

FONDEMENTS DES RADIOCOMMUNICATIONS MOBILES

Propagation en environnement radio mobile

Introduction

2

- Dans tout système de radio communications mobile le signal est véhiculé sous forme d'une onde électromagnétique (O.E.M.).
- Lors de sa propagation cette onde subit l'effet de certains phénomènes causant une dégradation de la qualité du signal limitant ainsi la couverture géographique du système.
- Il est important de rappeler qu'une O.E.M. est caractérisée par sa fréquence f . Dans le vide ou dans l'air libre on a la longueur d'onde $\lambda = \frac{C}{f}$

Phénomènes électromagnétiques

3

- Atténuation
- Absorption
- Réfraction
- Réflexion
- Diffraction

Atténuation

4

- plus on va s'éloigner de la source plus la qualité du signal diminuera, le phénomène en cause est la dispersion spatiale
- Prenez une lampe torche par exemple, vous remarquerez que plus le faisceau sera étroit plus vous verrez loin, mais vous n'éclairerez qu'une faible surface, et inversement si vous agrandissez votre faisceau, vous ne verrez pas très loin mais vous couvrirez une plus grande surface.

Absorption

5

- L'onde électromagnétique qui se propage rencontre des électrons qu'elle va exciter.
- Ceux-ci vont réémettre à leur tour du rayonnement ce qui perturbera le signal et donc l'atténuera.
- Il est important de noter que plus la fréquence est élevée plus ce phénomène d'absorption est élevé donc plus la distance de couverture est faible.

Réfraction/Réflexion

6

- Réfraction: Changement de direction lors d'un passage d'un milieu à un autre.
- Réflexion: Changement de direction dans le même milieu.

Diffraction

7

- Il s'agit d'interférences entre l'onde directe d'une source et l'onde dont la direction est modifiée par un obstacle tel que montage ou immeuble.
- Ces deux ondes, issues de la même source, interfèrent entre elles de manière à ce que l'on se retrouve soit avec une augmentation importante liée au couplage en phase, soit à une diminution, voire une annulation totale.

Modèles de propagation

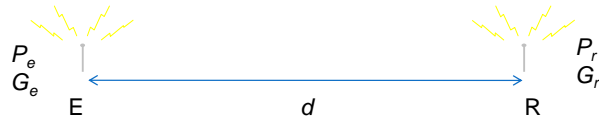
8

- Représentation mathématique de l'influence du milieu sur la propagation de l'onde électromagnétique.

Modèle de propagation en espace libre (Modèle de Friis)

9

- Le modèle de propagation en espace libre suppose qu'il y a un seul chemin dégagé entre l'émetteur et le récepteur.



Modèle de propagation en espace libre (Modèle de Friis)

10

- L'équation de Friis pour la propagation en air libre en fonction de la distance d entre l'émetteur et le récepteur (distance E-R):

$$P_r(d) = \frac{P_e G_e G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2}$$

P_r : puissances reçue
 P_e : puissances émise
 λ : longueur d'onde
 G_e et G_r sont les gains des antennes d'émission et de réception

- Sur l'échelle logarithmique on a alors :

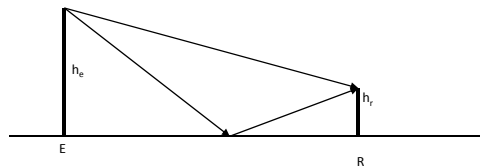
$$[P_r(d)]_{dBW} = [P_e]_{dBW} + [G_e]_{dB} + [G_r]_{dB} + 20 \log_{10} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)$$

- D'où une perte de 20dB par décade.

Modèle à deux raies

11

- Le modèle à deux raies considère deux chemins possibles entre l'émetteur et le récepteur.
- Le premier est le chemin direct et le deuxième est le résultat de la réflexion terrestre.



Modèle à deux raies

12

- La puissance reçue en fonction de la distance d entre l'émetteur et le récepteur (distance E-R) est donnée par:

$$P_r(d) = \frac{P_e G_e G_r h_e^2 h_r^2}{d^4}$$

- Sur l'échelle logarithmique on a alors :

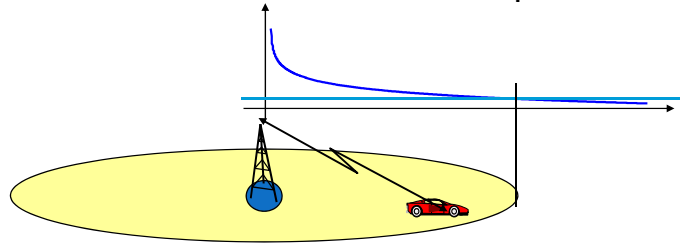
$$[P_r(d)]_{dBW} = [P_e]_{dBW} + [G_e]_{dB} + [G_r]_{dB} + 10 \log_{10} \left(\frac{h_e^2 h_r^2}{d^4} \right)$$

- D'où une perte de 40dB par décade.
- Il est montré que ce modèle donne une prédiction plus précise que le modèle précédent pour des longues distances.

Modèle lognormal (Shadowing model)

13

- Les deux premiers modèles prédisent la puissance reçue comme étant une fonction déterministe en fonction de la distance.
- Ils définissent tout les deux la portée des communications comme étant un cercle parfait



Modèle lognormal (Shadowing model)

14

- En réalité, la puissance reçue est une variable aléatoire à cause des effets des trajets multiples.
- Un modèle plus général et qui met en évidence ce concept est le modèle lognormal (shadowing model) qui exprime la puissance reçue en fonction de la distance d entre l'émetteur et le récepteur (distance E-R) de la manière suivante :

$$[P_r(d)]_{dBW} = [\bar{P}_r(d)]_{dBW} + X$$

X : variable aléatoire normale (lognormale sur l'échelle linéaire) de moyenne nulle et d'écart type σ_x (exprimé en dB, déterminé par des mesures sur terrain).

Modèle lognormal (Shadowing model)

15

- $\bar{P}_r(d)$ étant la valeur moyenne de la puissance reçue et qui peut être déterminée à partir d'une puissance reçue connue à une distance d_0 , $P_r(d_0)$ de la façon suivante :

$$[\bar{P}_r(d)]_{dBW} = [P_r(d_0)]_{dBW} - 10\beta \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right)$$

où le paramètre β (appelé exposant de pertes) déterminé par des mesures sur terrain.

- Avec ce modèle on parle plus de cercle idéal à l'intérieur duquel on définit une communication possible mais d'une probabilité de communication à une distance donnée.

Modèle d'OKUKURA-HATA

16

- C'est un modèle empirique qui s'est basé sur des mesures prises à l'intérieur et aux alentours de la ville de Tokyo (Japon) en 1968 entre 150 MHz et 1500 MHz.
- C'est le plus populaire des modèles permettant de prédire la valeur moyenne de l'affaiblissement.
- Néanmoins la validité de ce modèle se limite aux conditions suivantes :
 - Fréquence utilisée f_c (en MHz) entre 150 MHz et 1500 MHz.
 - Hauteur de l'émetteur h_e entre 30 et 200 m
 - Hauteur du récepteur h_m entre 1 et 10 m

Modèle d'OKUKURA-HATA

17

urban areas: $L(\text{dB}) \approx A + B \log D - E$

suburban areas: $L(\text{dB}) \approx A + B \log D - C$

où open areas: $L(\text{dB}) \approx A + B \log D - F$

$$A = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_e$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log h_e$$

$$C = 2 \left(\log (f_c / 28) \right)^2 + 5.4$$

$$F = 4.78 \left(\log f_c \right)^2 + 18.33 \log f_c + 40.94$$

$$E = 3.2 \left(\log (11.75 h_m) \right)^2 - 4.97 \quad \text{for large cities, } f_c \geq 300 \text{MHz}$$

$$E = 8.29 \left(\log (1.54 h_m) \right)^2 - 1.1 \quad \text{for large cities, } f_c < 300 \text{MHz}$$

$$E = (1.1 \log f_c - 0.7) h_m - (1.56 \log f_c - 0.8) \quad \text{for medium to small cities}$$