



CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

ISTITUTO DI RICERCA SULLE ONDE ELETTROMAGNETICHE "Nello Carrara"

FIRENZE - ITALIA

Progetto di ristrutturazione della rete informatica

Alessandro Agostini, Lorenzo Stefani

IROE TR/SIC/05.97

INDICE

1. Lo stato precedente della rete
2. Soluzioni per il miglioramento delle prestazioni
3. Il progetto di ristrutturazione
 - 3.1 Obiettivi
 - 3.2 Scelta del concentratore con tecnologia switch
 - 3.3 Connessione del Router
 - 3.4 Il cablaggio al Centro di Calcolo
 - 3.5 Il cablaggio ai piani
 - 3.6 Il software di management e controllo
4. Installazione
5. Verifiche di funzionamento
6. Sviluppi futuri

BIBLIOGRAFIA

1. Lo stato precedente della rete

La rete telematica dell'IROE allo stato attuale collega fra di loro oltre 150 apparecchiature informatiche fra Personal Computer, WorkStation, stampanti presenti all'interno dell'Istituto.

La rete telematica assicura il collegamento degli stessi verso il mondo esterno: sia verso le altre istituzioni scientifiche italiane (CNR e non) che mondiali.

L'Istituto è stato il primo organo CNR dell'area fiorentina ad essere collegato in rete Internet con il resto del mondo con l'avvio del Progetto Finalizzato Telecomunicazioni del CNR¹. La rete metropolitana (MAN Toscana) che fu costruita per le sperimentazioni del PF TLC portò all'Istituto le apparecchiature che permisero il collegamento con il resto del mondo.

Dopo l'IROE anche gli altri Istituti e Centri del CNR dell'area fiorentina sono stati collegati in rete. Attualmente tutti i collegamenti dei vari Istituti e Centri CNR di Firenze hanno un collegamento (con soluzioni che possono differire caso per caso) con la sede dell'Area della Ricerca di Firenze, la quale li mette in comunicazione con il resto del mondo utilizzando in via primaria il collegamento alla MAN Toscana dell'IROE, e, per adesso in soluzione secondaria per motivi di capacità trasmissiva del canale, in C-LAN Frame Relay con il resto della rete CNR italiana².

Il fatto che l'IROE costituisca il 'ponte telematico' primario dell'intero CNR fiorentino verso l'esterno, condividendo di fatto con l'Area della Ricerca il router di accesso alla MAN, è stato uno dei fattori che maggiormente hanno influito nel progetto di ristrutturazione della rete, come vedremo oltre.

Se osserviamo lo schema della rete prima della sua ristrutturazione (fig. I) proprio a partire dal collegamento verso la MAN Toscana, si può notare che l'Istituto dispone di due interfacce Ethernet separate che si affacciano verso la MAN: una è riservata per le sperimentazioni (progetti di calcolo distribuito, progetti di Telemedicina, progetti europei) e coinvolge i reparti di Elaborazione dei Segnali e Scienze delle Immagini, l'altra è utilizzata per il collegamento del

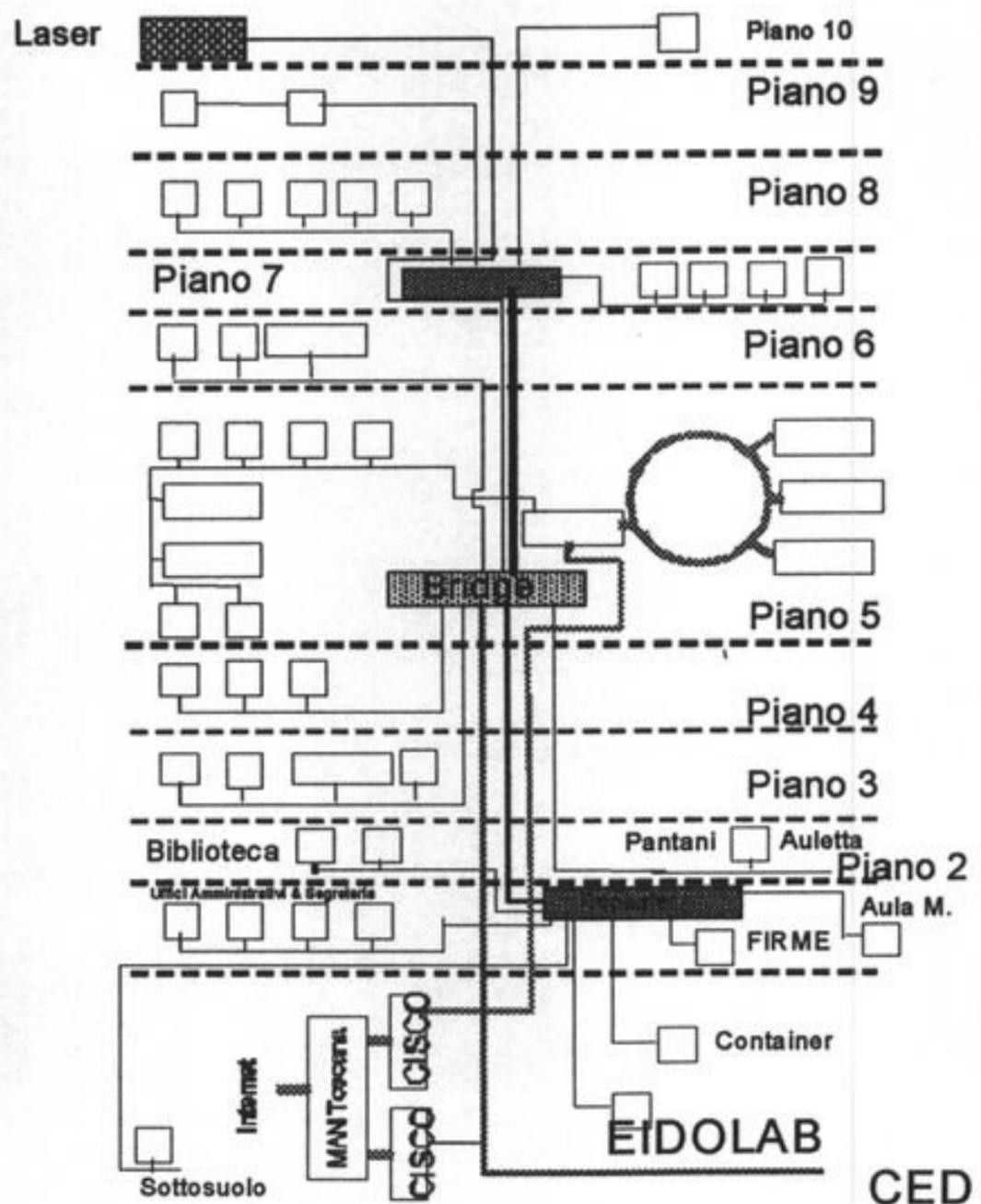


Figura I

normale traffico telematico dell'Istituto e di tutto il CNR fiorentino. La descrizione della rete riservata per le sperimentazioni non verrà presa in considerazione in questo rapporto.

Dalla fig. 1 si nota che il Router è collegato direttamente al cavo Thick Ethernet che costituisce la dorsale principale dell'intero cablaggio telematico dell'Istituto. A questo sono collegati i server principali, due Personal Computer per la gestione ed il controllo del traffico, e due multi-repeater che amplificano il segnale su vari rami Thin Ethernet che servono alla connettività dei vari piani dell'edificio, tra cui anche il ramo che raggiunge il link laser verso l'Area della Ricerca.

Con questa tipologia di cablaggio tutto il traffico di rete gravava sulla dorsale principale, compreso tutto il traffico da e per l'Area della Ricerca che allocava una buona parte della banda complessiva solamente per il transito sul router della MAN.

Dai tempi dei primi calcolatori dell'Istituto collegati alla rete sono passati alcuni anni. In questo tempo il numero di calcolatori nel mondo collegati ad Internet è cresciuto in maniera impensabile accrescendo enormemente la quantità di informazioni reperibile 'in rete'. Nello stesso tempo le applicazioni di rete si sono moltiplicate fornendo servizi sempre più nuovi ed efficienti (servizi multimediali, World Wide Web, videoconferenza).

Per uguali motivi anche all'interno dell'Istituto sono aumentate le richieste di collegamento alla rete ed è aumentato il traffico di rete di ogni singola stazione, ed in maniera analoga è aumentato il traffico esterno all'IROE, da e per l'Area della Ricerca, che transitava sulla nostra rete, aumentando così la richiesta di banda.

Un ulteriore problema del vecchio cablaggio derivava dall'utilizzo del cavo coassiale RG58 per la realizzazione di tutti i rami secondari della rete: i collegamenti con connettori BNC risultavano spesso inaffidabili e causavano frequenti guasti difficili anche da diagnosticare.

Queste considerazioni sono state le principali cause che ci hanno fatto ristudiare l'intero cablaggio dell'edificio cercando anche di utilizzare nuove tecnologie.

2. Soluzioni per il miglioramento delle prestazioni

L'avanzamento delle tecnologie elettroniche ha portato notevoli miglioramenti nel campo delle reti telematiche. Sono stati fatti molti passi avanti sia nel campo dei mezzi trasmissivi che nei dispositivi di collegamento e controllo dei sistemi telematici.

I mezzi trasmissivi più recenti sono costituiti da cavi in fibra ottica e cavi a coppie ritorte schermate e non schermate (UTP = Unshielded Twisted Pair, STP = Shielded Twisted Pair).

I primi sono qualitativamente più affidabili ma di costo superiore ai secondi ed inoltre necessitano di personale ed attrezzature specializzati per l'installazione e l'eventuale riparazione; con i cavi in fibra ottica si possono raggiungere velocità trasmissive dell'ordine dei Gbit/s, ma le schede di interfaccia anche per velocità non spinte al massimo hanno costi elevati.

I cavi UTP/STP sono di basso costo, sono facili da realizzare ed installare; anche se raggiungono prestazioni inferiori come velocità trasmissive (qualche centinaio di Mbit/sec) le schede che permettono di realizzare collegamenti Fast Ethernet a 100 Mbit/sec hanno costi decisamente più accessibili, di poco superiori ai prodotti di buona qualità a 10 Mbit/sec.

I recenti dispositivi di interconnessione utilizzano prevalentemente i due tipi di media sopra

citati e, grazie a soluzioni tecnologicamente innovative, permettono un efficace controllo e distribuzione del traffico di rete. In particolare ci riferiamo ai concentratori switching che permettono, diversamente da hub e repeater, di instradare i pacchetti solo sui rami interessati, invece di ripeterli su tutti i segmenti indiscriminatamente. Questo ottimizza decisamente le prestazioni, aumentando la banda aggregata disponibile: cioè teoricamente sono possibili in contemporanea più collegamenti alla massima velocità.

Molti dei recenti dispositivi di interconnessione permettono l'utilizzo del protocollo SNMP³ (Simple Network Management Protocol) per il monitoraggio e la gestione remota del dispositivo stesso, che permette una supervisione dell'intera rete da una singola stazione.

3. Il progetto di ristrutturazione

3.1 Obiettivi

Alla luce di quanto esposto nei precedenti capitoli, gli obiettivi principali del progetto di ristrutturazione della rete interna dell'Istituto sono stati:

- rendere ininfluente le prestazioni della rete interna IROE dal traffico non-IROE (da e per il resto del CNR fiorentino tramite il collegamento con l'Area della Ricerca di Firenze);
Avevamo infatti un forte sospetto (che si è poi rivelato esatto e di proporzioni superiori alle aspettative) che il traffico da e per l'Area della Ricerca occupasse una buona parte della banda disponibile e limitasse di fatto la funzionalità della rete interna. Tale convinzione risultava anche da un gran numero di collisioni di pacchetti che si verificavano sulla dorsale principale della rete (Thick Ethernet in cavo giallo) dove era connesso il laser per il collegamento all'Area, ma non poteva essere confermata da alcuna misura reale di traffico perché non avevamo a disposizione strumenti necessari a verificare questa ipotesi.
- migliorare l'accessibilità interna ai server di Istituto per permettere un più efficace uso delle risorse di rete;
- razionalizzare i collegamenti fra i piani in modo da limitare ad un numero minore di calcolatori i rischi di esclusione dal collegamento di rete in caso di guasto;
- favorire la ricerca dei guasti e gli interventi per le riparazioni;
- limitare gli interventi ai piani al minimo indispensabile per non stravolgere il cablaggio della rete ai vari piani (necessario per impedire tempi lunghi di ripristino del funzionamento della rete stessa);
- studiare una soluzione aperta che rendesse possibile interventi di ulteriore miglioramento della struttura della rete salvaguardando gli investimenti fatti in apparecchiature di rete e cablaggi.

Per questi motivi il progetto di ristrutturazione è stato indirizzato verso le seguenti soluzioni:

- realizzazione di un cablaggio in cavo UTP all'interno dei locali del centro di calcolo e fra questi e alcuni punti strategici dell'Istituto, in modo da rendere possibile il collegamento alla rete di calcolatori dotati di schede di rete con prestazioni diverse (flessibilità del cablaggio) e l'interconnessione dei concentratori;

- miglioramento delle prestazioni di rete dei server di Istituto (dove possibile) mediante l'utilizzo di schede di rete con prestazioni migliori (100 Mbit/sec);
- utilizzo di un Concentratore a 100Mbit/sec per la interconnessione delle apparecchiature collegate a 100Mbit/sec nei locali del Centro di Calcolo;
- utilizzo di un Concentratore a 10 Mbit/sec per la interconnessione delle apparecchiature collegate a 10 Mbit/sec nei locali del Centro di Calcolo;
- uso di un Concentratore a tecnologia Switch per il collegamento delle reti dei piani;
- uso di un Concentratore UTP con convertitore Thin Ethernet (BNC) per ciascun piano;
- uso di apparecchiature di connessione dotate di moduli di monitoraggio per il controllo dello stato dei collegamenti di rete;
- uso di un apposito software per il controllo delle prestazioni della rete interna.

3.2 Scelta del concentratore a tecnologia switch

La scelta fondamentale su cui si è basato l'intero progetto di ristrutturazione della rete interna è stata quella del concentratore 3Com LinkSwitch1000 per la connessione dei rami ai vari piani.

Il LinkSwitch 1000 è un Concentratore in tecnologia Switch dotato di 24 porte UTP a 10 Mbit/sec e 1 porta UTP a 100 Mbit/sec, più uno slot per una eventuale espansione. Per la tecnologia Switch, i pacchetti relativi a collegamenti di rete interni a ciascun ramo UTP non vengono ripetuti sugli altri rami, così il traffico interno ai piani non appesantisce il traffico totale. Nella vecchia configurazione della rete questo non era possibile, in quanto il concentratore non aveva questa funzione, ma era dotato solo di un modulo bridge che isolava il traffico complessivo dei rami ai piani dal traffico della dorsale principale della rete.

Il vecchio concentratore aveva 10 connessioni BNC e una AUI col modulo bridge. Poiché il nuovo LinkSwitch 1000 fornisce tutte connessioni UTP e nessuna BNC, è sorto il problema di come collegare le varie apparecchiature disponibili negli studi e nei laboratori collegate tutte tramite un ramo in cavo coassiale RG58 (BNC) ai rami UTP forniti dal LinkSwitch 1000.

Per non dover convertire tutte le schede di collegamento da BNC a UTP e non essere costretti a riprogettare interamente il cablaggio dei collegamenti per ogni calcolatore di ogni piano, consci che realizzare un collegamento a stella con cavo UTP ad ogni piano e convertire tutti i collegamenti di rete sarebbe stato troppo oneroso in tempo e denaro, abbiamo pensato di utilizzare ad ogni piano un piccolo ed economico hub a 10 Mbit/sec dotato di otto porte UTP e una BNC. Poiché una porta UTP è dedicata al collegamento col LinkSwitch e la porta BNC riprende il vecchio cavo coassiale, per ogni piano restano disponibili sette porte UTP che possono essere usate per connettere nuove apparecchiature con cavo UTP a 10 Mbit/sec (vedere fig III. schema collegamento mini-hub).

La linea a 100 Mbit/sec del LinkSwitch è stata destinata al Centro di Calcolo, in modo da poter sfruttare la banda aggregata per il traffico di rete con le risorse dell'Istituto (vedere fig IV schema dei collegamenti del LinkSwitch 1000).

3.3 Connessione del Router

Poiché la linea di uscita sulla MAN Toscana dedicata ai servizi di Istituto ha una capacità nominale di 10Mbit/sec, ma in realtà inferiore a 7 Mbit/sec, non abbiamo trovato conveniente acquistare una scheda a 100Mbit/sec per il router Cisco 4500. Abbiamo trovato conveniente invece collegare il router ad una normale linea UTP del LinkSwitch 1000, poiché già il LinkSwitch, come descritto nel paragrafo precedente, fa operazione di isolare il traffico dedicato per ogni linea. In questo modo il traffico che dai vari piani è destinato all'esterno dell'IROE non interessa il collegamento a 100Mbit/sec con i server del Centro di Calcolo lasciando che questo canale possa essere sfruttato al meglio da chi ne fa richiesta.

Poiché il router è situato nei locali del Centro di Calcolo vicino alle apparecchiature di connessione alla MAN Toscana, mentre il LinkSwitch è situato nel cavedio al piano 5 per comodità di collegamento ai rami dei piani, è stato necessario prevedere una linea dedicata UTP per realizzare questo collegamento.

3.4 Il cablaggio al Centro di Calcolo

I locali del Centro di Calcolo dell'Istituto attualmente ospitano i server di Istituto, le apparecchiature di rete e il Laboratorio di Spettroscopia di Immagini del Reparto Scienze delle Immagini.

Sui server di Istituto sono state apportate le seguenti modifiche agli apparati di rete:

- Digital Alpha Server 400/166 (server principale): sostituita la scheda di rete a 10 Mbit/sec con una a 100 Mbit/sec PCI;
- Data General Aviiion (nameserver): sostituito il transceiver BNC più drop cable con un transceiver UTP mantenendo la scheda di rete a 10 Mbit/sec per il costo elevato della interfaccia a 100 Mbit/sec per questa piattaforma hardware;
- Linux/NT Server: sostituita la scheda a 10 Mbit/sec con una a 100 Mbit/sec PCI;
- Personal Computer: aggiornato il calcolatore per poter supportare il nuovo software di management e controllo dell'intera rete, dotandolo inoltre di scheda a 100 Mbit/sec PCI.

Nei locali del centro di calcolo sono attestate cinque linee in cavo UTP provenienti dal LinkSwitch 1000 nel cavedio al piano 5 e sono così utilizzate:

1. router della MAN;
2. server Data General Aviiion;
3. mini-hub a 10 Mbit/sec;
4. Hub a 100Mbit/sec;
5. disponibile per future esigenze.

Come evidente da quanto descritto sopra, il cablaggio dell'intero parco macchine del Centro di Calcolo è stato riprogettato per essere poi realizzato con soli cavi UTP.

Il mini-hub a 10 Mbit/sec serve per collegare alla rete un ramo BNC di macchine del Laboratorio di Spettroscopia di Immagini ed un PC del vicino servizio Posta in cavo UTP.

Data la presenza del pavimento flottante nei locali del Centro di Calcolo e del Laboratorio di

Spettroscopia di Immagini, si è cercata una soluzione che prevedesse, oltre al miglioramento delle prestazioni dei server, anche la realizzazione di una parte di collegamenti di rete a 100 Mbit/sec con alcuni calcolatori di questo Laboratorio per una verifica e una comparazione delle prestazioni fornite da queste apparecchiature di rete.

Pertanto all'Hub a 100 Mbit/sec che risulta allacciato alla linea a 100 Mbit/sec del LinkSwitch 1000 sono attestati i seguenti calcolatori:

- Digital Alpha Server 400;
- Linux/NT Server;
- Personal Computer Centro di Calcolo;
- Server interno laboratorio di Spettroscopia di Immagini;
- 2 Personal Computer del laboratorio;

per un totale di 6 apparecchiature.

3.5 Il cablaggio ai piani

Come anticipato nella sezione 3.2, il cablaggio ai piani ha riguardato solo l'installazione del mini-hub a 10 Mbit/sec nel cavedio collegato in UTP al LinkSwitch, diminuendo la lunghezza dell'esistente segmento in cavo coassiale.

In questo modo in alcuni piani critici per la lunghezza del ramo BNC, si è osservato un modesto miglioramento delle prestazioni in termini di ridotto numero di collisioni interne.

Ad ogni piano quindi sono attualmente disponibili sette porte UTP per un eventuale sviluppo o migrazione del cablaggio.

Al piano 9 è già avvenuta una parziale migrazione in cavo UTP con quattro collegamenti.

Altro caso particolare è il cablaggio della zona uffici al piano terra: per questi si è provveduto a collegare, tramite una linea UTP con il LinkSwitch, un repeater 10 porte BNC al quale sono a sua volta connessi:

- uffici Amministrazione, Segreteria e Direzione;
- container esterno;
- laboratori sottosuolo;
- Aula Magna;
- laboratorio Spettroscopia Applicata;
- Personal Computer presso la portineria;
- Magazzino.

Per l'alimentazione dei mini-hub ai vari piani e del LinkSwitch al piano 5 è stata realizzata una linea separata già prevista per poter essere dotata di un adeguato gruppo di continuità.

3.6 Il software di management e controllo

Con la nuova tipologia di rete e' stato possibile implementare anche un sistema di management più efficiente che ci permette di monitorare il traffico (in quantità e qualità) in ogni ramo della rete. Infatti la rete appena descritta va vista come suddivisa in tanti segmenti collegati tra loro

tramite i dispositivi di rete (Hub, Switch, Router).

Il cuore del sistema di controllo e' un PC presso il Centro di calcolo, Pentium con sistema operativo Windows NT, sul quale è stato installato il software "3Com Transcend Workgroup Manager"⁴.

Tramite alcuni comandi e' possibile fare un'autodiscovery dei dispositivi presenti in rete e successivamente e' possibile "disegnare" la topologia di rete, avendo quindi tutta la rete sotto controllo in formato grafico. Dopodiché si può selezionare un singolo dispositivo e controllare il suo stato e fare delle statistiche di traffico sulle interfacce.

In particolare il software permette di effettuare un management molto fine su Hub e Switch ; e' possibile cioè abilitare o meno una porta, modificare dei parametri per un miglior funzionamento del dispositivo, effettuare interrogazioni alle interfacce per capire lo stato del segmento sul quale si affacciano e visualizzare le statistiche relative.

In caso di segnalazione di un guasto e' molto utile avere uno strumento che ci permetta di localizzare il problema senza dover verificare localmente lo stato di ogni singola connessione del ramo interessato, con conseguente risparmio di tempo e rapidità di risoluzione del problema. Inoltre, grazie alle statistiche fornite, "Transcend" ci è stato utile per verificare l'utilizzo dei singoli segmenti ai vari reparti.

Dall'esperienza maturata in questi pochi mesi dall'installazione, abbiamo verificato che il tempo impiegato per effettuare una riparazione ad un segmento e' stato di gran lunga inferiore e che i pochi casi verificatisi sono stati tutti causati da problemi del cablaggio in RG58 purtroppo ancora presente all'interno di ogni piano.

Altra particolarità del software in questione è la possibilità di attivare una serie di allarmi, tramite i quali e' possibile capire quello che e' successo alla rete in un particolare momento di fault. Poche settimane fa, infatti, tramite questa funzione, ci siamo accorti che il nostro router principale si "resettava" automaticamente ogni 15 minuti circa creando così gravi malfunzionamenti ad alcune applicazioni di rete che richiedevano un traffico lento ma continuativo ; il resto delle normali applicazioni, quali posta elettronica, WWW, ftp e condivisione di risorse comuni, non veniva interessato da questo guasto, e quindi sarebbe stato molto difficile da individuare. Tramite "Transcend" ci siamo accorti di questo problema senza dover intervenire interrompendo il funzionamento della rete.

Sono disponibili molte altre funzioni che con il tempo abbiamo intenzione di sfruttare per migliorare l'efficienza della rete.

4. Installazione

Abbiamo iniziato l'installazione delle apparecchiature partendo dal cuore del sistema, il LinkSwitch 1000, che abbiamo posizionato nel cavedio al piano 5 per motivi di centralità di posizione rispetto all'edificio e perché già qui era situato il vecchio concentratore BNC a 10 Mbit/sec e arrivavano i cavi BNC dai vari piani.

Una volta installato abbiamo testato i vari collegamenti UTP dal cavedio del piano 5 al Centro di Calcolo inserendo un calcolatore dotato di scheda di rete autoswitch 10/100 Mbit/sec. Il passo successivo è stato quello di realizzare il cablaggio UTP nei locali del Centro di Calcolo e successivamente aggiornare la scheda del server principale IROE (Digital Alpha) a 100 Mbit/sec e trasformare il collegamento da BNC a UTP del nameserver della rete (Data General Avion).

Subito dopo è stata la volta del collegamento del router, che è stato spostato dalla dorsale Thick Ethernet (cavo giallo) ad una porta UTP del LinkSwitch. Tramite un mini-hub abbiamo poi collegato in via provvisoria le uscite dei vecchi concentratori situati al Piano terra ed al Piano 5 ad altre porte UTP del LinkSwitch, eliminando così di fatto ogni collegamento alla dorsale Thick Ethernet.

A questo punto, una volta isolata la dorsale Thick Ethernet in cavo giallo, abbiamo provveduto ad aggiornare il cablaggio dei collegamenti ai piani realizzando un cablaggio in cavo UTP dal LinkSwitch al piano 5 ad ogni altro piano, dove abbiamo sistemato i mini-hub e ripristinato i collegamenti in Thin Ethernet RG58, accorciando i cavi ove necessario.

Alla fine abbiamo semplicemente spostato e riprogrammato il repeater dal piano 5 al piano Terra.

Tutta l'operazione di migrazione del cablaggio è avvenuta in una settimana circa e

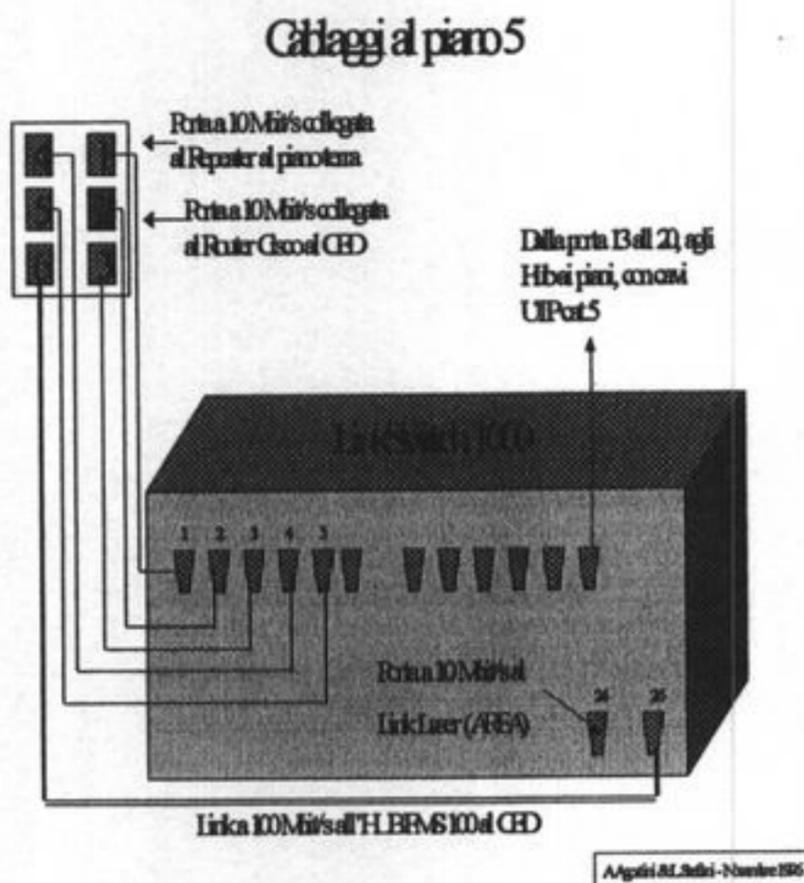


Figura II

Cablaggio ai piani

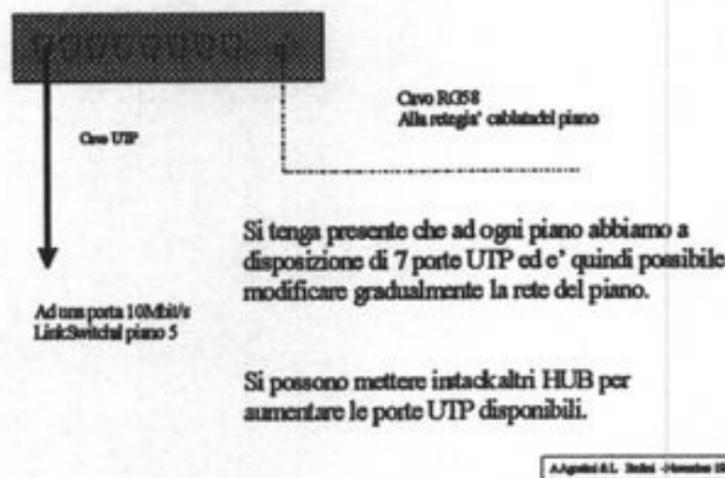


Figura III

il solo disagio arrecato agli utenti è stato necessario per l'aggiornamento della scheda di rete del server principale, mentre il resto degli interventi sono stati eseguiti in maniera trasparente agli utenti.

5. Verifiche di funzionamento

Terminata l'installazione abbiamo iniziato una serie di test di funzionamento della nuova rete, tramite i comuni comandi del TCP/IP e tramite il software di management.

Le nostre indagini si sono indirizzate in primo luogo all'analisi della quantità di traffico proveniente dal Link Laser con l'Area della Ricerca verso il router della MAN, rispetto al traffico sulla MAN generato dall'IROE. Con nostro stupore (tanto che abbiamo ripetuto più di una volta le misure) abbiamo osservato che il traffico interno era equivalente se non inferiore al traffico generato dall'Area e quindi da tutto il CNR fiorentino.

Con il nuovo cablaggio abbiamo constatato che il traffico sulla rete si è dimezzato.

Un'altra indagine è stata fatta nei riguardi dell'accesso ai server principali dell'Istituto da parte dei calcolatori interni: abbiamo notato che i tempi di risposta erano diminuiti notevolmente migliorando così l'esecuzione e la funzionalità delle applicazioni di rete in generale e dell'accesso ai programmi applicativi centralizzati sul server in particolare.

Questo ha fatto notare l'effettivo aumento della banda aggregata sui segmenti che collegano i server.

Ad oggi, a circa tre mesi dal completamento dell'installazione e delle prime verifiche, abbiamo constatato che le richieste di intervento da parte degli utenti per malfunzionamento della rete hanno subito una drastica diminuzione, ed i pochi guasti verificatisi non sono mai stati imputabili alle apparecchiature di rete ma solo ai cablaggi dei piani, ancora rimasti in cavo coassiale RG58. Inoltre non si sono più verificate lamentele sulla lentezza della rete interna.

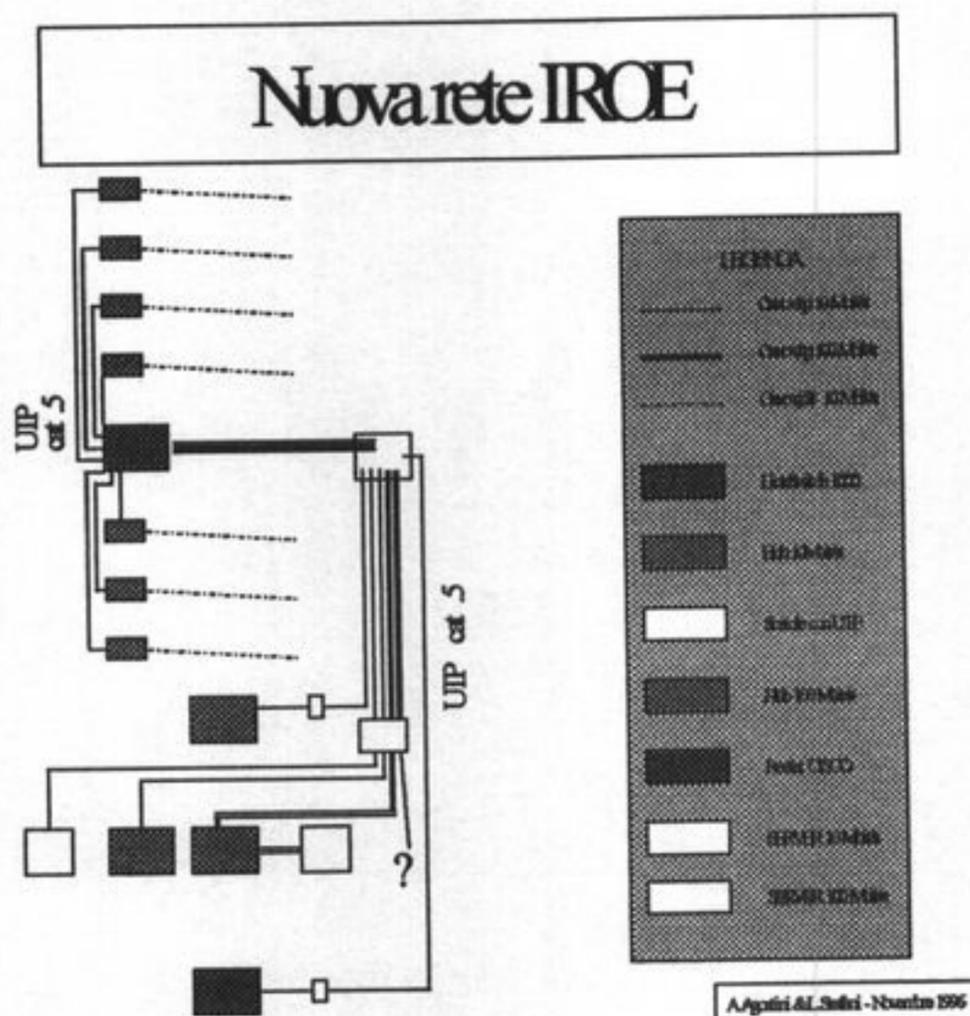


Figura IV

6. Sviluppi futuri

Come scritto alla sezione 3.1, uno fra gli obiettivi principali con cui è stato affrontato il progetto di ristrutturazione della rete interna è stato quello di salvaguardare gli investimenti fatti in nuove apparecchiature e cablaggi in caso di un futuro sviluppo della rete stessa.

Per i cablaggi realizzati in cavo UTP sono stati scelti cavo e connettori certificati in cat.5 (cioè certificati per trasmissioni fino a 155 Mbit/sec): in questo modo tutti i rami UTP attualmente a 10 Mbit/sec possono essere facilmente trasformati a 100 Mbit/sec semplicemente sostituendo le apparecchiature collegate alle estremità.

Inoltre il LinkSwitch 1000 è dotato di uno slot di espansione in cui è possibile inserire una seconda interfaccia Fast Ethernet a 100 Mbit/sec. Acquisendo questa interfaccia sarebbe possibile utilizzare un altro Hub a 100 Mbit/sec per collegare ai piani calcolatori dotati di interfaccia Fast Ethernet.

BIBLIOGRAFIA

-
- ¹ Report su PF Telecomunicazioni - <http://eurialo.cib.na.cnr.it:80/pftlc>
- ² "Progetto rete CNR" di M. Sommani - http://soi.cnr.it/~gost/GOST/PRO_RETE.html
- ³ RFC 1909 An Administrative Infrastructure for SNMPv2. K. McCloghrie.
February 1996. <ftp://ftp.nis.garr.it/rfc/rfc1909.txt>
- ⁴ 3Com Transcend Workgroup Manager for Windows - User Guide - <http://www.3com.com>