

Al
Direttore
del
Dipartimento di Matematica
Università di Pisa
PISA

e ai membri del Consiglio di Dipartimento.

Relazione Tecnica sulle necessità del Dipartimento di Matematica relativamente alla ricablatura dati e fonia degli edifici A e B

0. Introduzione

Questa relazione è stata preparata dal Comitato di Indirizzo del Centro di Calcolo Scientifico e Nuove Tecnologie per la Didattica del Dipartimento di Matematica in occasione del progetto di cablaggio strutturato degli edifici A e B.

Siccome il ricablaggio è un consistente investimento che richiederà 15/20 anni per essere ammortizzato, è quantomai necessario che tale cablaggio sia atto alle necessità del Dipartimento non solo attuali, ma anche nei prossimi 15/20 anni.

Prevedere il futuro, quando ci sono di mezzo tecnologie informatica avanzate, è piuttosto azzardato, e fior fiore di ditte, nel passato, sono fallite o scomparse solo per una previsione sbagliata.

In questo caso comunque, il peggio che può succedere, è che tra tre o quattro anni il cablaggio debba essere rifatto, oppure che ci sia adesso una spesa lievemente maggiore di quel che era strettamente necessario. Ovviamente tra le due possibilità di errore, all'Università conviene di gran lunga rischiare la seconda, mentre le ditte che fanno le cablature hanno tutto l'interesse a lasciare che il committente si indirizzi verso il primo tipo di errore.

Tuttavia fortunatamente il Dipartimento ha una certa esperienza, che poche strutture universitarie possono vantare, poiché ha progettato e realizzato e mantenuto una sua rete dati fin dal lontano 1991.

Guardando alle esperienze del passato si possono trarre interessanti spunti sul futuro e cercare di evitare gli stessi errori.

Questa relazione comprende:

1. Sunto della storia delle cablature in rete dal 1990 al 2012.
2. Situazione attuale della rete.
3. Analisi della sensazione di lentezza o velocità della rete.
4. Analisi dell'uso attuale della rete.
5. Analisi delle necessità attuali e future
6. Richieste dettagliate per la ricablatura degli edifici.
7. Allegato: mappe con le osservazioni.

1. Sunto della storia delle cablature in rete dal 1990 al 2012.

Per capire il presente e poter guardare al futuro è a volte utile guardare al passato.

La rete dell'Istituto Matematico è cresciuta attorno al suo Centro di Calcolo.

Nel 1990 il Centro di Calcolo aveva nei suoi locali alcuni server Unix (SUN e IBM) e il collegamento ad Internet in TCP/IP. Allora erano pochissime le strutture universitarie ad avere Internet. Persino l'Istituto di Informatica non aveva ancora il questo tipo di collegamento. Con i fondi di ricerca era stato pagato un router CISCO e una linea dedicata con il CNR di via S.Maria. La rete era inizialmente confinata nei locali del Centro di Calcolo.

Nel 1994 l'intero edificio dell'Istituto Matematico Tonelli in via Buonarroti 2 era oramai completamente cablato con la tecnologia dell'epoca (10Mbit ethernet con thin cable); il cablaggio era stato fatto quasi per intero direttamente dal Centro di Calcolo usando un trapano, forbici, un attrezzo per crimpare i cavi, e fissando il cavo coassiale a vista sul muro, ed era costato soltanto i materiali, cavo, connettori, e i ripetitori di segnale. Questa tecnologia richiedeva frequenti manutenzioni. Un connettore a T non ben allacciato fermava la rete su tutto un tratto di thin cable. Verso la fine del 2000 i problemi di ossidazione e falsi contatti o sconnessioni accidentali erano diventati abbastanza frequenti da essere veramente noiosi. Inoltre i calcolatori in commercio avevano oramai solo le prese di rete RJ45 e non la presa coassiale.

Nel 2004 questa struttura era diventata anche insufficiente per la “bassa velocità” di connessione (vedi il punto 3) e l'edificio fu cablato con una spesa totale di circa 22000 euro, interamente pagata con i fondi di ricerca del Dipartimento, scegliendo cavi di Cat.5e.

Allora molti obiettarono che il Cat.5 era sufficiente: dopo tutto allora solo pochi nostri server avevano le interfacce a gigabit. Perfino la nuova area della ricerca del CNR (fu inaugurata nel 2000) iniziò i cablaggi con il Cat.5: ma dovette cambiarli alcuni anni dopo in Cat.5e.

Il cablaggio portava negli studi singoli una presa, due negli studi più grandi. Dove servivano più prese si usavano degli economici HUB (a 10Mbit riciclati dalla precedente rete o a 100Mbit se nuovi), e più tardi degli economici switch da tavolo. Gli switch degli armadi erano dei 3COM 10/100 manageable e stackable con le porte di dorsale a gigabit, collegate a uno switch Centro Stella tutto a gigabit sito al Centro di Calcolo. Per quasi 10 anni questa struttura ha servito mirabilmente ai suoi scopi, praticamente senza intoppi seri, portando la rete negli studi.

Tra il 2002 e il 2012 comunque la rete interna del Centro di Calcolo fu portata tutta a gigabit, e furono cablati sempre con Cat.5e i Laboratori Computazionali con una quarantina di workstation Linux.

2. Situazione attuale della rete.

Nel 2012, gli apparati attivi erano pian piano stati sostituiti con switch con tutte le porte a gigabit, come pure a gigabit è la connessione fornita dal SERRA.

La topologia di rete è cambiata adattandosi alle nuove esigenze.

Tutti gli studi dell'edificio attualmente fanno capo (direttamente o attraverso uno switch di un altro armadio) ad uno switch gigabit che fa da “Centro Stella” ed e' situato al Primo Piano e riceve connettività da un singolo cavo a gigabit collegato al Centro di Calcolo. I vari switch degli armadi sono collegati in rame sempre a gigabit al “Centro Stella”. Insomma sia il backbone che le prese periferiche sono tutte a gigabit.

Sempre all'armadio del Primo Piano fa capo la rete amministrativa, a 100Mbit, fisicamente separata e collegata via fibra al Palazzo Vitelli.

Al Centro di Calcolo il primo switch collegato alla Rete di Ateneo fornisce connettività ai server più importanti e al “Centro Stella” del Primo Piano; attraverso altri switch ai vari laboratori computazionali, che, peraltro, hanno anche cablature dirette ai server NFS per distribuire meglio la banda su più collegamenti a gigabit. Inoltre tutti i server hanno una seconda interfaccia di rete collegata a gigabit tra di loro su una rete fisicamente isolata che serve per le operazioni di backup, di condivisione files tra server, in modo che queste operazioni non pesino sulla banda del backbone; su questa rete isolata ci sono anche le interfacce di management dei server stessi. Pochi server sono collegati tra loro a 10Gbit per veloce scambio di files.

Un collegamento separato a gigabit della Rete di Ateneo fornisce connettività al PHC.

Infine un collegamento diretto in fibra ottica collega la sala macchine del Polo2 a quella del Dipartimento.

Un discorso a parte merita il Wi-Fi.

Attualmente ci sono 8 access point che coprono la parte di Dipartimento ospitata nei palazzi A e B mediante una rete separata fisicamente e collegata attraverso un firewall zeroshell alla rete Dipartimentale. Nel 2012 il Dipartimento aveva deciso di dismettere questo sistema e collegarsi al WI-FI di Ateneo, ma a tutt'oggi la sostituzione degli apparati non è stata ancora fatta. Nel frattempo non sono state aggiornate né le attrezzature né il firewall, per cui il Wi-Fi dipartimentale è attualmente piuttosto scadente.

In compenso i due access point del PHC, che usano OpenVPN per la autenticazione, funzionano in modo accettabile, anche se parecchi dei nuovi gadget che usano il Wi-Fi non hanno una ragionevole supporto di OpenVPN e quindi non sono collegabili facilmente.

3. Analisi della sensazione di velocità o lentezza della rete.

Quando si parla di velocità di rete si intendono generalmente cose molto diverse a seconda dell'ambito in cui si sta parlando e delle applicazioni che si stanno usando.

Qui vogliamo vedere le cose dal punto di vista del tipico utilizzatore del Dipartimento di Matematica e vogliamo focalizzare l'attenzione su alcuni punti in cui la tecnologia di rete puo fare la differenza tra una esperienza soddisfacente e l'impossibilità di lavorare.

Tipicamente le Workstation usate negli studi hanno come sistema operativo Linux. Molte di queste sono configurate come server. Normalmente gli utenti lavorano con X11 su macchine remote del Dipartimento, o del Centro di Calcolo o di un altro studio o di altri Dipartimenti o strutture universitarie.

Quando si lavora remotamente, si possono usare sia delle finestre di puro testo che delle finestre grafiche. Con la tecnologia di rete a 10Mbit ci si limitava ad usare finestre di testo, mentre ora si usano finestre grafiche. X11 non comprime normalmente i dati trasmessi. Va detto comunque

che attualmente si usa il trasporto attraverso ssh e questo canale puo' usare una compressione lossless che puo' accelerare il trasporto dei dati via rete.

Facciamo inizialmente alcuni calcoli a prescindere dalla compressione e supponendo di non avere altro traffico di rete.

Con monitor di una generazione fa, 1280x1024, una operazione che richieda un completo aggiornamento grafico dello schermo usando X11, deve muovere attraverso la rete tipicamente 1280x1024 (pixels) x3(colori) x 8 (bit di colore) = 31.45Mbit. Con una rete a 10Mbit/sec richiede 3 secondi (inaccettabilmente lento, e infatti nel 1994 si lavorava in modalita' testo!); a 100Mbit 0.3 secondi, che e' accettabile; a 1 Gibabit 30 millisecondi, che e' istantaneo.

Basta pero' passare a un monitor ad HD per avere un cambiamento sensibile: infatti un completo aggiornamento grafico dello schermo usando X11 deve muovere tipicamente 1920x1080 (pixels) x 3(colori) x 8(bit di colore)= 49.77Mbit. Con una rete a 10Mbit/sec richiede 5 secondi (inaccettabilmente lento); a 100Mbit 0.5 secondi, che e' percettibilmente lento; a 1 Gibabit 50 millisecondi, che e' ancora percepito come istantaneo.

I monitor di punta attuali hanno risoluzioni 4 volte superiori, e la stessa operazione di refresh del monitor da un server remoto richiede 20 sec con una rete a 10Mbit/sec, 2 sec con una rete a 100Mbit, 0.2 sec (cioe 1/5 di secondo che inizia ad essere percettibile) con la rete a Gigabit e 20msec con una rete a 10Gbit/sec.

Applicazioni speciali come per esempio l'analisi 3D di immagine mediche, possono avere tempi più lunghi di un fattore 16 se si calcola che per il 3D occorrono due immagini e che per la risoluzione dei colori professionale occorrono 16 bit di colore invece di 8. In questo caso, già oggi, solo il 10Gbit permette di lavorare attraverso la rete in questa modalità interattiva, con circa 0.3 sec di attesa per l'immagine. Attualmente, comunque, non abbiamo nessun gruppo con questo tipo di necessità, che comporta l'uso di hardware piuttosto costoso.

Paradossalmente un filmato in full HD riprodotto da remoto non richiede una rete particolarmente veloce: grazie alle tecniche apposite di compressione dei dati bastano ben meno di 50Mbit/sec per una visione fluida e apparentemente perfetta, che è possibile anche su una rete con prese a 100Mbit e backbone a gigabit.

4. Analisi dell'uso attuale della rete.

Può sembrare singolare che sia le prese alle Workstation che la dorsale della rete lavorino a 1 gigabit. Ci si aspetterebbe che la dorsale debba avere una capacità ben maggiore o che si saturi bloccando tutta la rete. Vediamo il caso in dettaglio.

Cosa accade se supponiamo di avere 50 workstation che devono usare la rete nel modo sopra descritto, con una media di una pagina ogni 5 secondi su ciascuna macchina ? Nel caso del monitor HD, con 50Mbit di traffico generato da un singolo refresh completo dello schermo, in 5 secondi abbiamo 2500Mbit, cioè il traffico medio aggregato al secondo e' appena 500Mbit/sec., cioè metà della banda da 1Gigabit.

Quindi il gigabit sulla presa di rete della Workstation e ancora il gigabit sul backbone sono attualmente sufficienti ad assicurare una esperienza di lavoro ragionevolmente piacevole, anche se a

prima vista avere la stessa velocità sul backbone e sulle porte periferiche può lasciare qualche perplessità.

Un problema di sovraccarico può invece sorgere in caso di downloads . Il download di una ISO di un DVD da 4GByte da un server locale o da un server GARR può facilmente occupare metà della banda del backbone per 60 sec, (scrivendo sul disco locale a 70MBytes/sec) . Questo problema non c'era prima del 2010 quando le prese a 100Mbit limitavano il traffico delle workstation ad un massimo di 10MByte/sec (e i dischi della generazione precedente arrivavano al massimo a 20MByte/sec di sustained w/r).

Tuttavia apparentemente 20 anni di educazione all'uso responsabile delle risorse di rete hanno limitato moltissimo questo problema ! E' difficile che al Dipartimento di Matematica ci siano più downloads contemporanei.

I download più richiesti sono le ISO per le installazioni di Linux. Comunque quasi tutte le distribuzioni Linux forniscono attualmente dei piccolissimi “netinstall” di poche centinaia di Megabyte, e la installazione da una pennina usb via questi netinstall risulta enormemente più veloce che non da una immagine completa su DVD, per cui, fortunatamente, non abbiamo praticamente mai rallentamenti dovuti a pesanti downloads sulla rete degli studi.

Altre applicazioni che usano pesantemente la banda, come i backups e NFS, potrebbero saturare il gigabit del backbone: ma le macchine che usano NFS negli studi si sono ridotte a poche lente workstation dei dottorandi, e i backups via rete vengono fatti saltuariamente dai docenti, che spesso usano copiare direttamente i files su supporti removibili, oppure usano dropbox o simili servizi di rete che usano fare copie differenziali limitando al minimo il traffico di rete.

Un'altra applicazione che occupa banda è la stampa su stampanti di rete. Anche qui ci sono dei burst di dati corrispondenti ai vari job di stampa, ma la meccanica di stampa e l'uso di un printserver piuttosto lento limitano drasticamente a banda totale media impegnata, evitando di saturare il backbone.

In definitiva una serie di motivi specifici e la architettura di rete scelta su misura per gli usi del Dipartimento di Matematica permettono di soddisfare quasi tutte le attuali esigenze di networking in modo soddisfacente negli edifici A e B. Nell'altro edificio, l'ex Albergo Marzotto, la porte della rete sono ancora quasi tutte a 100Mbit, e per questo le rete viene sentita come “lenta” (come visto nel punto 3), da tutti quelli che hanno macchine e display recenti.

5. analisi delle necessità attuali future.

Non occorre essere dei guru per predire che nei prossimi anni avremo la necessità di avere sul tavolo delle prese di rete a 10Gbit. Già da tre anni tutti gli iMac hanno le porte Thunderbolt che hanno due canali a 10Gbit, e sono in vendita le interfacce Thunderbolt-10Gbase-T per collegare gli iMac alle porte 10Gbase-T.

In Dipartimento ci sono già parecchi monitor a risoluzione superiore alla full HD, e almeno metà delle workstation hanno sufficiente potenza per saturare una ethernet a gigabit con il loro traffico, e possono montare e usare proficuamente schede 10Gbase-T.

Sembra perciò estremamente ragionevole proporre per il futuro uno schema che preveda una cablatura “tutto 10 Gbit”. Inizialmente i cavi capaci di 10Gbase-T saranno usati a 1 gigabit

come adesso, al massimo con un backbone in fibra a 10Gbit, ma si può ritenere probabile che tra 5/7 anni si avrà la necessità di sostituire gli apparecchi attivi portando tutte le porte a 10Gbit.

A meno che un gruppo di ricerca si impegni in un progetto di imaging, la prima vera necessità di link a 10Gbit potrebbe comunque venire dal WI-FI. Già adesso gli access points 802.11ac sono in grado di saturare il link a gigabit con il loro traffico aggregato.

Gli analisti predicono che prossima generazione di access point avrà direttamente le prese di rete a 10Gbit. I chip necessari sono annunciati ed entreranno nel mercato nel 2015. In 4 o 5 anni potremmo averli pure all'Università.

Altri sviluppi futuri possibili che consumano molta banda di rete sono i “thin client” e i “zero client” anche se è difficile predire se questa tecnologia sarà adottata al Dipartimento.

Per quel che riguarda la topologia di rete, la ricablatura potrà finalmente rimediare ad alcuni problemi che lo schema di rete attuale presenta:

- i due palazzi A e B dipendono per l'approvvigionamento elettrico da due sottostazioni elettriche (cabine) diverse. Attualmente se manca elettricità nel palazzo A succede che la rete nel B non funziona più. Come pure un qualsiasi blocco della rete nel palazzo A blocca anche la rete nel palazzo B. Questo non va bene.
- Un problema sulla rete degli studi (interfaccia guasta, loop) attualmente bloccherebbe anche la rete del Centro di Calcolo con tutti i server. Questo è un grave problema, perché il Dipartimento ospita server della ricerca piccoli ma con servizi importanti su scala globale. Attualmente abbiamo nell'armadio del Centro di Calcolo un singolo cavo ben marcato, e in caso di problemi basta staccare questo cavo per sconnettere il resto dei due edifici dal Centro di Calcolo, ma la soluzione corretta si ottiene con la separazione delle reti.

Infine, per quel che riguarda la sicurezza di rete, attualmente assicurata da un monitoraggio passivo a livello di porta e dalle credenziali di struttura sui vari sistemi, risulta macchinoso il collegamento in rete di una apparecchiatura di qualsiasi ospite di altre strutture universitarie, che deve essere abilitato esplicitamente e poi disabilitato. Anche qui sembra quanto mai opportuna una politica diversa di accesso tra

da un lato il WI-FI, le prese esposte negli studi e nei locali comuni,
dall'altro le prese di rete dei locali del centro di calcolo e i laboratori (che hanno tutti un controllo degli accessi fisici ai locali)

6. richieste dettagliate per la cablatura futura

Possiamo a questo punto formulare le richieste dettagliate del Dipartimento di Matematica per la nuova organizzazione della rete.

1. topologia di rete

Il Dipartimento di Matematica chiede di organizzare i collegamenti in rete secondo questi principi:

- edificio B
il collegamento di rete dati e di telefono VOIP deve poter funzionare indipendentemente dall'edificio A.

- studi edificio A
il collegamento di rete dati e di telefono VOIP deve poter funzionare indipendentemente dall'edificio B e dal Centro di Calcolo.
- rete amministrativa (edificio A)
come ora, fino alla sua -sembra prossima- dismissione.
- Centro di Calcolo (edificio A)
la rete dati del Centro di Calcolo e dei Laboratori deve funzionare indipendentemente da quella del resto dell'edificio e dell'edificio B. (*)
- PHC (edificio A)
come ora, rete dati totalmente separata ma interrompibile facilmente dal Centro di Calcolo.

(*)(Un modo per assicurare il funzionamento della rete dati e fonia nell'edificio A e nell'edificio ex Albergo Marzotto nei casi in cui ci sia una interruzione di energia elettrica al locale di controllo, potrebbe essere quello di portare un cavo elettrico dall'edificio A al locale di controllo e predisporre un gruppo di continuità con doppia alimentazione per gli switch necessari.)

2. rete: parte passiva

La richiesta del Dipartimento di Matematica è che i nuovi cablaggi sono certificati per supportare i 10Gbit, come minimo con le certificazioni del Cat. 6A, che prevede anche il controllo dell' alien crosstalk.

Inoltre si curerà di posizionare gli armadi esattamente al centro delle relative zone di competenza, in modo da minimizzare le lunghezze dei cavi.

E' infatti pratica comune delle ditte di cablaggi di gonfiare il costo del cablaggio semplicemente installando gli armadi all'inizio o alla fine della zona di competenza, aumentando in questo modo la lunghezza totale del cablaggio e quindi tutto il budget della installazione.

Questo però, oltre a portare ad una spesa maggiore, peggiora sensibilmente le prestazioni della rete.

Il numero di prese in ogni studio o ufficio segue lo standard adottato normalmente per la Rete di Ateneo, e cioè tre prese per potenziale persona che lavori nel locale, una per il telefono e due per la rete dati.

Nei locali più grandi, dove la disposizione dei posti lavoro prevede tavoli centrali, devono essere previste colonnine centrali installate sul pavimento e che portano prese telefono, rete, ed energia elettrica in modo di evitare alle persone di dover attraversare un locale con dozzine di cavi stesi sul pavimento.

Sono previste prese rete anche in Aula Magna, Sala Seminari, Sala Riunioni, Aula 1, Aula 2, e negli slarghi dei corridoi. Vengono portati cavi ethernet anche ai proiettori.

I vari armadi di rete saranno collegati preferibilmente in fibra monomodale al Centro Stella sito al Primo Piano.

La cablatura dati non interessa il Centro di Calcolo, i relativi Laboratori Computazionali, e il PHC; in questi locali vengono portate due prese telefoniche, una al centro di Calcolo e una al PHC e non vien fatto nessun altro lavoro.

Le vecchie cablature in rame in disuso vengono rimosse alla fine della transizione alla nuova rete, con eccezione delle vecchie cablature di ridondanza che fanno capo all'armadio del Centro di Calcolo, che collegano i vari laboratori e vari punti del Dipartimento, e che vengono conservate come riserva. Le prese di rete dismesse vengono rimosse e le pareti ripristinate.

Le prese telefoniche vengono marcate in modo inequivocabile in modo da essere ben distinguibili dalle prese dati.

E' importante che prima di posizionare i punti rete negli studi vengano sentiti i docenti che utilizzano lo studio per avere un placet del posizionamento.

Ci deve essere l'impegno a spostare ogni presa messa senza esplicito placet.

A tutt'oggi infatti moltissimi docenti infatti hanno dichiarato di non aver potuto esprimere le loro preferenze.

3. rete: parte attiva

Gli armadi ospitano gruppi di continuità in grado di mantenere in funzione le reti telefoniche e dati per almeno 15 minuti in caso di interruzione di energia elettrica. Ogni armadio ospita un controller ambientale che permette il controllo remoto dello stato del gruppo di continuità, della temperatura, del funzionamento della ventilazione, e delle intrusioni all'armadio.

Gli switch dati hanno le porte della dorsale a 10Gbit, e tutte le altre porte almeno a gigabit.

Nel punto 4 abbiamo visto che per le necessità attuali del Dipartimento di Matematica una dorsale a gigabit è sufficiente. Dobbiamo però ricordare che uno dei cambiamenti importanti della nuova struttura di rete è la condivisione della banda disponibile con le VLAN della rete Wi-Fi di Ateneo, che coprirà anche parte del cortile interno del polo Fibonacci. Ogni access point può da solo occupare tranquillamente 500Mbit/s. Nei momenti di punta la banda occupata dal traffico Wi-Fi può facilmente occupare più di 1 gigabit, per cui occorre prevedere una dorsale e un collegamento alla Rete di Ateneo con maggior banda.

4. rete e telefono: manutenzione

A tutti gli utenti viene fornito un numero di telefono attivo 24/24, 365/365 a cui rivolgersi per assistenza in caso di problemi alla rete dati e/o telefono. E' garantito un intervento entro 24 ore.

5. Transizione alla nuova rete.

Poichè la precisa richiesta del Dipartimento di Matematica è che i locali del Centro di Calcolo, i Laboratori Computazionali, il PHC non siano toccati dai lavori se non marginalmente per un paio di cavi telefonici, i servizi del Centro di Calcolo non dovranno mai essere interrotti per nessun motivo. La rete al Centro di Calcolo continuerà a funzionare come ora senza modifiche.

Per il resto degli edifici A e B, va tenuto conto che parecchi server sono ospitati negli studi dei docenti per cui è importante che venga garantita la loro raggiungibilità in rete durante tutti i lavori, con al massimo piccole interruzioni di pochi minuti.

E' perciò essenziale che sia preparato un preciso dettagliato crono programma dei lavori.

In linea generale sarebbe opportuno che in una prima fase venissero posizionati i nuovi armadi e fatte le cablature senza toccare la rete dati esistente. In una seconda fase installate le attrezzature attive collegandole provvisoriamente alla rete dati attuale usando i collegamenti di riserva che fanno capo al Centro di Calcolo. A questo punto è possibile scollegare i calcolatori degli studi dalle vecchie prese e collegarli alle nuove prese. Fatto ciò si provvede alla rimozione dei cavi e delle prese rete vecchie, ed è finalmente possibile usare gli armadi destinati ad essere riciclati per terminare il lavoro di cablatura. In questa fase viene disabilitato il Wi-Fi del Dipartimento che rimarrà senza Wi-Fi per qualche giorno. A questo punto si possono attivare i nuovi collegamenti alla rete di Ateneo, staccare gli armadi dalle prese provvisorie e collegarli definitivamente tra di loro. Viene attivata sul nuovo cablaggio la nuova struttura logica di rete che convive con la vecchia mentre si riconfigurano una per una tutte le macchine degli studi, cosa che richiederà un paio di settimane; intanto viene attivato eduroam sul Wi-Fi. Quando l'ultima macchina degli studi è stata riconfigurata si può finalmente disattivare sui nuovi switch la configurazione provvisoria, e la transizione è terminata senza mai aver interrotto la connettività in rete delle macchine per più di qualche minuto.

=====