Supponiamo che si vogliano trasmettere i numeri a_1, b_1,..., d_3 che compaiono nel messaggio originale. I numeri a_1 e b_1 sono più importanti di a_2, b_2, e c_2, e questi secondi sono più importanti degli altri numeri restanti nel messaggio. I pacchetti PET ricevono numeri successivi (da 0 a 4 in questo esempio), in modo tale che sia conosciuta la loro posizione non importando l'ordine di arrivo. Per trasmettere i numeri binari a_1 e b_1, è necessario trasmettere cinque numeri che corrispondono a cinque valori del polinomio $a_1 + b_1x$ (modulo un certo fattore). Basta recuperare due di questi valori per potere ricostruire i numeri a_1 e b_1, poi che il polinomio rappresenta una linea retta. Il fattore di ridondanza in questo caso è di 2.5, e questo significa che fino al 60% dei pacchetti potranno perdersi senza che la ricostruzione dei due numeri venga resa impossibile. Se vogliamo trasmettere i numeri a_2, b_2, e c_2, possiamo trasmettere cinque punti del polinomi $a_2 + b_2x + c_2x^2$. Grazie al fatto che è sufficiente ricevere tre punti di un polinomio quadratico per poterlo ricostruire, fino al 40% dei pacchetti possono perdersi senza che si perda la possibilità di ricostruire a_2, b_2, e c_2. L'idea è di utilizzare polinomi di diversi gradi per proporzionare la ridondanza di diversi fattori, e di conseguenza, per proteggere l'informazione a livelli diversi. È evidente che l'informazione dei quadri MPEG può essere codificata facendo uso di questa tecnica.

All'ICSI il sistema PET è stato implementato in software per la codifica di sequenze video. È possibile ricostruire sequenze in tempo reale senza il bisogno di hardware aggiuntivo. Una dimostrazione dell'applicazione di questo metodo a una trasmissione di immagini video si può trovare sulla pagina del World Wide Web dell'ICSI a Berkeley, California. Sempre all'ICSI, è disponibile un rapporto tecnico che descrive il metodo PET. Questo è un esempio del tipo di ricerche che stanno svolgendo i ricercatori dell'ICSI per risolvere i problemi creati dalla rete eterogeneità delle reti.

Messaggio originale:

a_1	b_1	a_2	b_2	c_2	a_3	b_3	c_3	d_3

Polinomi a calcolare:

$p_1(x) = a_1 + b_1x \qquad (\text{mod } 2^{16} + 1)$

$p_2(x) = a_2 + b_2x + c_2x^2$

$p_3(x) = a_3 + b_3x + c_3x^2 + d_3x^3$

Pacchetti PET:

0	$p_1(0)$	$p_2(0)$	$p_3(0)$
1	$p_1(1)$	$p_2(1)$	$p_3(1)$
2	$p_1(2)$	$p_2(2)$	$p_3(2)$
3	$p_1(3)$	$p_2(3)$	$p_3(3)$
4	$p_1(4)$	$p_2(4)$	$p_3(4)$

Figura 3: Metodo di Codificazione PET

5. Conclusioni

Noi consideriamo la diffusione delle reti di comunicazione come l'Internet come un vero vantaggio per i "paesi in via d'informatizzazione", e allo stesso tempo come una sfida. La comunità accademica e le industrie che si trovano in questi paesi hanno la possibilità di accedere ad un vasto archivio di informazioni che possono essere utilizzate per vari scopi. È però necessario garantire a tutti i paesi che l'accesso alla rete mondiale informatica sia uguale per tutti, e che non vi siano paesi che rimangano svantaggiati ad ogni salto tecnologico fatto dai paesi più industrializzati. Inoltre non bisogna dimenticare che l'eterogeneità della rete mondiale crea il pericolo di dividere la società in due settori: il primo con l'accesso alla biblioteca virtuale e il secondo senza tale accesso. La responsabilità di garantire lo sviluppo dell'infrastrutture della comunicazione è dei politici. Gli scienziati hanno la responsabilità di ricercare metodi economici per evitare che si creino degli ostacoli insormontabili. Non ci è possibile prevedere ora tutti i possibili cambiamenti che una così vasta diffusione dell'informazione potrà avere, ma di una cosa siamo sicuri: è necessario parteciparvi. E lei, è già collegato all'Internet?

6. Referenze

[1] Rojas, R., S. Castillo, H. Hernández (1990), “Redes de Computadoras para la Comunidad Académica”, Ciencia y Desarrollo, vol. 16, no. 7.

[2] McLuhan, M., B. R. Powers (1989), “The Global Village: Transformations in World Life and Media in the 21st Century”, Oxford University Press, New York.

[3] Goodman, S. E., L.I Press, A.M. Rutkowski (1994), “The Global Diffusion of the Internet: Patterns and Problems”, Communications of the ACM, vol. 37, no. 8, pp. 27- 31.

[4] Claffy, K.C., H.-W. Braun, G.C. Polyzos, “Tracking Long-Term Growth of the NSFNET”, Communications of the ACM, vol. 37, no. 8, pp. 34-45.

[5] Eriksson, H. (1994), “The Multicast Backbone”, Communications of the ACM, vol. 37, no. 8, pp. 54-60.

[6] Albanese, A., J. Blömer, J. Edmonds, M. Luby (1994), “Priority Encoding Transmission”, Rapporto tecnico TR-94-039, International Computer Science Institute, Agosto.

[7] Rabin, M.O., A. Shamir (1989), “Efficient Dispersal of Information for Security, Load Balancing, and Fault Tolerance”, Journal of the ACM, vol. 36, no. 2, Aprile, pp. 335-348.

[8] Le Gall, D. (1991), “MPEG: A Video Compression Standard for the Multimedia Applications”, Communications of the ACM, vol. 34, no. 4, Aprile, pp. 47-58.

Il Dr. Andres Albanese è il capo del Gruppo Reti all’International Computer Science Institute a Berkeley. Di origine italiana, ha ottenuto la laurea dall’Università Centrale del Venezuela, il master dall’Università del Texas e il dottorato in ingegneria elettronica da Stanford. È autore di molti articoli su riviste specializzate e ha ricevuto 13 brevetti per invenzioni nell’area delle reti di comunicazione e laser. Posta elettronica: aa@icsi.berkeley.edu

Il Dr. Raúl Rojas è professore alla Facoltà di Matematica dell’Università Martin Lutero a Halle, in Germania. Ha studiato matematica alla Scuola Superiore di Fisica e di Matematica dell’IPN e ha ottenuto il dottorato alla Libera Università di Berlino. È autore di diversi articoli su riviste specializzate e ha scritto il libro “Teoria delle Reti Neurali”, pubblicato nel 1993 in tedesco e che verrà pubblicato nel 1995 in inglese. Posta elettronica: rojas@inf.fu-berlin.de