

Communications numériques sans fil pour les objets connectés

Exercice 2 - Interférences Zigbee - Wifi

Énoncé : Part 1

Calculez la portée radio du Zigbee en présence ou non d'interférences WiFi. On considérera un modèle de propagation du type One Slope pour un environnement dense sur un étage.

Cas sans interférences WiFi

Tout d'abord, comme nous utiliserons le modèle One Slope, nous pouvons décrire le système grâce à cette expression :

$$L_p(db) = L_{p0}(r_0) + 10 * N * \log(\frac{r}{r_0})$$

La donnée recherchée étant la distance entre l'émetteur et le récepteur, nous devons d'abord calculer la perte de puissance due à la propagation (path loss) grâce à la formule suivante :

$$L_p = P_e - L_e + G_e + G_r - L_r - P_r$$

Ci-dessous, un tableau récapitulatif des données du problème.

Emitter	P_e : Electrical power (dBm) G_e : Gain emitter (dB) L_e : Losses emitter (dB) EIRP (dBm)	0 0 0 0
Receptor	Bandwidth (MHz) Throughput (kBps) Thermal noise floor @ 300 K (dBm) Noise figure (dB) SNR @ PER < 1% (dB) Sensitivity receiver (dBm) L_r : Losses receiver (dB) G_r : Gain receiver antenna (dB) $P_{min,r}$: Minimal input power (dBm)	2 250 -110,8 0 2 -108,8 0 0 -108,8
Path loss (dB)		108,8

Cas n°1 : nous calculons le seuil de bruit thermique pour une température de 300K et une bande passante de 2 MHz.

Le seuil de bruit thermique est calculé comme suit :

$$N_{thermal}(W) = kTB = 1,38e-23 * 300 * 2e6 = 8,28e-15$$

$$N_{thermal}(dBm) = 10 \log(N_{thermal}(W)) = -110,8 \text{ dBm}$$

A partir des données précédentes, on peut simplifier l'expression de la perte de puissance due à la propagation comme suit :

$$L_p = -P_{min,r}$$

$$P_{min,r} = N_{thermal} + SNR = -110,8 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = -108,8 \text{ dB}$$

$$L_p = 108,8 \text{ dB}$$

Nous pouvons alors déterminer la distance maximale entre l'émetteur Zigbee et le récepteur par la formule suivante :

$$L_p(db) = L_{p0}(r_0) + 10N \log\left(\frac{r}{r_0}\right)$$

$$r = D_{max} = 10^{\frac{L_p - L_{p0}}{10N}}$$

Pour un environnement dense sur un étage, nous avons :

$$- N = 4$$

$$- L_{p0} = 33,3 \text{ dB}$$

Nous obtenons alors :

$$\mathbf{D_{max} = 77,2 \text{ m}}$$

Cas n°2 : nous utilisons le seuil de bruit thermique de l'énoncé, à savoir -95 dB.

Les calculs sont les mêmes, et on obtient :

$$N_{thermal} = -95 \text{ dBm}$$

$$L_p = -(-95 \text{ dB} + 2 \text{ dB}) = 93 \text{ dB}$$

Par conséquent, la distance maximale entre l'émetteur et le récepteur ZigBee est :

$$D_{max} = 10^{\frac{L_p - L_{p0}}{10N}} \quad \mathbf{D_{max} = 31,1 \text{ m}}$$

Donc, sans interférences extérieures, on devra placer le récepteur ZigBee à une distance inférieure à 31 m de l'émetteur pour assurer son fonctionnement. Au-delà, nous ne pouvons pas garantir la sûreté de fonctionnement demandée, à savoir un PER < 1%.

Cas avec interférences Wifi

Nous cherchons à calculer la portée radio du Zigbee en présence d'interférences WiFi.

Emitter	Electrical power (dBm)	0
	Gain emitter (dB)	0
	Losses emitter (dB)	0
	EIRP (dBm)	0
Receptor	Thermal noise floor @ 300 K (dBm)	$10 \cdot \log(N+N_w)$
	Noise figure (dB)	0
	SNR @ PER < 1% (dB)	2
	Sensitivity receiver (dBm)	$10 \cdot \log(N+N_w) + 2$
	Losses receiver (dB)	0
	Gain receiver antenna (dB)	0
	Minimal input power (dBm)	$10 \cdot \log(N+N_w) + 2$
Path loss (dB)		$-(10 \cdot \log(N+N_w) + 2)$

La perte de puissance de la transmission ZigBee dépendant de l'interférence du WiFi, nous devons calculer cette dernière en passant par la puissance émise par le module WiFi.

D'abord, convertissons la puissance émise par le module WiFi en mW. Celle-ci est comprise entre 15 et 20 dBm. Pour tester dans le pire cas nous utiliserons 20 dBm.

$$P_w(\text{dBm}) = 10 \log(P_w(\text{mW})) \Leftrightarrow P_w(\text{mW}) = 10^{\frac{20}{10}} = 100 \text{ mW}$$

Puis nous sélectionnons la puissance émise par le WiFi qui peut interférer avec les modules ZigBee. Comme $BW_{\text{Zigbee}} = 2\text{MHz}$ et $BW_{\text{wifi}} = 22\text{ MHz}$, la puissance émise par le WiFi qui interférera avec le module ZigBee sera :

$$P_w(\text{mW}) = 100 * \frac{2}{22} = \frac{100}{11} \text{ mW}$$

$$P_w(\text{dB}) = 10 \log\left(\frac{100}{11}\right) = 9,59 \text{ dB}$$

Ensuite, nous exprimons la puissance de l'interférence du WiFi N_w .

Nous déterminons la perte de puissance du Wifi par le modèle One Slope en fonction de la distance entre l'émetteur Zigbee et le récepteur :

$$L_{pwifi}(d) = L_{p0} + 10N \log(d + 5) \text{ dB}$$

avec d la distance entre l'émetteur Zigbee et le récepteur Zigbee.

L'interférence du WiFi N_w est alors :

$$N_w(d) = P_w - L_{pwifi}(d) \text{ dB}$$

$$N_w(d) = P_w - (L_0 + 10N \log(d + 5)) \text{ dB}$$

Nous passons ensuite les puissances d'interférences en mW, ce qui nous donne :

$$N = 10^{\frac{-110,8}{10}} = 8,3e-12 \text{ mW}$$

$$N_w(d) = 10^{\frac{P_w - (L_0 + 10N \log(d+5))}{10}} = 10^{\frac{-23,71 - 40 \log(d+5))}{10}} \text{ mW}$$

Nous pouvons déduire la perte de puissance à partir de la formule donnée dans le tableau du calcul de cette perte :

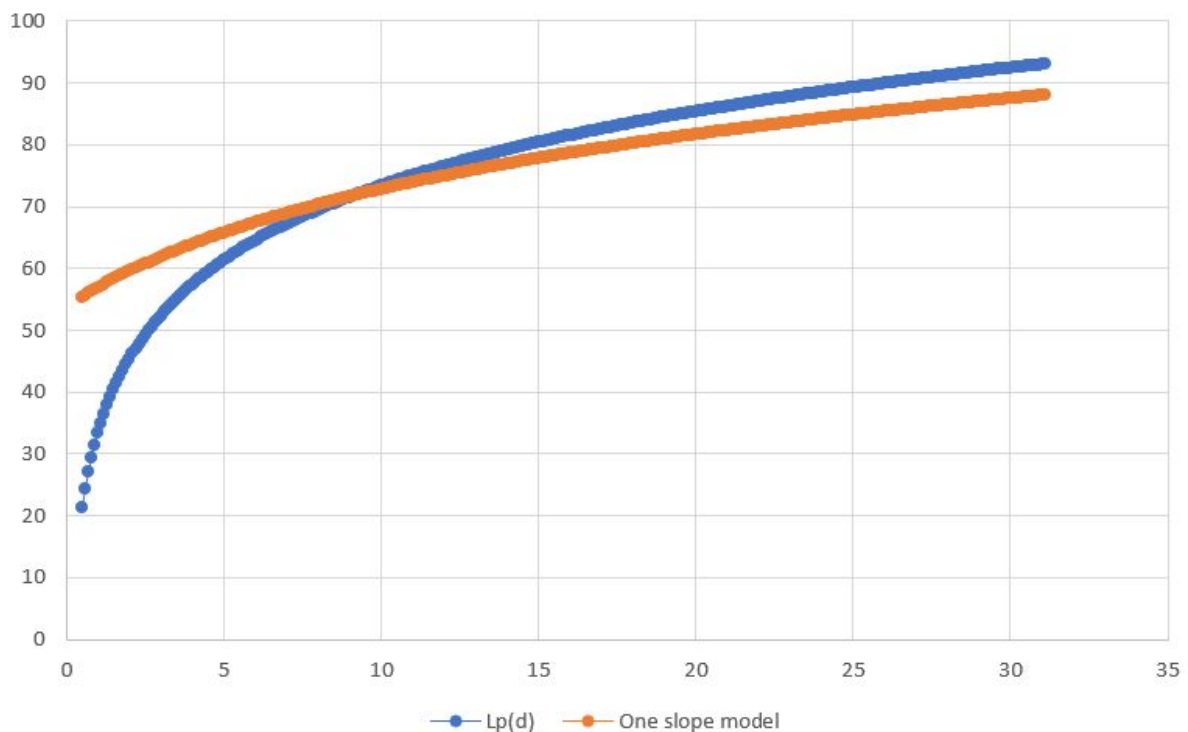
$$L_p(d) = -10 \log(N + N_w(d)) + 2 \text{ dB}$$

De plus, le modèle de One Slope nous donne la formule suivante pour le calcul de la perte de puissance entre l'émetteur Zigbee et le récepteur Zigbee :

$$L_p(d) = L_0 + 4 \times 10 \log(d) \text{ dB}$$

Afin de trouver la distance maximale entre l'émetteur Zigbee et son récepteur, nous devons trouver pour quelle valeur de d les deux formules du calcul de la perte de puissance sont équivalentes.

Path loss en fonction de la distance entre les émetteurs ZigBee et WiFi



Graphiquement nous pouvons voir que la distance à laquelle la perte de puissance due à la propagation, avec les interférences du module WiFi, est :

$$D_{\max} = 9,1 \text{ m}$$

Donc, en présence d'interférences dues à un module WiFi, on devra placer le récepteur ZigBee à une distance inférieure à 9,1 m de l'émetteur pour assurer son fonctionnement. Au-delà, nous ne pouvons pas garantir la sûreté de fonctionnement demandée, à savoir un PER < 1%. Autant dire qu'il sera très difficile de mettre en place le dispositif ZigBee en présence d'un module WiFi à 5 mètres.

Énoncé : Part 2

En considérant le schéma ci-dessous, calculez la séparation maximale S_{max} entre les points d'accès Zigbee et WiFi pour assurer une portée de 20 m du réseau Zigbee. On conserve les mêmes hypothèses que précédemment.



Calculons la puissance du signal ZigBee reçue, sachant que la distance entre l'émetteur et le récepteur est fixe.

$$P_r = -33,3 - 40 * \log(20) = -85,34 \text{ dB}$$

$$L_p = 85,34 \text{ dB}$$

L'interférence du WiFi N_w est désormais :

$$P_w(\text{dB}) = 9,59 \text{ dB}$$

$$N_w(d) = P_w - L_{pwifi}(d) \text{ dB}$$

$$N_w(d) = P_w - (L_0 + 10N \log(d)) \text{ dB}$$

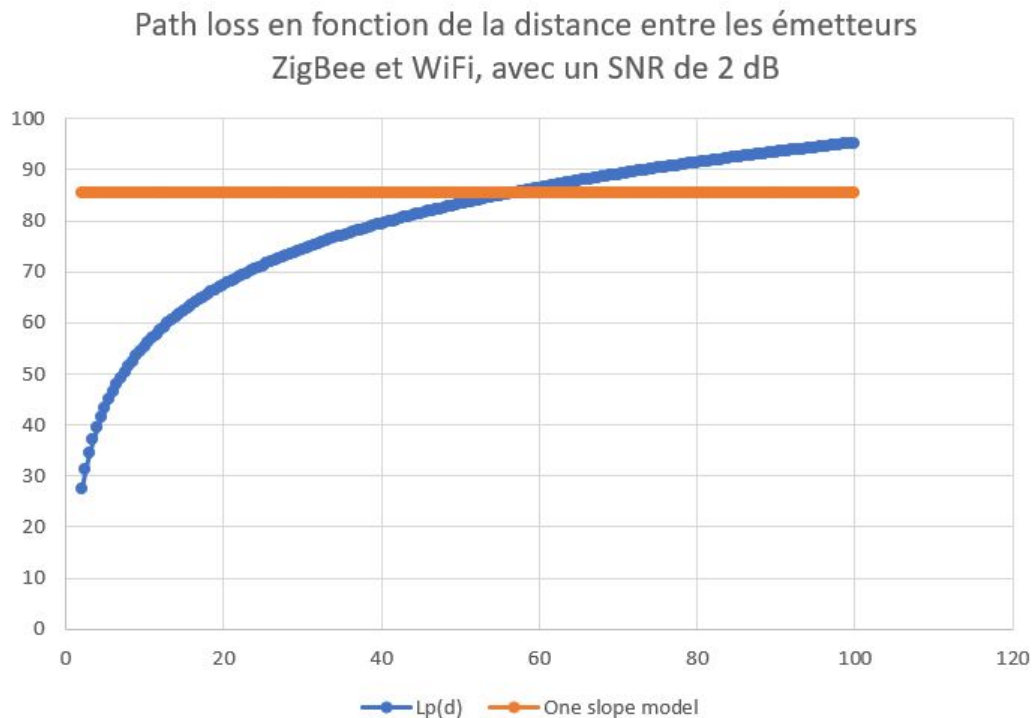
Et la perte de puissance engendrée est, pour un SNR de 2 dB.

$$L_p(d) = -10 \log(N + N_w(d)) + 2 \text{ dB}$$

Nous prendrons cette fois-ci le bruit thermique calculée plus haut, soit :

$$N_{thermal}(\text{dBm}) = -110,8 \text{ dBm} = 8,3e - 12 \text{ mW}$$

On compare la valeur de la puissance reçue par le module ZigBee, avec et sans interférences due au module WiFi.



$$D_{\min} = 56,4 \text{ m}$$

La distance pour laquelle les interférences dues au WiFi permettent tout de même de transmettre le signal entre les modules ZigBee avec un SNR de 2 dB et un PER<1% est : 56,4 m. En dessous de cette distance, le signal peut être transmis mais sans garantie de succès.