

## 第五講鏈路及空間無線傳播損耗計算

### 5.1 鏈路預算

上行和下行鏈路都有自己的發射功率損耗和路徑衰落。在蜂窩通信中，為了確定有效覆蓋範圍，必須確定最大路徑衰落、或其他限制因數。在上行鏈路，從移動台到基地站的限制因數是基地站的接受靈敏度。對下行鏈路來說，從基地站到移動台的主要限制因數是基地站的發射功率。通過優化上下行之間的平衡關係，能夠使小區覆蓋半徑內，有較好的通信質量。

一般是通過利用基地站資源，改善網絡中每個小區的鏈路平衡（上行或下行），從而使系統工作在最佳狀態。最終也可以促使切換和呼叫建立期間，移動通話性能更好。圖5-01是一基地站鏈路損耗計算，可作為參考。

Downlink, from BTS to MS		Uplink, from MS to BTS	
BTS TX Power	42	MS TX Power	30
Combining Loss	3	MS Antenna gain	0
Duplexer Loss	0	Total EIRP	30
Top of cabinet TX	39		
Feeder Loss	2	Feeder Loss	2
BTS antenna gain	18	BTS antenna gain	18
Total EIRP	55		
MS RX	-100	BTS RX	-104
MS antenna gain	0	Diversity gain	5
Fading margin	6	Fading margin	6
Interference	3	Interference	3
Antenna body	3	Antenna body loss	3
<b>MAX. allowable path loss</b>	<b>143 dBm</b>	<b>MAX. allowable path loss</b>	<b>143 dBm</b>
<b>Link Balance (Downlink-Uplink)=0</b>			

圖5-01

上下行鏈路平衡的計算。對於實現雙向通信的GSM系統來說，上下行鏈路平衡是十分重要的，是保證在兩個方向上具有同等的話務量和通信質量的主要因素，也關係到小區的實際覆蓋範圍。下行鏈路（DownLink）是指基地發，移動台接收的鏈路。上行鏈路（UpLink）是指移動台發，基地接收的鏈路。上下行鏈路平衡的算法如下：

下行鏈路（用dB值表示）：

$$Pin_{MS} = Pout_{BTS} - L_{duplBTS} - L_{pBTS} + G_{aBTS} + Cori + G_{aMS} + G_{dMS} - L_{slantBTS} - LP_{down}$$

式中：

- Pin<sub>MS</sub>為移動台接收到的功率；
- Pout<sub>BTS</sub>為BTS的輸出功率；
- L<sub>duplBTS</sub>為合路器、雙工器等的損耗；
- L<sub>pBTS</sub>為BTS的天線的饋纜、跳線、接頭等損耗；
- G<sub>aBTS</sub>為基地發射天線的增益；
- Cori為基地天線的方向係數；
- G<sub>aMS</sub>為移動台接收天線的增益；
- G<sub>dMS</sub>為移動台接收天線的分集增益；
- L<sub>slantBTS</sub>為雙極化天線的極化損耗；
- LP<sub>down</sub>為下行路徑損耗；

上行鏈路（用dB值表示）：

$$Pin_{BTS} = Pout_{MS} - L_{duplBTS} - L_{pBTS} + G_{aBTS} + Cori + G_{aMS} + G_{dBTS} - LP_{up} + [G_{ta}]$$

式中：

- Pin<sub>BTS</sub>為基地接收到的功率；
- Pout<sub>MS</sub>為移動台的輸出功率；
- L<sub>duplBTS</sub>為合路器、雙工器等的損耗；
- L<sub>pBTS</sub>為BTS的天線的饋纜、跳線、接頭等損耗；
- G<sub>aBTS</sub>為基地接收天線的增益；
- Cori為基地天線的方向係數；

GaMS為移動台發射天線的增益；  
 GdBTS為基站接收天線的分集增益；  
 Gta為使用塔放的情況下，由此帶來的增益；  
 LPup為上行路徑損耗。

根據互易定理，即對於任一移動台位置，上行路損等於下行路損，即： $LP_{down} = LP_{up}$  設系統餘量為DL，移動台的惡化量儲備為DNMS，基站的惡化量儲備為DNBTS，移動台的接收機靈敏度為MSsense，基站的接收機靈敏度為BTSsense，Lothor為其它損耗，如建築物貫穿損耗、車內損耗、人體損耗等。於是，對於覆蓋區內任一點，應滿足：

$$PinMS - DL - DNMS - Lothor \geq MSsense$$

$$PinBTS - DL - DNMS - Lothor \geq BTSsense$$

上下行鏈路平衡的目的是調整基站的發射功率，使得覆蓋區邊界上的點（離基站最遠的點）滿足：

$$PinMS - DL - DNMS - Lothor = MSsense$$

於是，得到了基站的發射功率的計算公式：

$$PoutBTS \leq MSsense - BTSsense + PoutMS + GdBTS - GdMS + LslantBTS - Gta + DNMS - DNBTS$$

## 5.2 各類損耗的確定

### ◆建築物的貫穿損耗

建築物的貫穿損耗是指電波通過建築物的外層結構時所受到的衰減，它等於建築物外與建築物內的場強中值之差。建築物的貫穿損耗與建築物的結構、門窗的種類和大小、樓層有很大關係。貫穿損耗隨樓層高度的變化，一般為-2dB/層，因此，一般都考慮一層（底層）的貫穿損耗。

下面是一組針對900MHz頻段，綜合國外測試結果的數據：

---中等城市市區一般鋼筋混凝土框架建築物，貫穿損耗中值為10dB，標準偏差7.3dB；郊區同類建築物，貫穿損耗中值為5.8dB，標準偏差8.7dB。

---大城市市區一般鋼筋混凝土框架建築物，貫穿損耗中值為18dB，標準偏差7.7dB；郊區同類建築物，貫穿損耗中值為13.1dB，標準偏差9.5dB。---大城市市區一金屬殼體結構或特殊金屬框架結構的建築物，貫穿損耗中值為27dB。由於我國的城市環境與國外有很大的不同，一般比國外同類名稱要高8---10dB。

對於1800MHz，雖然其波長比900MHz短，貫穿能力更大，但繞射損耗更大。因此，實際上，1800MHz的建築物的貫穿損耗比900MHz的要大。GSM規範3.30中提到，城市環境中的建築物的貫穿損耗一般為15dB，農村為10dB。一般取比同類地區900MHz的貫穿損耗大5---10dB。

### ◆人體損耗

對於手持機，當位於使用者的腰部和肩部時，接收的信號場強比天線離開人體幾個波長時將分別降低4---7dB和1---2dB。一般人體損耗設為3dB。

### ◆車內損耗

金屬結構的汽車帶來的車內損耗不能忽視。尤其在經濟發達的城市，人的一部分時間是在汽車中度過的。一般車內損耗為8---10dB。

### ◆饋線損耗

在GSM900中經常使用的是7/8"的饋線，在1000MHz的情況下，每100米的損耗是4.3dB；在2000MHz的情況下，每100米的損耗則為6.46dB，多了2.16個dB。

## 5.3 無線傳播特性

移動通信的傳播如圖5-02中的曲線所示，總體平均值隨距離減弱，但信號電平經歷快慢衰落的影響。慢衰落是由接受點周圍地形地物對信號反射，使得信號電平在幾十米範圍內有大幅度的變化，若移動台在沒有任何障礙物的環境下移動，則信號電平只與發射機的距離有關。所以通常某點信號電平是指幾十米範圍內的平均信號電平。這個信號的變化呈正態分佈。標準偏差對不同地形地物是不一樣的，通常在6—8dB左右。快衰落是疊加在慢衰落信號上的。這個衰落的速度很快，每秒可達幾十次。

除與地形地物有關，還與移動台的速度和信號的波長有關，並且幅度很大，可幾十個dB，信號的變化呈瑞利分佈。快衰落往往會降低話音質量，所以要留快衰落的儲備。

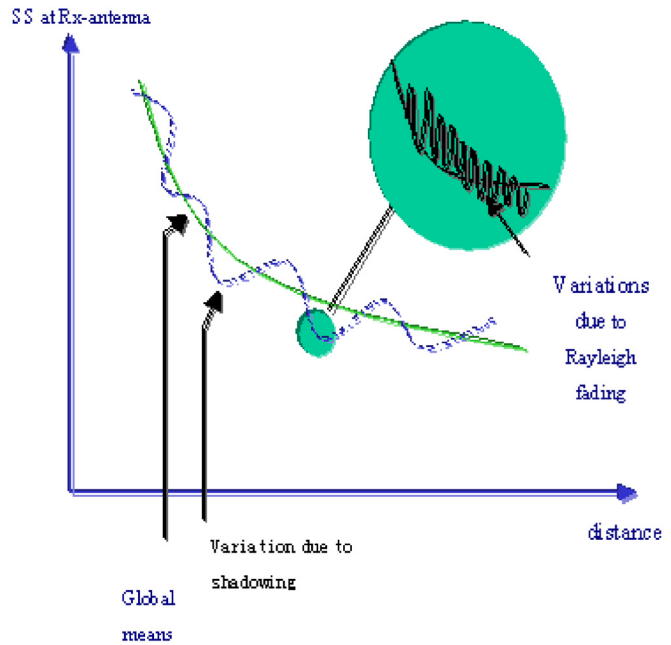


圖5-02

無線電波在自由空間的傳播是電波傳播研究中最基本、最簡單的一種。自由空間是滿足下述條件的一種理想空間1.均勻無損耗的無限大空間，2.各項同性，3.電導率為零。應用電磁場理論可以推出，在自由空間傳播條件下傳輸損耗Ls的表達式為：

$$L_s = 32.45 + 20 \lg f + 20 \lg d$$

自由空間基本傳輸損耗Ls僅與頻率f和距離d有關。當f和d擴大一倍時，Ls均增加6dB，由此我們可知GSM1800基站傳播損耗在自由空間就比GSM900基站大6個dB，如圖5-03所示。

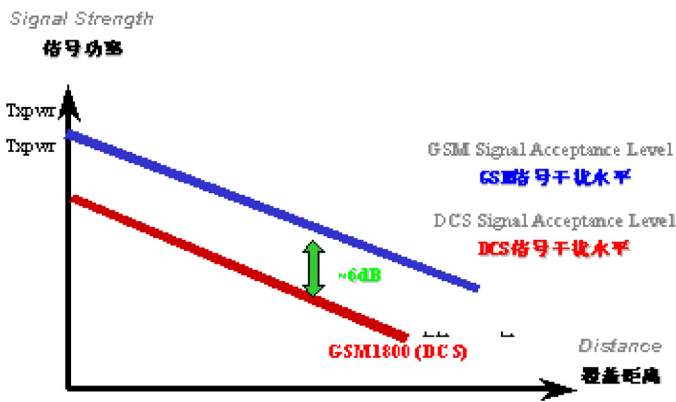


圖5-03

陸地移動信道的主要特徵是多徑傳播，實際多徑傳播環境是十分複雜的，在研究傳播問題時往往將其簡化，並且是從最簡單的情況入手。僅考慮從基站至移動台的直射波以及地面反射波的兩徑模型是最簡單的傳播模型。兩徑模型如圖5-04所示，應用電磁場理論可以推出，傳輸損耗Lp的表達式為： $L_p = 20 \lg(d^2 / (h_1 * h_2))$

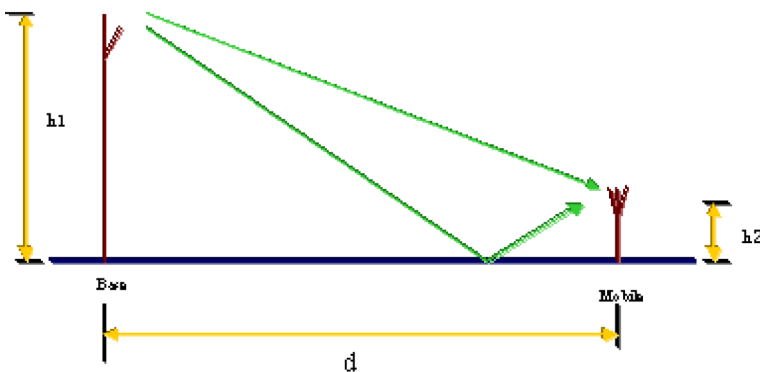


圖5-04

## 5.4 常用的兩種電波傳播模型

### ◆ Okumura電波傳播衰減計算模式

GSM900MHz主要採用CCIR推薦的Okumura電波傳播衰減計算模式。該模式是以準平坦地形大城市區的中值場強或路徑損耗作為參考，對其他傳播環境和地形條件等因素分別以校正因子的形式進行修正。不同地形上的基本傳輸損耗按下列公式分別預測。

$$L(\text{市區}) = 69.55 + 26.16\lg f - 13.82\lg h_1 + (44.9 - 6.55\lg h_1)\lg d - a(h_2) - s(a)$$

$$L(\text{郊區}) = 64.15 + 26.16\lg f - 2[\lg(f/28)]^2 - 13.82\lg h_1 + (44.9 - 6.55\lg h_1)\lg d - a(h_2)$$

$$L(\text{鄉村公路}) = 46.38 + 35.33\lg f - [\lg(f/28)]^2 - 2.39(\lg f)^2 - 13.82\lg h_1 + (44.9 - 6.55\lg h_1)\lg d - a(h_2)$$

$$L(\text{開闊區}) = 28.61 + 44.49\lg f - 4.87(\lg f)^2 - 13.82\lg h_1 + (44.9 - 6.55\lg h_1)\lg d - a(h_2)$$

$$L(\text{林區}) = 69.55 + 26.16\lg f - 13.82\lg h_1 + (44.9 - 6.55\lg h_1)\lg d - a(h_2)$$

其中：

- f---工作頻率，MHz
- h1---基站天線高度，m
- h2---移動台天線高度，m
- d---到基站的距離，km
- a(h2)---移動台天線高度增益因子，dB
- a(h2)=(1.1lgf-0.7)h2-1.56lgf+0.8(中，小城市)
- =3.2[lg(11.75h2)]^2-4.97(大城市)
- s(a)---市區建築物密度修正因子，dB;
- s(a)=30-25lga (5%<a≤50%)
- =20+0.19lga-15.6(lga)^2 (1%<a≤5%)
- =20 (a≤1%)

### ◆ Cost-231-Walfish-Ikegami電波傳播衰減計算模式

GSM 1800 MHz主要採用歐洲電信科學技術研究聯合推薦的"Cost-2-Walfish-Ikegami"電波傳播衰減計算模式該模式的特點是：從對眾多城市的電波實測中得出的一種小區域覆蓋範圍內的電波損耗模式。

分視距和非視距兩種情況：

#### (1)視距情況

基本傳輸損耗採用下式計算

$$L = 42.6 + 26\lg d + 20\lg f$$

#### (2)非視距情況

基本傳輸損耗由三項組成：

$$L = L_o + L_{msd} + L_{rts}$$

$$L_o = 32.4 + 20\lg d + 20\lg f$$

a)  $L_o$ 代表自由空間損耗

b)  $L_{msd}$ 是多重屏蔽的繞射損耗

c)  $L_{rts}$ 是屋頂至街道的繞射及散射損耗。

不管是用哪一種模式來預測無線覆蓋範圍，只是基於理論和測試結果統計的近似計算由於實際地理環境千差萬別很難用一種數學模型來精確地描述，特別是城區街道中各種密集的、下規則的建築物反射、繞射及阻擋，給數學模型預測帶來很大困難。因此。有一定精度的預測雖可起到指導網絡基站選點及佈點的初步設計，但是通過數學模型預測與實際信號場強值總是存在差別。由於移動環境的複雜性和多變性，要對接受信號中值進行準確計算是相當困難的。

無線通信工程上的做法是，在大量場強測試的基礎上，經過對數據的分析與統計處理，找出各種地形地物下的傳播損耗（或接受信號場強）與距離、頻率以及天線高度的關係，給出傳播特性的各種圖表和計算公式，建立傳播預測模型，從而能用較簡單的方法預測接受信號的中值。

## 5.5 參考覆蓋標準

大城市繁華市區室內覆蓋電平：-70dBm

一般市區室內覆蓋電平：-80 dBm

市區室外覆蓋電平：-90 dBm

鄉村：-94 dBm

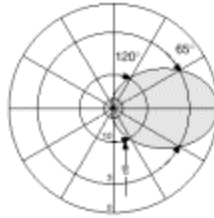
附件一：雙極化90°定向天線

**Eurocell A-Panels – Dual Polarization**  
**+45°/-45° Polarization**  
**65° Half-power Beam Width**

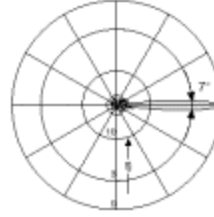


**XPol A-Panel 900 65° 18dBi**

Type No.	739 630
Input	2 x 7-16 female
Connector position	Bottom or top
Frequency range	870 – 960 MHz
VSWR	< 1.3
Gain	2 x 18 dBi
Impedance	50 Ω
Polarization	+45°, -45°
Front-to-back-ratio, copolar	> 30 dB
Half-power beam width	+45° polarization Horizontal: 65°, vertical: 7° -45° polarization Horizontal: 65°, vertical: 7°
Isolation	> 32 dB
Max. power per input	600 Watt (at 50 °C ambient temperature)
Weight	19 kg
Wind load	Frontal: 470 N (at 150 km/h) Lateral: 280 N (at 150 km/h) Rearside: 1040 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	2692 x 287 x 165 mm
Height/width/depth	2580 / 262 / 116 mm



Horizontal Pattern



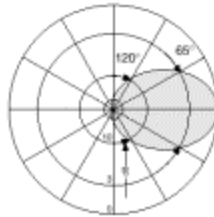
Vertical Pattern

- first nullfill below horizon better or equal -25 dB below maximum gain
- typical sidelobe suppression above horizon better or equal 15 dB below max. gain



**XPol A-Panel 800/900 65° 18dBi**

Type No.	739 624
Input	2 x 7-16 female
Connector position	Bottom or top
Frequency range	806 – 960 MHz
VSWR	< 1.5
Gain	2 x 18 dBi
Impedance	50 Ω
Polarization	+45°, -45°
Front-to-back-ratio, copolar	> 30 dB
Half-power beam width	+45° polarization Horizontal: 65°, vertical: 7° -45° polarization Horizontal: 65°, vertical: 7°
Isolation	> 32 dB (824 – 960 MHz) > 30 dB (806 – 824 MHz)
Max. power per input	600 Watt (at 50 °C ambient temperature)
Weight	19 kg
Wind load	Frontal: 470 N (at 150 km/h) Lateral: 280 N (at 150 km/h) Rearside: 1040 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	2692 x 287 x 165 mm
Height/width/depth	2580 / 262 / 116 mm



Horizontal Pattern



Vertical Pattern

Mounting accessories are not included in the scope of delivery (see page 20 – 23)

14

附件二：全向天線

# Omnidirectional Antennas

## Vertical Polarization

**KATHREIN**  
Antennen · Electronic

- High gain
- Lightning rod

### Omni 900 360° 11dBi

Type No.	736 352
Input	7-16 female
Connector position	Bottom
Frequency range	870 – 960 MHz
VSWR	< 1.5
Gain	11 dBi
Impedance	50 Ω
Polarization	Vertical
Max. power	500 Watt (at 50 °C ambient temperature)
Weight	8.5 kg
Radome diameter	51 mm
Wind load	220 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	3504 x 188 x 102 mm
Height	3233 mm

**Material:** Radiator: Copper and brass.  
Radome: Fiberglass, colour: Grey.  
Base: Weather-proof aluminum.  
Mounting kit, screws and nuts: Stainless steel.

**Mounting:** The antenna can be attached laterally at the tip of a tubular mast of 50 – 94 mm diameter (connecting cable runs outside the mast).

**Grounding:** The antenna is DC grounded via a copper tube having a cross-sectional area of 22mm<sup>2</sup>. The inner conductor is coupled capacitively.

