

16 Novembre, 2018

Communications numériques sans fil pour les objets connectés



Enseignant : Alexandre Boyer

Damaris Mendes Ferreira, Dorian Moulinié, Juan Yu, Julien Chouvet

Sommaire

Énoncé – Interférences Zigbee – WiFi	3
Question 1	4
Sans Interférence	4
Avec Interférences WiFi	6
Question 2	9
Annexe	11

Interférences Zigbee - WiFi

Communications numériques sans fil pour les objets connectés

Énoncé – Interférences Zigbee – WiFi

Un réseau Zigbee a été réalisé à l'intérieur d'un bâtiment. Celui-ci doit coexister avec un réseau WiFi IEEE 802.11.b. La réception Zigbee est supposée satisfaisante tant que le Packet Error Rate (PER) est inférieur à 1 %. Dans cet exercice, on considère une installation donnée, où les points d'accès WiFi et Zigbee sont initialement séparés de 5 m. On s'intéresse à l'effet de l'interférence du WiFi sur la réception du Zigbee, notamment la dégradation de la portée radio du Zigbee.

Question 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.



Question 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.



Question 1

Sans Interférence

Dans un premier temps, nous allons considérer un cas idéal où la réseau Zigbee est seul et ainsi il n'existe pas d'interférences. Le but est de calculer la portée radio maximale du signal Zigbee dans ces conditions. Pour faire ça, nous avons considéré les caractéristiques de radio Zigbee suivants :

Caractéristiques radio

	Zigbee
Fréquence centrale	2405 MHz
Bande passante	2 MHz
Puissance d'émission	0 dBm
Seuil de bruit	-95 dBm
SNR minimum (PER < 1%)	2 dB

En utilisant ça, nous avons construit le tableau ci-dessous :

Emetteur	Puissance Électrique (dBm)	0
	Gain émetteur (dB)	0
	Pertes émetteur (dB)	0
	EIRP (Puissance rayonnée par l'antenne) (dBm)	0
Récepteur	Bande Passante (MHz)	2
	Seuil de bruit thermique (dBm)	-95
	Noise Figure (dB)	0
	SNR (PER < 1%) (dB)	2
	Sensibilité (dBm)	$N + NF + SNR = -93$
	Pertes récepteur (dB)	0
	Gain récepteur (dB)	0
	Puissance minimale en entrée (dBm)	Sensibilité + gain - pertes = -93

Perte de propagation max (« path loss ») (dB)	EIRP - Puissance min. entrée = 93
---	--------------------------------------

Pour faire le calcul, on considérera un modèle de propagation du type One Slope pour un environnement dense sur un étage. Ce modèle empirique est basé sur l'espace libre et vise à inclure toutes les pertes dues aux mécanismes de propagation. Il est très facile à mettre en œuvre, mais il peut parfois entraîner des erreurs car, dans les environnements intérieurs, il existe une grande variabilité des mécanismes de pertes qui ne sont pas considérés dans le modèle. Le résultat du calcul est donc une estimation des pertes et est très utile pour faire des analyses simples.

Le modèle One Slope assume que les pertes de propagation en dB dépendent linéairement de la distance logarithmique entre l'émetteur et le récepteur comme on peut le vérifier dans la formule ci-dessous :

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

Où :

- r_0 : correspond à distance entre l'émetteur et le recepneur (Tx-Rx).
- L_p : correspond aux pertes de propagation max (path loss).
- $L_{p0}(r_0)$: correspond aux pertes de propagation à une distance Tx-Rx de r_0 .
- N : correspond au coefficient empirique d'atténuation.

Dans notre cas, comme nous considérons un environnement dense sur un étage, nous avons $N=4$, $L_{p0}(r_0) = 33,3$ dB et $r_0 = 1$ m. En appliquant ces valeurs dans la formule, nous avons :

$$r = 10^{\frac{L_p - L_{p0}}{10 * N}} * r_0 = 10^{\frac{93 - 33,3}{10 * 4}} = 31,08m$$

Nous obtenons donc une portée maximale de **31,08m** pour le signal Zigbee dans un environnement indoor sans interférence.

Avec Interférences WiFi

Nous intégrons maintenant l'AP Wifi à une distance de 5m en amont de l'AP Zigbee afin d'étudier l'influence du Wifi sur la portée maximale du signal Zigbee.

Le *link budget* du Zigbee avec interférence du Wifi IEEE 802.11.b, présenté ci-dessous, montre l'influence du bruit dû à l'émetteur Wifi (N_{wifi}), considéré comme additionnel au bruit thermique.

Emetteur	Puissance Électrique (dBm)	0
	Gain émetteur (dB)	0
	Pertes émetteur (dB)	0
	EIRP (Puissance rayonnée par l'antenne) (dBm)	0
Récepteur	Bande Passante (MHz)	2
	Débit binaire (kbps)	250
	Seuil de bruit thermique (dBm)	-95
	Bruit WiFi (dBm)	$10\log(N_{\text{WiFi}})$
	Noise Figure (dB)	0
	Bruit total (dBm)	$10\log(10^{\frac{-95}{10}} + N_{\text{WiFi}})$
	SNR (PER < 1%) (dB)	2
	Sensibilité (dBm)	$10\log(10^{\frac{-95}{10}} + N_{\text{WiFi}}) + 2$
	Pertes récepteur (dB)	0
	Gain récepteur (dB)	0
	Puissance minimale en entrée (dBm)	Sensibilité + gain - pertes = $10\log(10^{\frac{-95}{10}} + N_{\text{WiFi}})$
Perte de propagation max (« path loss ») (dB)		EIRP - Puissance min. entrée = $-10\log(10^{\frac{-95}{10}} + N_{\text{WiFi}}) - 2$

Dans un premier temps nous allons déterminer le bruit dû aux interférences de l'AP WiFi, puis, grâce au modèle One Slope, nous calculerons la portée de l'émetteur Zigbee dans ce contexte.

On commence par chercher la puissance du signal WiFi pouvant interférer avec le signal Zigbee. On sait que la bandwidth du Wifi est 22MHz et celle du Zigbee est 2MHz. Ainsi, pour étudier le pire ca on considère la puissance d'émission de l'AP WiFi égalé à 20 dBm. On obtient alors la puissance d'émission totale du WiFi :

$$P_w = 10\log\left(\frac{2}{22} * 10^{\frac{20}{10}}\right) = 9,59 \text{ dBm}$$

Nous allons maintenant exprimer la perte du signal WiFi due à sa propagation jusqu'au récepteur Zigbee. Pour cela, on utilise le modèle One Slope dans lequel "r" représente la distance émetteur-récepteur Zigbee et donc "r+5" la distance émetteur WiFi - récepteur Zigbee :

$$L_{pWIFI}(dB) = L_{po}(r_0) + 10N * \log\left(\frac{r+5}{r_0}\right)$$

Comme nous sommes dans un milieu dense avec un étage, on a :

$$N=4, L_{po}(r_0) = 33.3 \text{ dB et } r_0 = 1\text{m}$$

$$\text{Donc : } L_{pWIFI}(dB) = 33,3 + 10 * 4 * \log(r + 5)$$

La puissance du signal WiFi reçue par le récepteur Zigbee est donc :

$$N_{Wintef}(dB) = P_{WIFI} - L_{pWIFI} = P_{WIFI} - 33,3 + 10 * 4 * \log(r + 5)$$

$$\text{Et : } N_{Wintef}(mW) = 10^{\frac{P_{WIFI} - 33,3 + 10 * 4 * \log(r+5)}{10}}$$

Or, d'après le *link budget*, la perte de propagation max est :

$$L_p = - (10\log(10^{\frac{-95}{10}} + N_{Wintef}(mW)) + 2)$$

$$L_p = - (10\log(10^{\frac{-95}{10}} + 10^{\frac{9,58 - (33,3 + 10 * 4 * \log(r+5))}{10}}) + 2)$$

Et, d'après le modèle One Slope, la perte de propagation du signal de l'émetteur Zigbee est :

$$L_p(\text{dB}) = L_{p0}(r_0) + 10 * N * \log\left(\frac{r}{r_0}\right) = 33,3 + 10 * 4 * \log(r)$$

Nous pouvons donc estimer la portée maximale de l'émetteur Zigbee en déterminant l'égalité de l'équation provenant du modèle One Slope et celle provenant du *link budget*. Nous résolvons cela par méthode graphique en cherchant le point d'intersection des courbes de ces deux fonctions.



Nous obtenons donc une portée maximale pour le signal Zigbee de **5,3m**. Nous voyons donc ici que le signal WiFi perturbe grandement la portée du signal Zigbee passant de 31m à 5m.

Question 2

Dans cette partie, nous cherchons à déterminer quelle est la distance maximale S_{max} entre les émetteurs WiFi et Zigbee qui permet d'avoir une portée du signal Zigbee de 20m.

Pour cela, nous nous appuyerons sur le tableau de liaison de la question 1, partie "avec interférences WiFi".

On commence par calculer les pertes de propagation du signal Zigbee grâce au modèle One Slope. En considérant une distance émetteur-récepteur de 20m, on obtient :

$$L_p = L_{p0}(r_0) + 10N * \log\left(\frac{20}{r_0}\right) \text{ avec: } N = 4, L_{p0}(r_0) = 33,3 \text{ et } r_0 = 1\text{m}$$

$$L_p = 85,3 \text{ dB}$$

D'après le *link budget*, l'expression de la perte de propagation max du signal Zigbee peut aussi s'écrire :

$$L_p = - (10\log(10^{\frac{-95}{10}} + N_{W_{interf}}) + 2)$$

Ainsi, comme vu dans la deuxième partie de la question 1, la puissance du signal WiFi perçue par le récepteur Zigbee est :

$$N_{W_{interf}}(dB) = N_{W_{ifi}}(dB) - L_{pW_{ifi}}(dB)$$

avec:
$$N_{W_{ifi}} = 10\log\left(\frac{2}{22} * 10^{\frac{20}{10}}\right) = 9,59 \text{ dBm}$$

Et d'après le modèle One Slope :

$$L_{pW_{ifi}} = L_{p0}(r_0) + 10N * \log\left(\frac{r + S_{max}}{r_0}\right) = 33,3 + 4 * 10 * \log(r + S_{max})$$

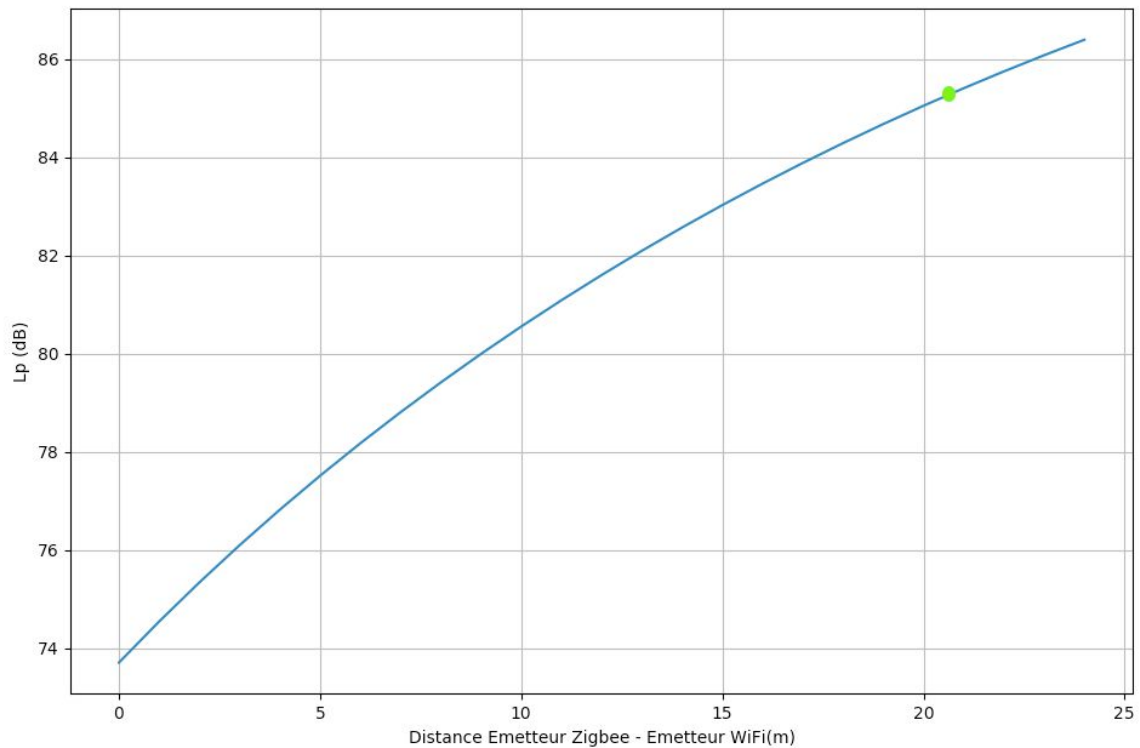
On obtient alors :
$$N_{W_{interf}}(mW) = 10^{\frac{9,59 - (33,3 + 10 * 4 * \log(20 + S_{max}))}{10}}$$

En intégrant cette expression dans celle de L_p on obtient :

$$L_p = - (10\log(10^{\frac{-95}{10}} + 10^{\frac{9,59 - (33,3 + 10 * 4 * \log(20 + S_{max}))}{10}}) + 2) = 85,3 \text{ dB}$$

En résolvant cette équation, on trouve :

$$S_{max} = 20,7m$$



x=20.7083 y=85.2975

Ainsi, pour que le signal Zigbee atteigne le récepteur situé à 20m de l'émetteur, il faut que l'émetteur WiFi soit situé à 20,7m en amont de l'émetteur Zigbee.

En comparant ce résultat à celui de la partie 2 de la question 1 (où l'émetteur WiFi n'est qu'à 5m de l'émetteur Zigbee), on peut voir que plus l'émetteur WiFi est loin de l'émetteur Zigbee, moins il perturbera la propagation du signal Zigbee.

Annexe

Code python pour les graphiques des questions 1 & 2 :

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

##Question 1 - Avec interférences WiFi
x = np.array(range(0,10))
y = 33.3+40*np.log10(x)
z = -(10*np.log10((10**(-95/10))+(10**((9.58-(33.3+40*np.log10(x+5)))/10))))+2)

plt.plot(x, y)
plt.plot(x, z)

plt.xlabel("Distance Emetteur-Recepteur Zigbee (m)")
plt.ylabel("Lp (dB)")

plt.grid(True)

plt.show()

##Question 2
plt.figure()
a = np.array(range(0,25))
b = np.array(range(0,25))
z = -(10*np.log10((10**(-95/10))+(10**((9.58-(33.3+40*np.log10(a+20)))/10))))+2)

plt.plot(a,z)

plt.xlabel("Distance Emetteur Zigbee - Emetteur WiFi(m)")
plt.ylabel("Lp (dB)")

plt.grid(True)

plt.show()
```