



UNIVERSITY
OF TRENTO

DEPARTMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY

38050 Povo – Trento (Italy), Via Sommarive 14
<http://www.dit.unitn.it>

Field-Tests per la realizzazione di HotSpot con reti 802.11.

Elio Salvadori, Danilo Severina
Roberto Battiti, Renato Lo Cigno

Maggio 2004

Technical Report # DIT-04-024

Nel periodo da Ottobre 2003 a Marzo 2004 sono state effettuate delle misurazioni per valutare le caratteristiche e le prestazioni di reti wireless interne e esterne all'università. In particolare si sono effettuate misurazioni su alcune reti wireless 802.11b non utilizzabili da utenti esterni per valutare le prestazioni in base all'insieme di set di canali utilizzati dagli Access Point. In seguito si sono fatti sopralluoghi nella biblioteca civica di via Roma (Trento) per testare la rete wireless installata prima di fornire il servizio al pubblico.

1 Introduzione ai sistemi WiFi - 802.11b

Lo standard IEEE 802.11 WLAN è stato approvato nel Giugno 1997 [1] e una nuova estensione di questo standard è stata pubblicata nel 1999 con velocità di trasferimento supportate pari a 1 e 2 Mbps ed è stato chiamato IEEE 802.11b ([2], [3]). Per migliorare le velocità di comunicazione, si è proposta una estensione dello standard modificando il livello fisico. L'estensione della tecnica di modulazione DSSS (*Direct Spreading Spread Spectrum*) permette a sistemi che si basano sullo standard 802.11b di raggiungere velocità di 5.5 e 11 Mbps, mantenendo però la compatibilità con le velocità di base di 1 e 2 Mbps.

Le reti 802.11b lavorano su una banda di frequenza compresa tra 2400 e 2483 MHz (banda per applicazioni ISM). Lo spettro è suddiviso in 13 canali (per lo standard europeo, solo 11 per quello americano); ognuno di essi ha una ampiezza 22 MHz l'uno e la frequenza centrale di un singolo canale dista da quelli adiacenti di 5 MHz: risulta pertanto evidente che i canali risultano parzialmente sovrapposti.

Gli standard IEEE 802.11 e IEEE 802.11b descrivono la struttura del livello MAC e prevedono due tipi di funzionamento diversi per permettere a più utenti di utilizzare la stessa risorsa radio:

DCF (*Distribute Coordination Function*). Prevede l'uso di una tecnica CDMA-CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) ed in questo caso i terminali prima di inviare dati ascoltano il canale per verificare che nessuno stia già utilizzando la stessa risorsa. Per ridurre ulteriormente la probabilità di collisione tra utenti che vogliono trasmettere le stazioni utilizzano un meccanismo di scambio di pacchetti brevi, quali RTS (*Request To Send*) e CTS (*Clear To Send*).

PCF (*Point Coordination Function*). Questo tipo di accesso è possibile solo nel caso di reti infrastrutturate dato che serve un elemento che controlli: nelle reti infrastrutturate l'Access Point è il controllore. In questo caso l'AP si comporta come il master

in una rete che utilizza il polling: interrogazioni cicliche ai terminali per sapere se ci sono dati da trasmettere o meno.

Recentemente è stato sviluppato anche un altro standard che lavora sulla stessa banda di frequenze del Wi-Fi: IEEE 802.11g [4]. Questo nuovo standard supporta lo standard 802.11b e ne migliora ulteriormente le velocità massime di trasferimento, infatti permette di raggiungere i 54 Mbps. Ovviamente miglioramenti in termini di bit rate hanno come contropartita una riduzione del raggio di azione: l'area di copertura ad una velocità di 54 Mbps risulta molto più piccola di quella con velocità di 11 Mbps.

2 Biblioteca civica

Il sopraluoghi nella biblioteca civica di via Roma (Trento) ha lo scopo di testare la rete presente in tale edificio prima di permettere un uso pubblico della stessa. Il Dr. Roberto Resoli ha fornito una prima versione del tutorial da distribuire ai futuri utenti per spiegare le procedure per accedere alla rete. I test eseguiti avevano come scopo, seguendo le procedure descritte, di verificare se queste erano di facile comprensione anche per utenti non esperti in configurazione di terminali per accedere a reti pubbliche, in questo caso a reti wireless. La rete presente in biblioteca è composta da soli due Access Point, uno nella Sala Manzoni al piano terra ed uno nella Sala Lettura al primo piano.

Come prima cosa è necessario settare i parametri del proxy tramite il proprio browser e successivamente ci si può collegare al programma di gestione tramite un browser. Dopo aver modificato la password fornita insieme all'iscrizione al servizio (per requisiti di sicurezza: in questo modo la password è nota solo all'utente), si può collegarsi a internet. Per navigare nella rete web è necessario avere aperte due finestre del browser: la prima (Finestra di abilitazione) è quella dove si è inserito il nome utente e la password, mentre la seconda (Finestra di navigazione) serve per il web-browsing vero e proprio. Quando si apre per la prima volta una finestra di navigazione vengono richiesti user-id e password e una volta inseriti si può navigare liberamente per la rete.

È necessario mantenere attiva la finestra di abilitazione, la quale viene aggiornata ad intervalli regolari di tempo. Se si chiude questa finestra o la si utilizza per web-browsing dopo alcuni minuti si viene automaticamente disabilitati. Per ogni tentativo di connessione alla rete vengono richiesti identificativo dell'utente e password, ma non vengono accettati.

Ogni qual volta si apre una nuova finestra del browser (a meno che non venga fatto con ctrl-n o con apri collegamento in una nuova finestra) viene richiesto user-id e password. Praticamente la fase di autenticazione comprende due passi:

primo: inserimento di user-id e password per l'attivazione del servizio;

secondo: inserimento di user-id e password per ottenere l'abilitazione alla navigazione.

Questo secondo passo deve essere effettuato per ogni finestra di navigazione che si apre (a meno che non venga fatto con ctrl-n o con apri collegamento in una nuova finestra).

Si è provato ad accedere alla rete utilizzando le procedure descritte nel tutorial e si è messo in evidenza problemi che utenti inesperti potrebbero trovare e miglioramenti che si sarebbero potuti apportare sia al sistema che al tutorial. Successivamente si è analizzata la robustezza del sistema stesso per valutare la possibilità di possibili utilizzi non consentiti.

3 Connessioni punto-punto

Per offrire servizio ad alcuni edifici pubblici in via sperimentale si è cercato di valutare la fattibilità di un collegamento punto punto. Data la posizione della Facoltà di Scienze, per illuminare alcune zone della città di Trento si è reso necessario un collegamento punto punto con la sede dell'Opera Universitaria di Sardagna.

Vista la distanza tra i due edifici (Facoltà di Povo e Sardagna) è necessario utilizzare delle antenne direttive per avere un buon collegamento. Le misure effettuate servono per comprendere quali antenne sono più idonee a questo tipo di collegamento: antenne con un alto guadagno permettono, ovviamente, un collegamento migliore, ma si deve tenere presente la normativa relativa ai limiti massimi di irradiazione delle antenne.

Per il test sono stati effettuati utilizzando due tipi di antenne: una parabola ed una jagi (con diversi guadagni e diagrammi di irradiazione). Si sono provati sia le configurazioni con due jagi e due parabole, sia quella con una jagi e una parabola. L'utilizzo di parabole permette un facile puntamento data l'elevata larghezza del diagramma di irradiazione, ma non fornisce buone prestazioni in termini di velocità di trasferimento. Nel caso invece di due antenne jagi, la velocità di trasferimento risulta buona, anche se la procedura di puntamento non è molto semplice, tenuto conto che non si disponeva di attrezzature adatte e le antenne erano posizionate solo su dei supporti mobili temporanei.

4 Posizionamento Access Point

Sono state effettuate alcune misure in Rettorato per valutare la disposizione di eventuali Access Point per permettere la copertura di alcune sale con la rete wireless.

Le misure sono state effettuate nel seguente modo. È stato messo un Access Point in una delle sale riunioni e si è andati in giro per il piano per valutare fino a dove si percepiva il segnale e con quale intensità. Da queste semplici misure si è valutata la posizione dei possibili Access Point per permettere una copertura più ampia possibile, tenendo conto anche della disponibilità di prese di corrente e di prese di rete.

Misure analoghe sono state effettuate anche nel dipartimento di Fisica dalla Facoltà di Scienze per valutare il numero minimo di Access Point e la loro migliore posizione per garantire una buona copertura senza la generazione di interferenze distruttive.

5 Valutazione collegamento Sardegna-Studentato

Per testare la qualità del collegamento wireless punto punto tra Povo e Sardegna e quello tra Sardegna e lo Studentato di via Brennero sono state effettuate alcune prove sul campo. La rete wireless utilizzata per il collegamento tra l'Università di Scienze e lo Studentato ha la struttura mostrata nella Figura 1. Gli Access Point (AP) utilizzati sono i seguenti:

AP 1: Università di Scienze - Povo, Avaya ROR-II con firmware aggiornato alla versione 4.15.

AP 2: Hotel Panorama - Sardegna, Avaya ROR-II con firmware aggiornato alla versione 4.15.

AP 3: Hotel Panorama - Sardegna, Cisco Bridge 350.

AP 4: Studentato - via Brennero, Cisco Bridge 350.

Il collegamento tra AP 1 e AP 2 e quello tra AP 3 e AP 4 sono ovviamente wireless, mentre il collegamento tra AP 2 e AP 3 è cablatto.

Le prove effettuate per la valutazione del collegamento sono state le seguenti:

- Misurazione del tempo impiegato ad effettuare un ping ai diversi Access Point lungo il collegamento tra lo Studentato e l'Università di Scienze.
- Misurazione del tempo di download di un file di dimensioni di 1 MB dal server kirk (kirk.science.unitn.it - Università di Povo).
- Misurazione del tempo di upload di un file di dimensioni di 1 MB sul server kirk.
- Misurazione del tempo di download di un file di dimensioni di 10 MB dal server kirk.

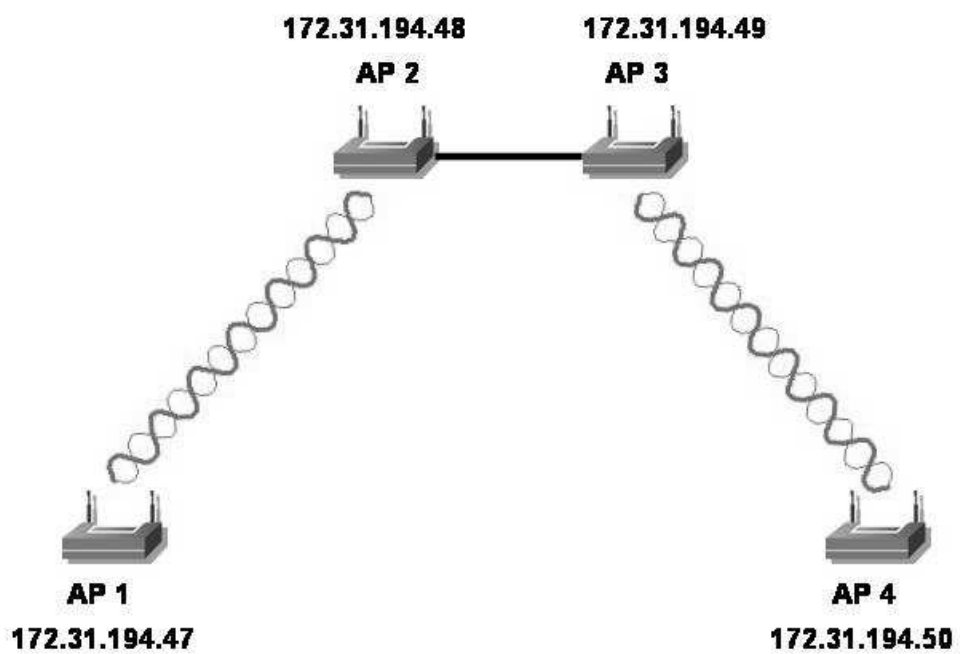


Figura 1: Struttura della rete wireless per il collegamento Povo-Sardagna- Studentato.

- Misurazione del tempo di upload di un file di dimensioni di 10 MB sul server kirk.
- Valutazione della qualità di uno streaming audio e video.

(I primi cinque tipi di prove possono avere una valutazione oggettiva, mentre l'ultima può solo avere un giudizio soggettivo.)

Le prove sono state effettuate considerando due diverse architetture:

- Collegamento diretto del portatile (tramite cavo ethernet cross) con l'AP 4 presente in Studentato che funziona da client wireless nel collegamento punto punto tra Sardegna e Studentato stesso (Figura 2)
- Collegamento di un AP DLink DWL1000AP+ all'AP 4 dello Studentato e successivo collegamento del portatile tramite scheda wireless all'AP DLink (Figura 3).



Figura 2: Architettura della rete con collegamento diretto tra laptop e AP4.

Le misurazioni, inoltre, sono state effettuate sia nella zona della portineria posizionata al piano terra dell'edificio, sia in una stanza destinata ad attività comuni situata al quarto piano dell'edificio: in questo secondo caso la presa di rete proveniente dall'AP Cisco è stata collegata con la presa presente nella stanza al quarto piano tramite la rete cablata. La differenza tra il collegamento effettuato in portineria e quello effettuato nella sala comune è che nel primo caso non è presente il collegamento tra l'AP4 e la presa di rete presente nella sala del quarto piano (presa numero 401), ma l'AP DLink (o il laptop) sono direttamente collegati con il cavo proveniente dall'AP4: nel primo caso, pertanto, non è stata coinvolta la rete cablata dello Studentato.

5.1 Prove effettuate e risultati.

Le prove effettuate sono riassunte nelle seguenti tabelle:

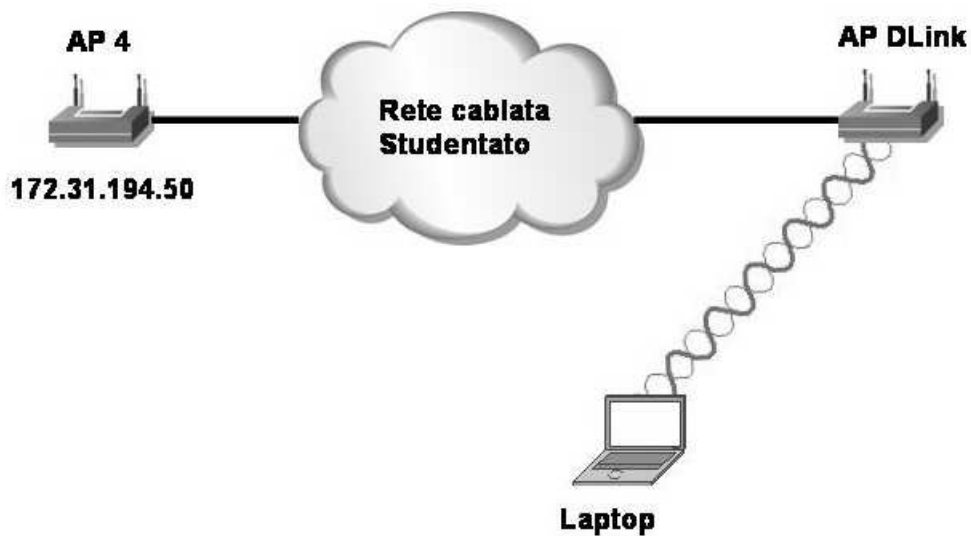


Figura 3: Architettura della rete con collegamento diretto tra AP Dlink e AP4. Il collegamento del laptop con la rete avviene tramite scheda wireless.

Tabella 1: sono riportati tutti i tempi (medi) espressi in millisecondi [ms] del ping effettuati sui diversi AP presenti tra lo Studentato e l'Università di Scienze. Nelle colonne sono presenti i diversi AP target, i cui identificativi fanno riferimenti alla Figura 1.

Tabella 2: sono riportati i tempi di trasferimento espressi in secondi [s] di download ed upload di un file delle dimensioni di 1MB tramite collegamento ftp con il server kirk.

Tabella 3: sono riportati i valori di throughput in kByte al secondo [kB/s] di download ed upload di un file delle dimensioni di 1MB tramite collegamento ftp con il server kirk. I valori di throughput sono relativi agli stessi trasferimenti considerati nella Tabella 2.

Tabella 4: sono riportati i tempi di trasferimento espressi in secondi [s] di download ed upload di un file delle dimensioni di 10MB tramite collegamento ftp con il server kirk.

Tabella 5: sono riportati i valori di throughput in kByte al secondo [kB/s] di download ed upload di un file delle dimensioni di 10MB tramite collegamento ftp con il server

kirk. I valori di throughput sono relativi agli stessi trasferimenti considerati nella Tabella 4.

I valori dei tempi [s] e quelli di throughput [kB/s] sono forniti come parametri qualitativi del trasferimento effettuato dallo stesso comando ftp utilizzato per il download o l'upload di un file.

Tutte le tabelle riportano nelle righe le diverse configurazioni con le quali si sono svolte le prove:

Prima riga: Collegamento dalla portineria con laptop collegato direttamente ad AP 4.

Seconda riga: Collegamento dalla portineria con laptop collegato alla rete tramite AP DLink.

Terza riga: Collegamento dalla stanza comune del quarto piano con laptop collegato direttamente ad AP 4.

Quarta riga: Collegamento dalla stanza comune del quarto piano con laptop collegato alla rete tramite AP DLink.

		AP1	AP2	AP3	AP4
Portineria	Solo Laptop	6	3	3	1
	Con AP DLink	7	3	3	1
Sala comune	Solo Laptop	7	3	3	1
	Con AP DLink	8	4	4	2

Tabella 1: Ping dal terminale laptop utilizzato in studentato verso uno degli Access Point presenti nel collegamento Povo - Sardegna - Studentato. Valori espressi in millisecondi [ms]. Gli identificativi degli Access Point sono relativi a quelli riportati in Figura 1.

		download					upload				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Portineria	Solo Laptop	2,18	2,22	2,12	2,15	2,10	2,22	2,25	2,25	2,19	2,27
	Con AP DLink	3,86	2,12	2,14	2,14	2,19	2,25	2,17	2,17	2,27	2,42
Sala comune	Solo Laptop	2,02	2,06	2,04	2,05	2,04	2,05	2,13	2,04	2,03	2,12
	Con AP DLink	4,33	2,21	2,11	2,20	2,12	2,17	2,31	2,32	2,36	2,35

Tabella 2: Tempi impiegati nel trasferimento di un file di dimensione pari a 1MByte tramite collegamento ftp in due direzioni: download del file presente sul server kirk e upload dello stesso file verso lo stesso server. Valori espressi in secondi [s].

6

		download					upload				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Portineria	Solo Laptop	458,09	449,84	471,03	464,25	471,03	449,84	443,85	443,66	456,00	439,95
	Con AP DLink	259,34	471,03	466,64	466,64	456,00	443,85	460,19	460,19	439,95	412,54
Sala comune	Solo Laptop	494,32	487,73	489,48	487,09	489,48	487,09	468,82	489,48	491,88	471,03
	Con AP DLink	231,16	451,88	473,26	453,93	471,03	460,19	432,15	430,48	423,01	424,99

Tabella 3: Valori di throughput per il trasferimento di un file di dimensione pari a 1MByte tramite collegamento ftp in due direzioni: download del file presente sul server kirk e upload dello stesso file verso lo stesso server. Valori espressi in kiloBytes per secondo [kB/s].

		download					upload				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Portineria	Solo Laptop	23,56	24,81	21,30	20,53	23,80	20,74	20,74	21,41	20,36	20,57
	Con AP DLink	21,64	23,38	21,15	22,66	20,87	21,27	21,36	21,21	22,13	21,44
Sala comune	Solo Laptop	23,65	22,26	21,78	23,93	22,05	21,30	21,01	20,58	20,89	21,00
	Con AP DLink	23,16	20,34	20,32	20,65	21,04	22,35	21,77	21,71	21,50	21,04

Tabella 4: Tempi impiegati nel trasferimento di un file di dimensione pari a 10MByte tramite collegamento ftp in due direzioni: download del file presente sul server kirk e upload dello stesso file verso lo stesso server. Valori espressi in secondi [s].

10

		download					upload				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Portineria	Solo Laptop	424,38	403,13	460,48	487,12	420,10	482,16	482,16	467,05	491,18	486,17
	Con AP DLink	462,09	427,64	472,81	441,27	479,16	470,12	468,14	471,45	451,85	466,42
Sala comune	Solo Laptop	422,76	449,20	459,12	417,82	453,47	469,48	475,94	485,93	476,64	476,19
	Con AP DLink	431,72	491,64	492,15	484,28	475,26	447,39	459,33	460,60	465,09	475,29

Tabella 5: Valori di throughput per il trasferimento di un file di dimensione pari a 10MByte tramite collegamento ftp in due direzioni: download del file presente sul server kirk e upload dello stesso file verso lo stesso server. Valori espressi in kiloBytes per secondo [kB/s].

Con già menzionato, oltre alle misurazioni nelle quattro configurazioni viste (collegamento dalla portineria con e senza AP DLink e collegamento dalla sala comune con e senza AP DLink) sono state fatte anche delle prove di un trasferimento audio-video. Si è utilizzato un filmato presente sul sito <http://ortles.dit.unitn.it/>, in particolare Lezione 17 - Corso di Architettura degli Elaboratori 1. Si è valutata la qualità audio e video del filmato con QuickTime e non si sono riscontrati problemi: il filmato risultava fluido e senza scatti. Non si sono notate sostanziali differenze dalla qualità osservata con collegamento allo stesso filmato fatto tramite la rete wireless WILMA presente in Facoltà.

Infine si è valutato la qualità dal segnale con AP DLink posizionato sia in portineria al piano terra che nella sala comune al quarto piano. Nel caso dell'AP posizionato nella sala comune il segnale viene percepito in modo ottimale su tutto il piano. Nel caso dell'AP posizionato in portineria il segnale viene sentito con buona qualità in tutto il piano e anche all'esterno: in particolare si sente il segnale in tutta la parte antistante l'ingresso ed in buona parte anche nella parte di cortile di fronte ai due lati corti dell'edificio. Negli angoli esterni più distanti dall'ingresso, invece, il segnale dell'AP non viene percepito. E' importante notare che gli indirizzi ai terminali collegati all'AP DLink vengono rilasciati dal DHCP della Facoltà di Scienze ed il tempo necessario perché un terminale ottenga tale indirizzo è dell'ordine dei 30 secondi.

Dalle valutazioni fatte si può affermare che non ci sono problemi per cui non si possa fornire connettività a larga banda alle strutture quali Hotel Panorama e Studentato di via Brennero, tramite la rete wireless Povo-Sardagna-Studentato.

Riferimenti bibliografici

- [1] IEEE, *Wireless LAN medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications*, IEEE std 802.11, 1997
- [2] IEEE, *Wireless LAN medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in 2.4 GHz Band*, IEEE std 802.11b, 1999
- [3] IEEE, *Wireless LAN medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications. Amendment 2: Higher-Speed Physical Layer Extension in 2.4 GHz Band*, IEEE std 802.11b, 2001
- [4] IEEE, *Wireless LAN medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications. Amended by IEEE Stds 802.11a-1999, 802.11b-1999, 802.11b-1999/Cor 1- 2001, and 802.11d-2001*, IEEE std 802.11g, 2003