



Università degli Studi di Salerno

Anno Accademico 2024 - 2025

Relazione Tecnica

Impianti di rete cablate e wireless

Studente: Emanuel Chirico
Matricola: 0612707379

Indice

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Introduzione | 2 |
| 2 | Strumenti utilizzati | 3 |
| 3 | Scenario | 5 |
| 4 | Prima analisi | 6 |
| 4.1 | Occupazione dei canali | 7 |
| 4.2 | Livello del segnale | 8 |
| 4.3 | Rapporto segnale interferenza (SIR) | 9 |
| 4.4 | Quantità di access point | 10 |
| 4.5 | Copertura della banda | 10 |
| 5 | Analisi finale | 11 |
| 5.1 | Occupazione dei canali | 12 |
| 5.2 | Livello del segnale | 13 |
| 5.3 | Rapporto segnale interferenza (SIR) | 14 |
| 5.4 | Quantità di access point | 16 |
| 5.5 | Copertura della banda | 16 |
| 6 | Conclusione | 17 |

1 Introduzione

La presente relazione tecnica illustra un progetto finalizzato all'ottimizzazione dell'impianto Wi-Fi in ambiente domestico. L'obiettivo principale è quello di applicare in modo pratico le conoscenze acquisite durante il corso di "*Impianti di reti cablate e wireless*", tenuto dal Professore Giovanni Riccio, al fine di individuare soluzioni efficaci per il miglioramento delle prestazioni della rete wireless all'interno di un'abitazione.

L'attività progettuale si è concentrata sull'analisi del livello di segnale, con particolare attenzione all'individuazione di criticità e zone d'ombra presenti nell'ambiente domestico; sono stati inoltre valutati il rapporto segnale/interferenza (SIR), la quantità di *access point* e la copertura di banda fornita dalla rete, al fine di ottenere un quadro completo delle performance e delle potenzialità di ottimizzazione.

2 Strumenti utilizzati

Al fine di proseguire l'obiettivo prefissato, la soluzione è stata trovata mediante l'uso di:

- **NetSpot v2.16**

NetSpot è il software utilizzato per l'analisi della rete Wi-Fi. Funziona rilevando le reti presenti e raccogliendo dati come intensità del segnale, canali utilizzati e livello di interferenza. Consente anche di effettuare un 'site survey', caricando una mappa dell'area e registrando, punto per punto, i parametri precedentemente indicati. I risultati vengono visualizzati sotto forma di mappa termica.



Figura 1: NetSpot logo

- **TP-Link Archer C6**

Il seguente router supporta lo standard Wireless 802.11ac, Wi-Fi Dual Band - fino a 300 Mbps sulla banda 2.4GHz e 867 Mbps sulla banda 5GHz, fino ad ottenere una velocità combinata totale di 1200 Mbps. Supporta una tecnologia MU-MIMO, per connessioni simultanee senza interruzioni e tecnologia Beamforming per garantire una copertura wireless ottimizzata. Inoltre, supporta OneMesh per creare una rete mesh stabile e senza interruzioni.



Figura 2: TP-Link Archer C6

- **Acer Aspire A315-58G**

Acer Aspire A315-58G è il notebook con cui sono state effettuate le misurazioni ed è dotato di una scheda di rete che supporta:

1. Standard Wi-Fi 5 (802.11ac), compatibile anche con gli standard 802.11a/b/g/n;
2. Ethernet LAN: Porta RJ-45 con velocità di trasferimento dati fino a 1000 Mbps



Figura 3: Acer Aspire A315-58G

- **TP-Link Extender OneMesh Wi-Fi**

Il range extender utilizzato per ottimizzare l'impianto di rete è TP-Link Extender OneMesh e possiede le seguenti caratteristiche:

1. **Wi-Fi AC1200**, che garantisce connessioni wireless Dual Band fino a 300Mbps in 2.4GHz e 867Mbps in 5GHz.
2. **Tecnologia TP-Link OneMesh** il quale, abbinato ad un router dotato di tale tecnologia, è in grado di creare una rete mesh unificata, per connessioni stabili e senza interruzioni di segnale.



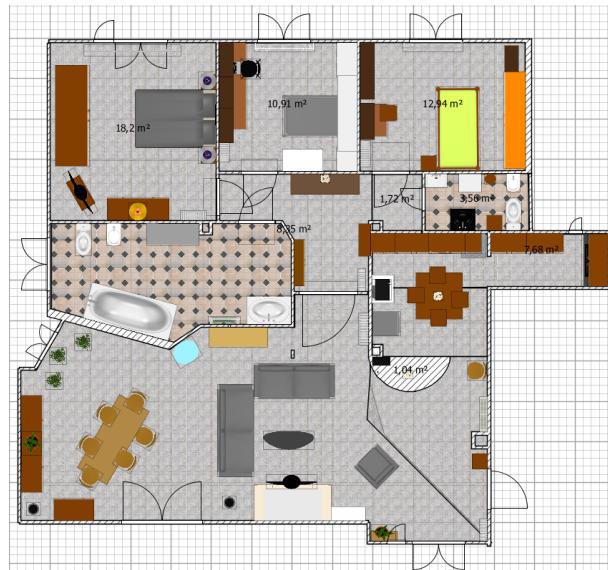
Figura 4: Range Extender OneMesh Wi-Fi RE330

3 Scenario

L'abitazione oggetto dell'analisi è situata nel comune di Prignano Cilento (SA) in una zona residenziale. Si tratta di una casa abitata da quattro persone, di dimensione pari a 140 m², distribuita su quattro livelli, dei quali verrà preso in considerazione esclusivamente quello destinato alla zona abitata.

Per l'analisi è stato fornito:

1. Rappresentazione tridimensionale dell'abitazione per individuare gli ostacoli fisici che interferiscono con la propagazione del segnale.
2. Pianta bidimensionale che consente di visualizzare le dimensioni dell'appartamento e di stimare le distanze che il segnale deve percorrere per riuscire ad arrivare in tutte le zone dell'abitazione.



(a) Pianta dell'appartamento oggetto dell'analisi



(b) Rendering 3D dell'appartamento

Figura 5: Visualizzazione complessiva dell'appartamento

4 Prima analisi

L'appartamento dispone di una connessione in fibra ottica secondo il protocollo FTTH (Fiber to the Home) fornita dall'operatore Open Fiber. In una prima fase si è proceduto all'analisi delle connessioni Wi-Fi presenti nell'abitazione utilizzando la funzione "Discover" del software NetSpot, selezionando successivamente la rete di interesse.

L'SSID della rete oggetto di studio è "Chirico Wi-Fi". È opportuno precisare che, data la presenza di un secondo appartamento al piano superiore, è stata rilevata anche una seconda rete Wi-Fi con SSID "Zyxel_3ED1": è proprio a quest'ultima che il modem della "Chirico Wi-Fi" è collegata tramite un cablaggio dedicato.

Un ulteriore aspetto da evidenziare riguarda l'esito del primo rilevamento: risultavano visibili due reti denominate "Chirico Wi-Fi", una operante esclusivamente sulla banda dei 2,4 GHz e l'altra sulla banda dei 5 GHz. Per ottimizzare l'analisi della rete domestica, si è proceduto all'unificazione delle due bande sotto un unico SSID, in modo da gestire efficientemente sia l'analisi della rete che la connessione alla rete dei diversi dispositivi.

4.1 Occupazione dei canali

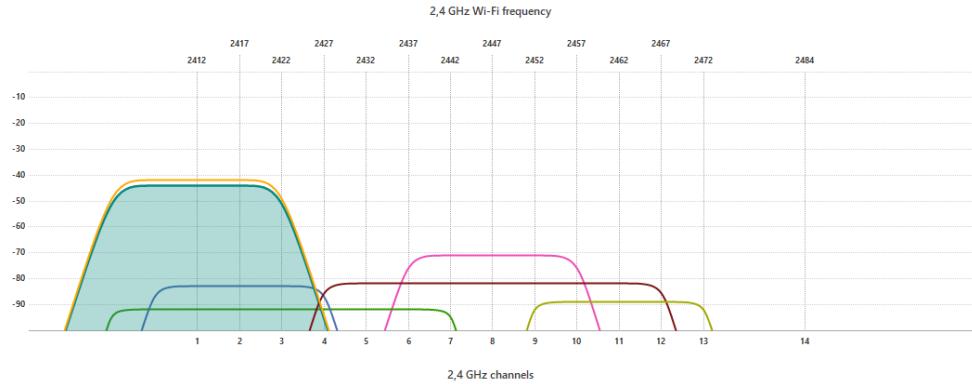


Figura 6: Occupazione dei canali a 2,4GHz

Sulla banda a 2,4 GHz si osserva una forte sovrapposizione tra le reti. La rete d'interesse (in verde, evidenziata con l'area colorata), occupa i primi canali fino al 4, con una potenza media di circa -55dBm. Tuttavia, nonostante il segnale della rete che si sta analizzando sia forte, esso subisce una forte interferenza sia da parte del segnale in giallo, che rappresenta una rete nascosta, sia da parte di altri segnali del vicinato, più deboli.

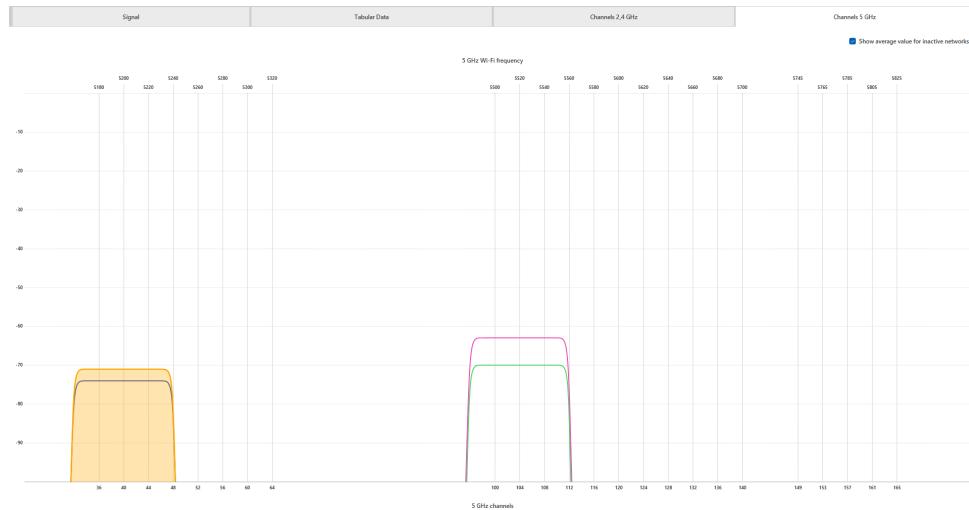


Figura 7: Occupazione dei canali a 5GHz

Sulla banda a 5 GHz il segnale relativo all'appartamento in esame è visualizzato sulla sinistra (in arancione), con una potenza media attorno ai -70 dBm che si estende fino al canale 48. Su questa banda di frequenza il segnale d'interesse resta poco soggetto ad interferenze, dunque si può ritenere una situazione decisamente gestibile.

4.2 Livello del segnale

Il livello del segnale all'interno dell'appartamento è stato misurato considerando inizialmente soltanto la connessione a 5 GHz, poiché al momento della rilevazione risultava essere l'unica rete effettivamente utilizzata da tutti i dispositivi presenti.

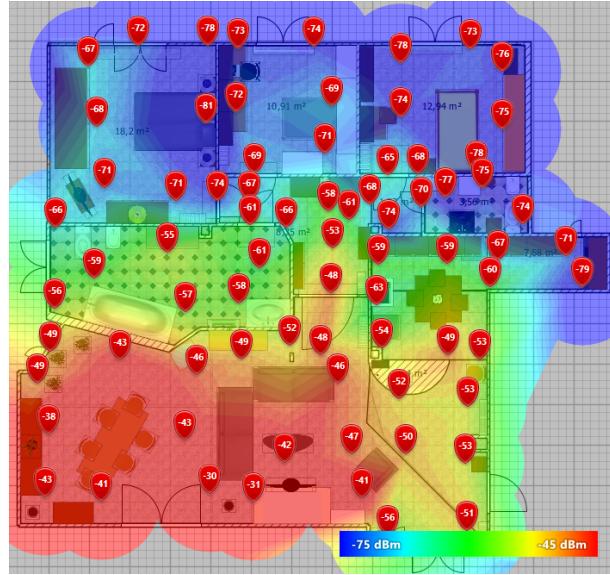


Figura 8: Livello del segnale a 5 GHz

L'analisi della mappa evidenzia come il livello del segnale sia accettabile solo in prossimità del router, mentre si osserva un decadimento significativo nelle zone più distanti, fino a raggiungere aree in cui il segnale risulta debole o assente, arrivando a toccare valori di -78 dBm. Pertanto si è deciso di mostrare anche l'analisi della mappa con la connessione a 2,4 GHz.

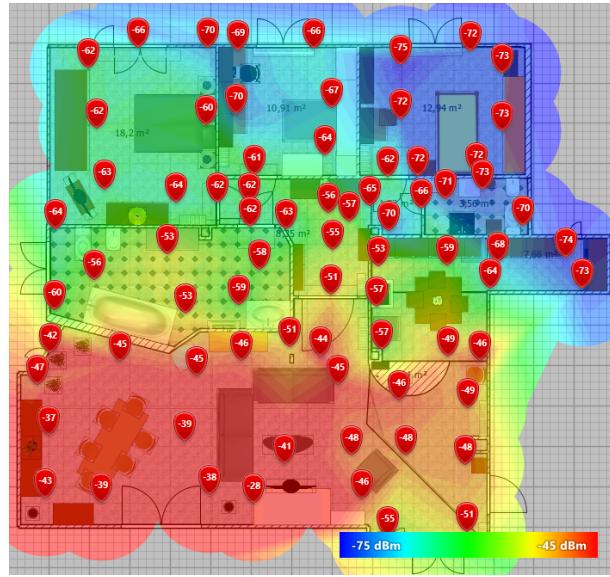


Figura 9: Livello del segnale a 2,4 GHz

Il risultato maturato è coerente con le caratteristiche della connessione a 2,4 GHz: difatti il segnale, operando su una banda di frequenza minore, riesce ad arrivare nella zona notte dell'abitazione in maniera più forte rispetto a quanto visto per la rete a 5 GHz, a dimostrazione del fatto che maggiore è la frequenza, minore è la distanza occupata e maggiore è l'assorbimento del segnale.

4.3 Rapporto segnale interferenza (SIR)

Durante l'analisi del rapporto segnale-interferenza (SIR) è emerso un dato particolarmente significativo che conferma quanto già osservato nel paragrafo 4.1 riguardo l'occupazione dei canali da parte delle diverse reti. Come si può osservare, il SIR assume valori bassi (il colore blu della heatmap) laddove il segnale è meno forte rispetto agli altri segnali dello stesso canale.



(a) 5 GHz SIR



(b) 2,4 GHz SIR

Figura 10: Rapporto segnale - interferenza

Pertanto si evince che la zona notte è quella da attenzionare essendo che il SIR tende ad avere valori molto bassi sia per la banda a 5 GHz che per la banda a 2,4 GHz.

A scopo puramente dimostrativo è stata inclusa una heatmap relativa all'*overlapping* dei canali, ovvero al fenomeno di sovrapposizioni tra segnali su frequenze adiacenti.



(a) Sovrapposizione dei canali a 5 GHz



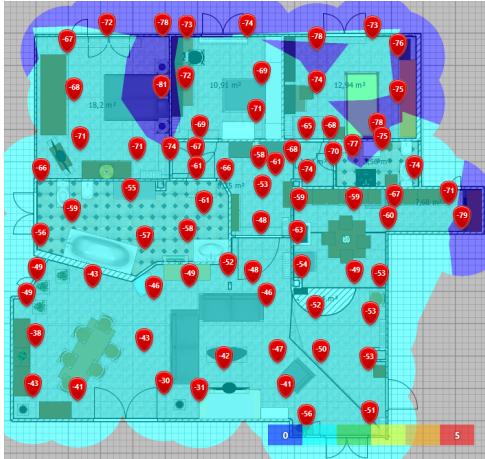
(b) Sovrapposizione dei canali a 2,4 GHz

Figura 11: Heatmap relative alla sovrapposizione dei canali nelle bande 5GHz e 2.4GHz

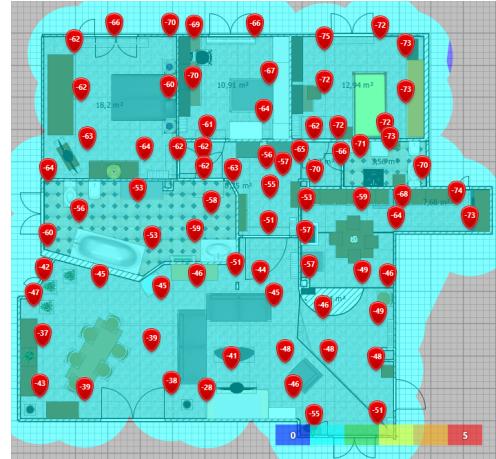
Come si può osservare dalla colorazione che tende al giallo, nella zona giorno la situazione, pur presentando delle criticità data la significativa sovrapposizione tra i canali, risulta comunque gestibile; diversamente nella zona notte l'interferenza tra canali si intensifica vertiginosamente, compromettendo in maniera più evidente la qualità del segnale utilizzabile.

4.4 Quantità di access point

Per completezza è stato riportato anche il numero totale di access point rilevati.



(a) Numero di acces point con la rete 5 GHz



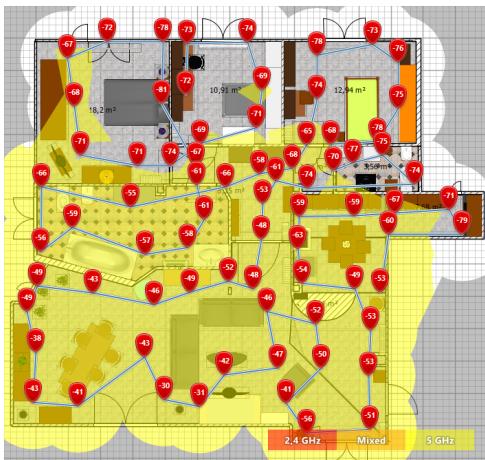
(b) Numero di acces point con la rete 2,4 GHz

Figura 12: Heatmap relative alla rilevazione di access point in base alle frequenze filtrate

La heatmap rispetta fortemente le aspettative: difatti per il 5 GHz il numero di access point è 1 in una buona porzione dell'abitazione, ossia in tutte le zone dove il segnale è ritenibile ancora utile. Tuttavia, per questa frequenza, ci sono alcune parti della zona notte dove si arriva ad una situazione critica, dove il numero di access point raggiunge lo 0 (indicato dal colore blu intenso). Situazione diversa si verifica per la banda a 2,4 GHz che, ovviamente, riesce a garantire la propria presenza in tutta l'abitazione in maniera totalmente uniforme.

4.5 Copertura della banda

A conferma di quanto visto nella sezione 4.4, viene anche mostrata la mappa di colore relativa alla copertura di banda.



(a) Bande di frequenze con la rete 5 GHz



(b) Bande di frequenze con la rete 2,4 GHz

Ovviamente il 5 GHz rispetta le aspettative e si estende solamente per la zona giorno dell'abitazione mentre tende a scomparire nella zona notte. Il segnale che lavora a 2,4 GHz, invece, ha una portata maggiore e riesce a garantire una connettività in quasi tutta l'abitazione.

5 Analisi finale

Dall'analisi fatta in tutto il capitolo 4 si evince che l'abitazione, nonostante abbia il router in una zona centrale, non riesce ad usufruire di una buona copertura in tutte le sue parti. Difatti la zona notte con il segnale a 5 GHz arriva a toccare valori intorno a -76dBm o minori ed è fortemente soggetta ad interferenze.

La soluzione proposta in questo elaborato è stata considerata tenendo conto di quattro fattori:

1. Il router, posizionato dietro una parete di cartongesso, non si può riposizionare in un'altra parte dell'abitazione, essendo vincolato da un cablaggio dedicato.
2. Non è possibile ricavare altri cablaggi per eventuali extenders o routers.
3. Si deve garantire una connessione ad un buon livello per tutta l'abitazione, con particolare riguardo per la zona notte.
4. Si deve cercare di rendere l'interferenza più bassa possibile, così da garantire un SIR alto.

Per riuscire a migliorare l'impianto Wi-Fi dell'abitazione, si è pensato all'introduzione di un extender Wi-Fi. La scelta è ricaduta sull'extender descritto nella sezione 2, posizionato in modo tale che riuscisse a interfacciarsi con il router principale.

In particolare è stato utilizzato un extender che supporta la tecnologia One-Mesh, che essenzialmente gestisce il roaming Wi-Fi domestico in modo efficace.

Per far capire meglio al lettore la posizione dell'extender, viene mostrato di seguito il rendering 3D dell'abitazione con un pallino nero ad indicare la posizione dell'extender nell'abitazione



Figura 14: Posizionamento extender

5.1 Occupazione dei canali

Per raggiungere gli obiettivi prefissati, si è scelto di assegnare manualmente canali specifici alle due bande del router principale: 2,4 GHz e 5 GHz. A tal fine, è stata condotta un'analisi dei canali disponibili per un determinato periodo, con l'obiettivo di individuare quelli mediamente meno congestionati. Sulla base di questa valutazione, sono stati selezionati il canale 1 per la banda a 2,4 GHz e il canale 36 per la banda a 5 GHz.

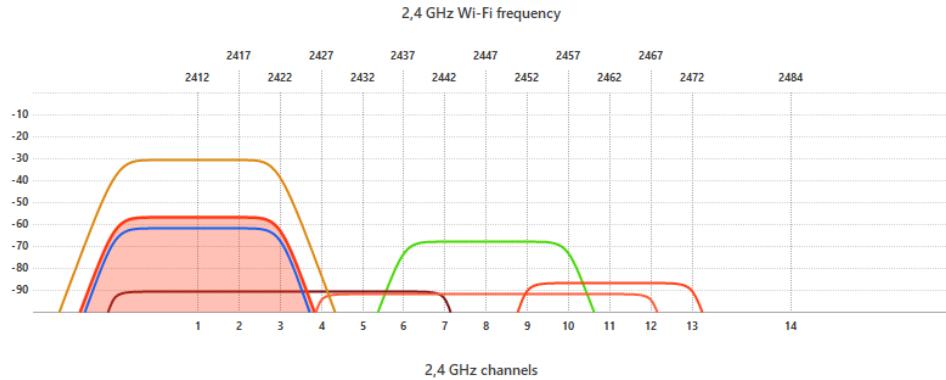


Figura 15: Occupazione dei canali a 2,4 GHz

Il segnale in rosso rappresenta la banda a 2,4 GHz generata dall'introduzione dell'extender. Come si può osservare, questa banda risulta già fortemente congestionata a causa della presenza di numerose reti nelle vicinanze. L'aggiunta dell'extender contribuisce a peggiorare ulteriormente la situazione, poiché, per poter funzionare correttamente, deve operare sugli stessi canali utilizzati dal router principale.

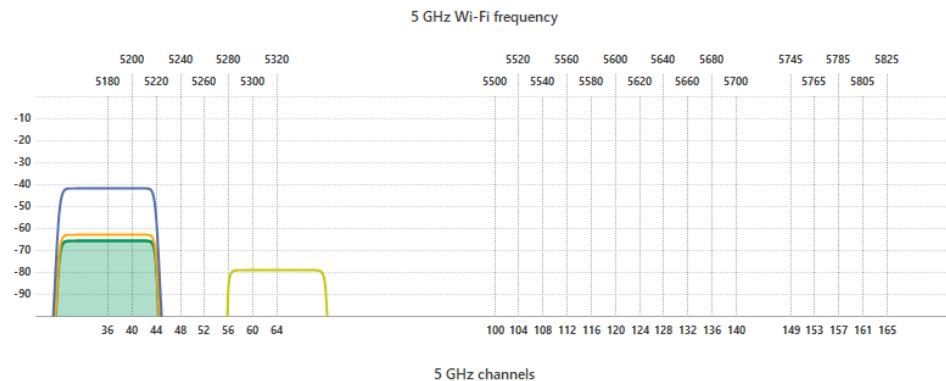


Figura 16: Occupazione dei canali a 5 GHz

La banda a 5 GHz, al contrario, risulta decisamente meno congestionata e quindi più indicata per garantire elevate prestazioni, soprattutto in contesti caratterizzati da numerose reti Wi-Fi, come quello che si sta analizzando. Anche con l'introduzione di un extender, il livello di interferenza rilevato può considerarsi tollerabile.

In conclusione, nonostante l'elevata densità di reti presenti nell'area, la scelta dei canali adottati consente una trasmissione dei segnali con un livello di interferenza minimo.

5.2 Livello del segnale

L'introduzione di un range extender comporta un significativo miglioramento nella potenza del segnale elettromagnetico. Infatti, dopo la sua installazione, la heatmap mostra una colorazione sensibilmente diversa rispetto a quella osservata in figura 8.

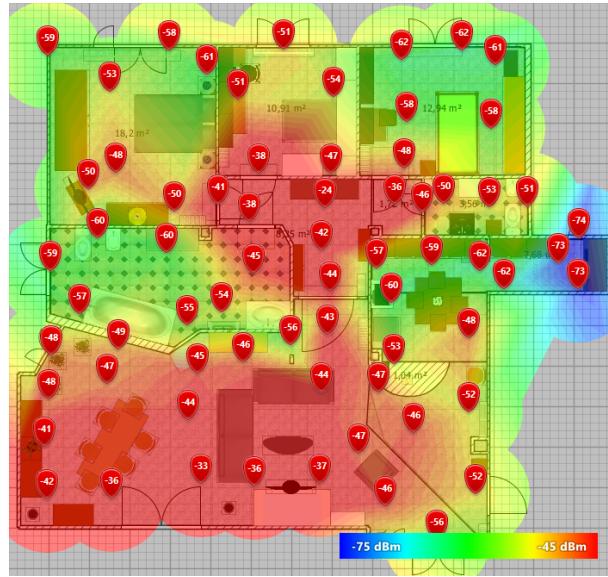


Figura 17: Livello del segnale a 5 GHz con router ed extender

Come si può notare, il segnale nel corridoio che conduce alla zona notte risulta significativamente più intenso rispetto alla situazione precedente. Questo miglioramento è attribuibile alla posizione strategica dell'extender, che riesce a captare in modo ottimale il segnale emesso dal router e a ritrasmetterlo in maniera efficace.

Anche per la banda a 2,4 GHz si osserva un netto cambiamento rispetto a quanto illustrato in figura 9, come evidenziato dalla seguente mappa di calore.

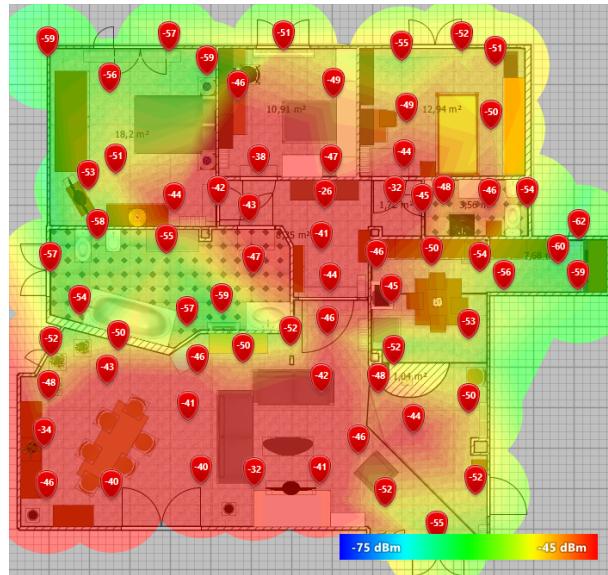
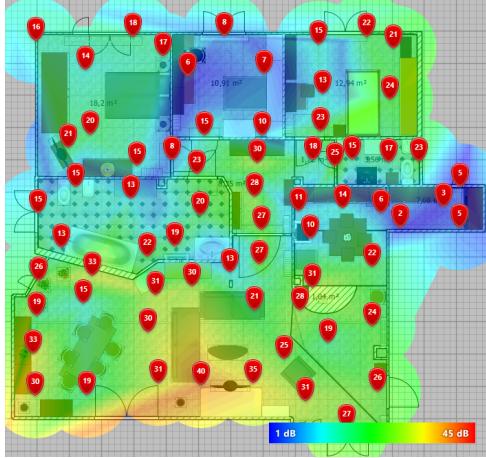


Figura 18: Livello del segnale a 2,4 GHz con router ed extender

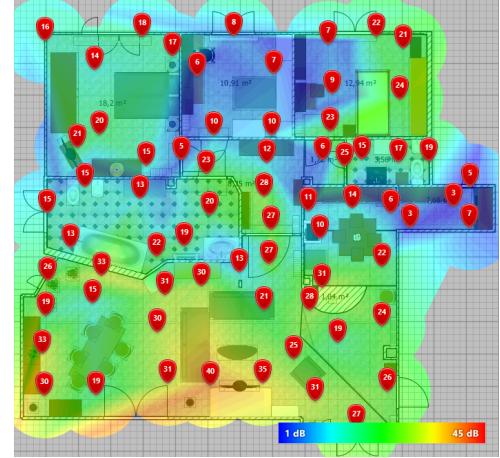
A questa frequenza, il segnale trasmesso dall'extender garantisce una copertura forte e stabile in tutti gli ambienti dell'abitazione, assicurando una distribuzione uniforme del segnale e migliorando significativamente la qualità complessiva della rete.

5.3 Rapporto segnale interferenza (SIR)

L'introduzione dell'extender mesh ha determinato un netto miglioramento del rapporto segnale/interferenza (SIR), nonostante l'utilizzo degli stessi canali radio già impiegati dal router principale.



(a) 5 GHz SIR



(b) 2,4 GHz SIR

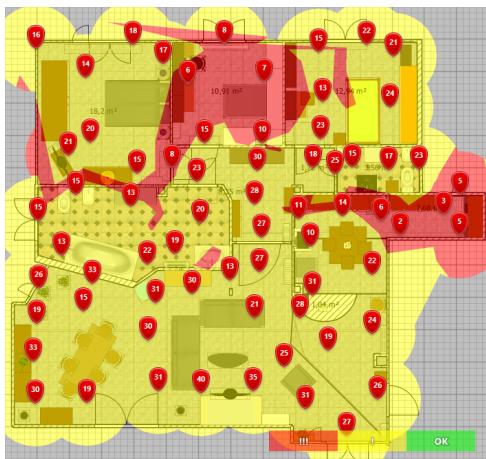
Figura 19: Rapporto segnale - interferenza dopo l'introduzione dell'extender

A un primo sguardo questo risultato potrebbe sembrare controintuitivo, specialmente alla luce delle considerazioni fatte nel paragrafo 1 di questo capitolo. Tuttavia, la spiegazione risiede nel funzionamento intrinseco della tecnologia Mesh.

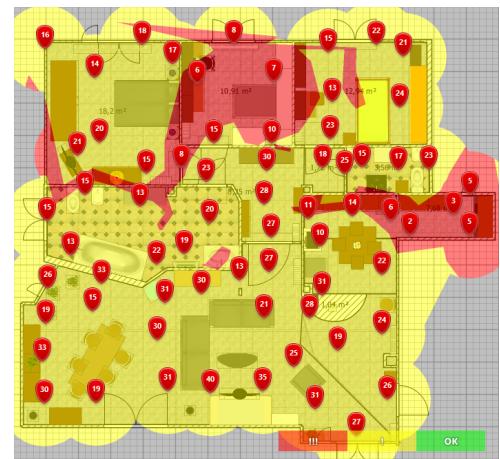
A differenza di un ripetitore tradizionale, un extender mesh non si limita a replicare il segnale del router principale, ma collabora con esso per creare una rete unificata. In questo contesto, la potenza del segnale utile percepito dai dispositivi viene amplificata in modo significativo.

L'effetto principale di questo potenziamento si riflette direttamente sul SIR: sebbene il livello assoluto di interferenza sia in parte aumentato (soprattutto sulla banda a 2,4 GHz), l'incremento della potenza del segnale utile è tale da migliorare complessivamente il rapporto segnale/interferenza. Questo effetto è chiaramente osservabile nelle figure 19a e 19b.

A supporto di queste osservazioni, si riportano di seguito anche i grafici relativi all'overlapping dei canali.



(a) 5 GHz SIR



(b) 2,4 GHz SIR

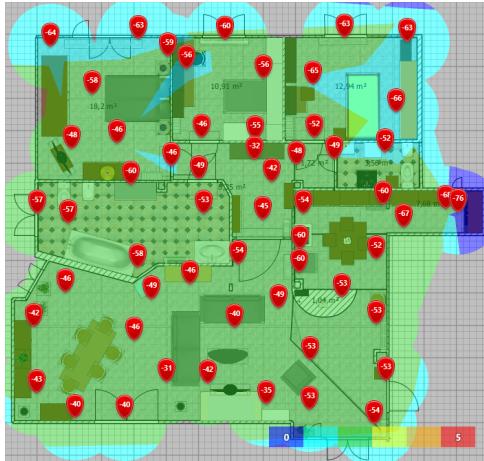
Figura 20: Overlapping dei canali dopo l'introduzione dell'extender

Anche i valori relativi all'overlapping, a prima vista, potrebbero apparire ambigui. Tuttavia, questo dato si chiarisce meglio considerando l'organizzazione dei nodi all'interno della rete mesh. Grazie all'aumento del segnale utile, l'impatto delle interferenze provenienti dagli access point esterni (che in precedenza venivano rilevati con maggiore intensità) risulta attenuato.

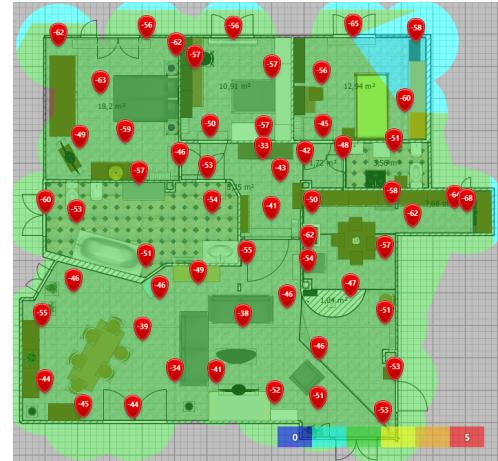
Di conseguenza, pur operando sulla stessa frequenza, la rete mesh riesce a ridurre l'overlapping percepito rispetto alla configurazione con un solo router. Ciò accade perché NetSpot valuta la sovrapposizione dei canali in base all'intensità relativa dei segnali rilevati: rafforzando il segnale interno, gli access point esterni vengono percepiti come meno rilevanti, e la sovrapposizione apparente tra i canali si riduce notevolmente.

5.4 Quantità di access point

Per completezza, è stato riportato anche il numero totale di access point rilevati dopo l'introduzione del mesh extender.



(a) Access point con la rete 5 GHz



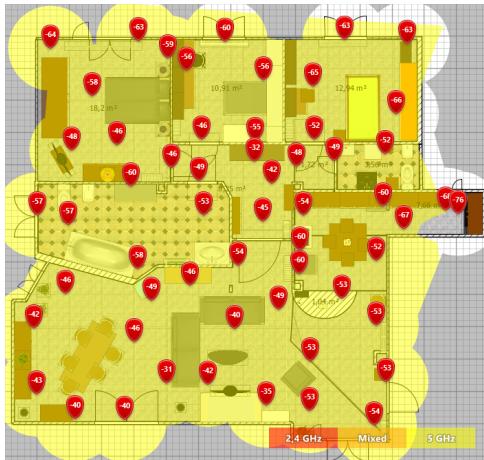
(b) Acces point con la rete 2,4 GHz

Figura 21: Heatmap relativa alla rilevazione di access point in base alle frequenze filtrate

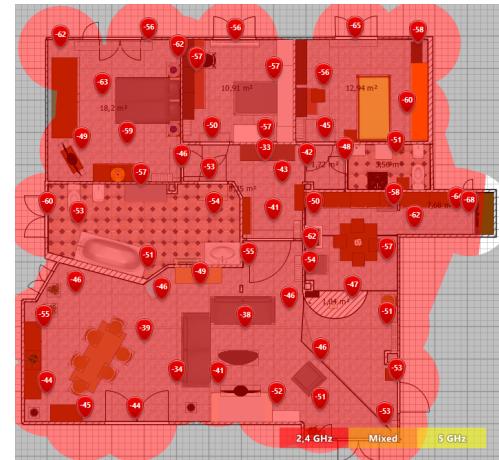
La distribuzione degli access point rilevati rispecchia le attese: nella banda a 5 GHz, il numero di access point rilevati è pari a due in una porzione consistente dell'abitazione, ad eccezione di alcune aree in cui, per limiti fisici legati alla propagazione del segnale, la copertura risulta assente. La situazione è diversa per la banda a 2,4 GHz, che riesce a garantire una presenza uniforme in tutto l'ambiente domestico, come previsto dalla maggiore capacità di penetrazione e portata del segnale a bassa frequenza.

5.5 Copertura della banda

Si riporta la mappa di calore relativa alla copertura per ciascuna banda di frequenza.



(a) Bande di frequenze con la rete 5 GHz



(b) Bande di frequenze con la rete 2,4 GHz

Con l'introduzione del mesh extender, il segnale a 5 GHz riesce a coprire gran parte dell'abitazione. Questo risultato è attribuibile al posizionamento strategico dell'extender, collocato nel corridoio centrale della zona notte, che consente una diffusione efficace del segnale verso le camere.

La banda a 2,4 GHz, invece, conferma la sua maggiore capacità di propagazione, garantendo una copertura completa e uniforme in tutti gli ambienti.

6 Conclusione

Il progetto descritto ha rappresentato un'opportunità concreta per applicare le competenze acquisite nel corso '*Impianti di reti cablate e wireless*', permettendo un'analisi approfondita di aspetti fondamentali delle reti.

Il confronto tra lo scenario iniziale e quello successivamente ottimizzato ha evidenziato un chiaro incremento della qualità del segnale, accompagnato da una riduzione dell'interferenza e da un miglioramento significativo della copertura, sia sulla banda a 2,4 GHz che su quella a 5 GHz.

In conclusione, il lavoro svolto dimostra come un approccio metodico e l'utilizzo di strumenti adeguati possano portare a un sostanziale miglioramento delle prestazioni di una rete wireless, offrendo importanti spunti per estendere queste soluzioni anche a contesti diversi da quello domestico.

