

5ISS - Communications numériques sans fil pour les objets connectés

Exercice 2 : Interférences Zigbee - WiFi

Josué ALVAREZ, Cyril ANAK STELL, Mame Aminata DIOP,
Cécile DUTHOIT, Linn MJELSTAD, Clovis OUEDRAOGO

November 2016

1 Calculez la portée radio du Zigbee sans considérer les interférences WiFi

On considère un modèle de propagation du type One Slope pour un environnement dense sur un étage. On se permettra de faire les hypothèses suivantes

- Le gain et les pertes des antennes de l'émetteur et du récepteur sont considérées nulles. (elles ne font pas partie des données du problème, et ces valeurs dépendent du matériel utilisé).
- Le bruit généré par le récepteur (Noise Figure) est nul.

Le tableau suivant résume les données du problème et permet le calcul du "Path Loss", représentant l'atténuation maximale du signal par l'environnement pour assurer une transmission telle que PER inférieur à 1%.

Les valeurs pour lesquelles une hypothèse a été formulée seront marquées par un astérisque (*) dans le tableau suivant.

One Slope Model :

$$Lp(dB) = Lp_0 + 10 * N * \log(r/r_0)$$

Emitter	Electrical power (dBm)	0
	Gain emitter antenna (dB)	0 (*)
	Losses emitter (dB)	0 (*)
	EIRP (dBm)	0
Receptor	Bandwidth(MHz)	2
	Throughput (kBps)	250
	Thermal noise floor @ 300 K (dBm)	-95
	Noise figure (dB)	0 (*)
	SNR @ PER under 1 % (dB)	2
	Sensitivity receiver (dBm)	-93
	Losses receiver (dB)	0 (*)
	Gain receiver antenna (dB)	0 (*)
	Minimal input power (dBm)	-93
Path loss (dB)		93

Figure 1 : Bilan de liaison Zigbee sans interférences WiFi

Nous pouvons utiliser la valeur obtenue (Path Loss = 93 dB) dans l'équation du "One Slope Model" afin de déterminer la portée du Zigbee lorsqu'aucune interférence n'est présente.

Lp(dB)	93
Lp ₀	33.3
r ₀	1
N	4
d'où r =	31.08135903

Figure 1.2 : Données numériques

Nous trouvons donc une portée d'environ 31 mètres pour le dispositif Zigbee, sans tenir encore compte des interférences WiFi. Nous avons utilisé la formule de sensibilité (slide 82 de votre cours) pour obtenir la sensibilité du récepteur et pouvoir ensuite établir un bilan de liaison. Ce bilan nous donne finalement un Path Loss de 93 dB, que nous pouvons injecter dans la formule du modèle One Slope.

2 Calculez la portée radio du Zigbee en prenant en compte les interférences WiFi

Pour résoudre ce problème, nous allons procéder en plusieurs étapes :

1. Exprimer $Lp_{Zigbee,os}$ représentant les pertes (loss path) du signal Zigbee en fonction de la distance \mathbf{d} qui sépare l'émetteur et le récepteur Zigbee en utilisant le modèle One Slope.
2. Exprimer $N_{wifi}(dB)$, la puissance du signal wifi reçue par le récepteur sur la bande Zigbee en fonction de \mathbf{d} et de la distance $\mathbf{s} = 5\mathbf{m}$ séparant l'émetteur Zigbee de l'émetteur Wifi. Cette puissance est assimilable à un bruit.

3. Exprimer $Lp_{zigbee,bl}$ les pertes du signal Zigbee en fonction de d et s en utilisant le bilan de liaison et en faisant apparaître les interférences Wifi sous forme de bruit à ajouter à ce bilan.
4. Résoudre $Lp_{zigbee,os}(d) = Lp_{zigbee,bl}(d)$.

2.1 Etape 1

En utilisant le modèle One Slope, on obtient :

$$Lp_{zigbee,os}(d) = Lp_0 + 10 * N * \log(d).$$

Avec $Lp_0 = 33.3\text{dB}$ et $N = 4$.

2.2 Etape 2

On considère que la puissance reçue par le récepteur Zigbee est égale à la puissance émise par l'émetteur Wifi sur la bande Zigbee, à laquelle on retranche les pertes liées au milieu de propagation.

$$N_{wifi}(dB) = P_{wifi}(dB) - Lp_{wifi,os}(dB)$$

Avec $Lp_{wifi,os}(dB)$ les pertes calculées par le modèle OneSlope :

$$Lp_{wifi,os}(dB) = Lp_0 + 10 * N * \log(d + s)$$

Et avec $P_{wifi}(dB)$, la puissance émise par l'émetteur Wifi sur la bande Zigbee. Si on considère que l'émetteur Wifi émet avec une puissance de 20dBm sur une bande de largeur 22Mhz (Bwifi), alors la puissance émise par cet émetteur sur la bande Zigbee (largeur 2Mhz) vaut :

$$P_{wifi}(dB) = 10 * \log\left(\frac{B_{zigbee}}{B_{wifi}} * P_{wifi,emise}(mW)\right) = 10 * \log\left(\frac{B_{zigbee}}{B_{wifi}} * 10^{(20/10)}\right) = 9.59dB.$$

On a donc :

$$N_{wifi}(dB) = 9.59 - (Lp_0 + 10 * N * \log(d + s))$$

2.3 Etape 3

On a, d'après le bilan de liaison :

$$Lp_{zigbee,bl}(dB) = -(N_{thresh}(dB) + SNR)$$

Avec N_{thresh} le seuil de bruit, dont la valeur en mW est la somme du bruit thermique (donné : -95dB) et du bruit généré par le signal Wifi.

$$N_{thresh}(mW) = N_{thermal}(mW) + N_{wifi}(mW)$$

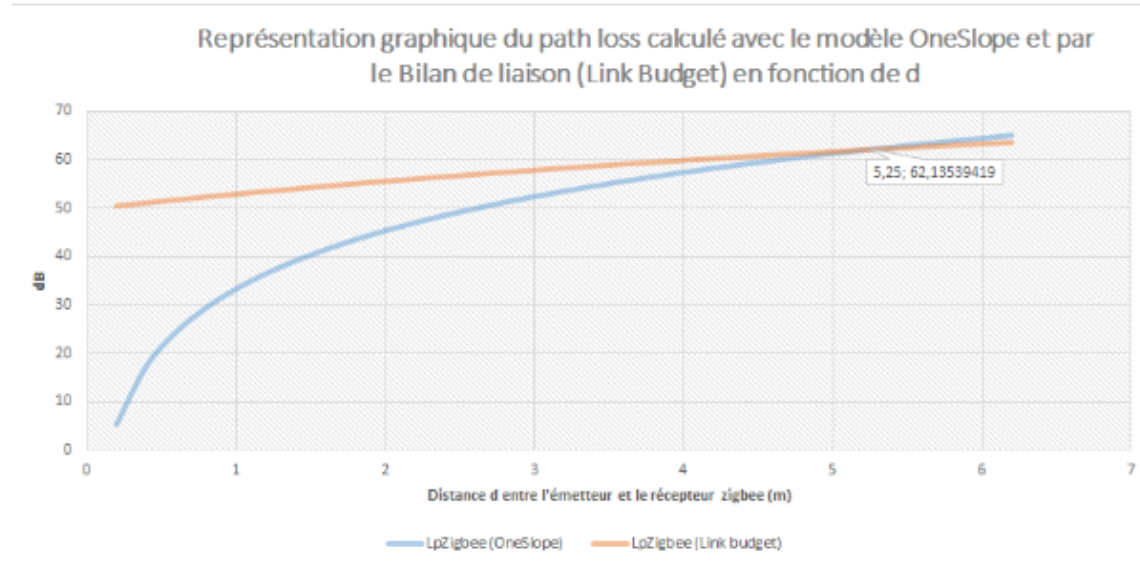
$$N_{thresh}(dB) = 10\log(10^{(\frac{N_{thermal}(dB)}{10})}) + 10^{(\frac{N_{wifi}(dB)}{10})}$$

D'où, au final :

$$Lp_{zigbee,bl}(dB) = -(10\log(10^{(N_{thermal}(dB)/10)}) + 10^{(N_{wifi}(dB)/10)}) + SNR)$$

2.4 Etape 4

L'équation $Lp_{zigbee,os}(d) = Lp_{zigbee,bl}(d)$ est difficile (ou peut être impossible) à résoudre analytiquement. Pour trouver une solution approximative, nous avons donc tracé les courbes des 2 fonctions sur un tableau afin de voir à quel moment elles se croisent.



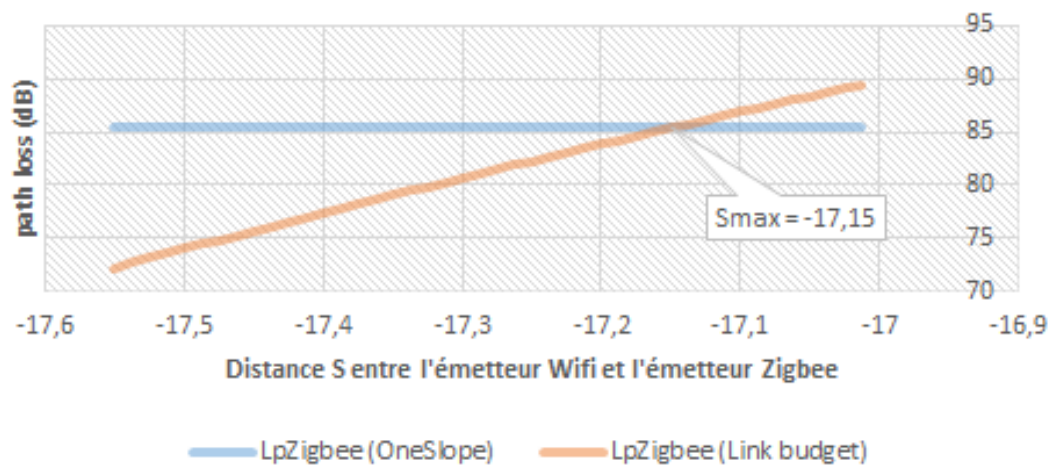
s	d	LpZigbee (OneSlope)	LpZigbee (Link budget)	Diff
5	5,25	62,10637214	62,13539419	-0,029022055
5	5,3	62,27103478	62,21985861	0,051176172

Conclusion : pour un éloignement $s = 5\text{m}$, on obtient donc une portée du Zigbee d'environ 5,25m.

3 Calculez la distance Smax nécessaire pour que la réception à 20 m de l'émetteur ZigBee soit bonne.

En utilisant le même raisonnement et la même feuille de calcul, on peut cette fois fixer $d = 20\text{m}$ et faire varier s , afin d'obtenir S_{max} .

Représentation graphique du path loss calculé avec le modèle OneSlope et par le Bilan de liaison (Link Budget) en fonction de s



s	d	LpZigbee	LpZigbee	Diff
-17,15	20	85,3411998	85,378972	-0,03777217
-17,1625	20	85,3411998	84,997174	0,34402579

On obtient alors $S_{max} = -17.15m$.