
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
PRIMA SESSIONE 2016 – SEZIONE A
SETTORE INFORMAZIONE
Prova Pratica di Progettazione
TEMA N.2: TELECOMUNICAZIONI

L'amministrazione di una pinacoteca comunale ha deciso di dotare il museo di copertura Wi-Fi per fornire contenuti aggiuntivi sulle opere esposte.

La pinacoteca è collocata in un edificio la cui pianta può essere assunta rettangolare con dimensioni $220 [m] \times 15 [m]$. L'altezza del soffitto è di $3.5 [m]$. La copertura dell'edificio sarà effettuata tramite un certo numero di access point (AP) installati sul soffitto.

Si assuma che:

- La rete Wi-Fi da installare sia conforme con lo standard IEEE 802.11n e operi nella banda $(5170 - 5330) [MHz]$. La canalizzazione prevede bande da $20 [MHz]$ o da $40 [MHz]$, come rappresentato in Figura 1. Gli schemi di modulazione e coding rate (MCS) utilizzati sono specificati nella Tabella 1, nella quale sono indicati anche i corrispondenti valori di data-rate.

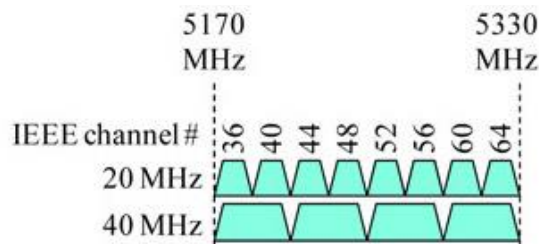


Figura 1 - Canali IEEE 802.11n nella banda (5170 - 5330) MHz

- Sia gli AP che i dispositivi mobili trasmettano con un effective isotropic radiated power (EIRP) pari a $20 [dBm]$ e non siano presenti perdite dovute a cavi.
- I terminali mobili siano caratterizzati da un guadagno di antenna pari a $1 [dBi]$, una cifra di rumore pari a $10 [dB]$ e una temperatura d'antenna pari a $T_a = 290 [K]$.
- Ogni punto dell'area espositiva debba essere servito con un data-rate di almeno $50 [Mbps]$.

Come fase preliminare alla pianificazione della rete Wi-Fi, si consideri un generico collegamento in downlink tra un AP e un terminale mobile (mobile device (MD)).

- 1) Il candidato calcoli la potenza di rumore al ricevitore del MD.
- 2) La Tabella 2 riporta gli indici di MCS utilizzabili (e quindi il corrispondente data-rate raggiungibile) in funzione del rapporto segnale rumore (SNR) all'antenna di un MD tipico. Calcolare la potenza del segnale minima, S_{min} , che garantisce il requisito sul data-rate nel caso in cui sia utilizzata la canalizzazione a $20 [MHz]$.
- 3) Utilizzando il valore di frequenza $f_0 = 5.2 [GHz]$, il candidato calcoli la distanza massima, d_{max} , che garantisce S_{min} assumendo una propagazione in spazio libero.
- 4) Il candidato calcoli d_{max} nel caso in cui l'esponente di path-loss sia pari a $\alpha = 3.1$, caratteristico per la propagazione in ambiente indoor di tipo ufficio.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
PRIMA SESSIONE 2016 – SEZIONE A
SETTORE INFORMAZIONE
Prova Pratica di Progettazione
TEMA N.2: TELECOMUNICAZIONI

Con riferimento al progetto della rete wireless della pinacoteca, un modello di path-loss appropriato è quello raccomandato nel documento ITU-R P1238-8:

$$PL [dB] = PL_0 [dB] + 10\alpha \log_{10} d + L_f(n) + Sh [dB]$$

dove $PL_0 [dB]$ rappresenta il path-loss in spazio libero a distanza 1 [m], d è la distanza, il termine $L_f(n)$, che tiene conto della propagazione del segnale fra piani diversi dell'edificio, è in questo caso nullo e la variabile aleatoria $Sh [dB]$ rappresenta lo shadowing con distribuzione log-normale, valor medio nullo e varianza $\sigma_{dB}^2 = 12$.

- 5) Il candidato calcoli d_{max} affinché il requisito sul data-rate sia garantito con una probabilità del 99%. Sia valutato inoltre il raggio della generica cella sul piano orizzontale, assumendo che il MD si trovi a un'altezza di 1.5 [m] dal pavimento.
- 6) Il candidato progetti la copertura Wi-Fi dell'edificio individuando il numero minimo di AP richiesti e indicando i punti di installazione.
- 7) Assegnare a ciascun AP un canale differente in modo da limitare l'interferenza.
- 8) Il candidato ripeta i punti 1), 2), 5), 6), 7) nel caso in cui sia utilizzata la canalizzazione a 40 [MHz].
- 9) Considerando entrambe le canalizzazioni, il candidato valuti l'effetto dell'interferenza co-canale. Se presente, si calcoli S/I in [dB], il rapporto tra la potenza del segnale ricevuto in downlink e la potenza degli interferenti operanti nello stesso canale.

Tabella 1 - Modulazione, Coding Rate e Data Rate per gli MCS previsti dallo standard IEEE 802.11n

MCS	Modulazione	Coding Rate	Data Rate [Mbps]	
			20 MHz	40 MHz
0	BPSK	1/2	6.5	13.5
1	QPSK	1/2	13	27
2	QPSK	3/4	19.5	40.5
3	16-QAM	1/2	26	54
4	16-QAM	3/4	39	81
5	64-QAM	2/3	52	108
6	64-QAM	3/4	58.5	121.5
7	64-QAM	5/6	65	135

Tabella 2 - MCS utilizzabili in funzione dell'SNR, per un ricevitore Wi-Fi tipico, basato su IEEE 802.11n.

SNR [dB]	4	6	8	10
20 MHz	MCS0	MCS1	MCS1	MCS2
40 MHz	-	MCS0	MCS1	MCS1
SNR [dB]	12	14	16	18
20 MHz	MCS3	MCS3	MCS4	MCS5
40 MHz	MCS2	MCS3	MCS3	MCS4
SNR [dB]	20	22	24	26
20 MHz	MCS6	MCS6	MCS6	MCS7
40 MHz	MCS4	MCS5	MCS6	MCS6