

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R P.1816-4 建议书
(08/2019)

**使用UHF和SHF频段的
宽带陆地移动业务的时间预测
和空间资料**

P 系列
无线电波传播



国际电信联盟

前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

知识产权政策（IPR）

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/zh>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

ITU-R 系列建议书

（也可在线查询 <http://www.itu.int/publ/R-REC/zh>）

系列	标题
BO	卫星传送
BR	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	时间信号和频率标准发射
V	词汇和相关问题

说明： 该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版
2020年，日内瓦

© 国际电联 2020

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分

ITU-R P.1816-4建议书

使用UHF和SHF频段的
宽带陆地移动业务的时间预测和空间资料

(ITU-R 211/3课题)

(2007-2012-2013-2015-2019年)

范围

本建议书的目的是提供有关预测宽带地面移动业务之时间与空间剖面的指南，这些业务使用0.7 GHz-9 GHz的频率范围，处在市区和郊区非视距内（NLoS）环境中，距离为0.5 km-3 km；而在视距内环境中则为0.05 km-3 km。

关键词

多径传播特性、延迟扩展、多径数量、幅值、路径长度差异（延迟）以及到达角

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 有必要为工程师们提供有关UHF和SHF波段宽带移动业务规划的指南；
- b) 时间-空间剖面对评估多径传播的影响至关重要；
- c) 通过考虑如建筑物高度、天线高度、基站与移动站之间的距离以及接收机的带宽等传播条件，可以实现对时间-空间剖面的最佳建模，

注意到

- a) 推荐使用ITU-R P.1546建议书中的方法来对广播、地面移动、海上和某些固定业务的场强进行点对点预测，这些业务使用30 MHz-3 000 MHz的频率范围，其距离范围为1 km - 1 000 km；
- b) 推荐使用ITU-R P.1411建议书中的方法来对300 MHz-100 GHz频率范围的、短距离（1 km之内）户外系统的传播特性进行评估；
- c) 推荐使用ITU-R P.1411建议书中的方法来对市区高楼环境中LoS情况下微蜂窝和超微蜂窝的平均延迟剖面形态进行估计；
- d) 推荐使用ITU-R P.1407建议书中的方法来规定多径术语，并分别通过使用延迟剖面和到达角剖面来计算延迟扩展和到达角扩展；
- e) 推荐使用ITU-R M.1225建议书中的方法来计算受多径传播影响的IMT-2000系统的性能，

建议

- 1 附件1的内容应用于评估在市区和郊区环境中、使用UHF和SHF波段的、宽带移动业务的长期平均延迟剖面；
- 2 附件2的内容应用于评估在市区和郊区环境中、使用UHF和SHF波段的、宽带移动业务的长期功率角剖面；
- 3 应利用附件3的内容评估城市与郊区采用UHF和SHF频段的宽带移动业务移动台站（MS）的长期功率到达角剖面。

注 – ITU-R有关WRC-19会议不同议项的共用研究基于本建议书案文，该案文在这些活动或开展活动时已生效。

附件1

1 引言

ITU-R P.1407建议书将延迟剖面的重要性表述如下。

在控制数字移动通信质量中，多径传播特性是一个主要的因素。物理上，多径传播特性意味着多径的数量、幅值、路径长度差异（延迟）以及到达角。这些可以由传播路径（幅频特性）的传递函数和相关带宽来描述。

如上所述，延迟剖面是用于评估多径特性的一个基本参数。一旦构建了剖面模型，那么就可从剖面获得如延迟扩展和频率相关带宽等多径参数。

与路径环境有关的传播参数影响着剖面形态。一个剖面由多个具有不同幅度和不同到延迟时间的波组成。众所周知，长时间延迟的波具有低振幅，原因是其传播路径长。平均延迟剖面（长期延迟剖面）可近似为前几篇著作显示的指数或功率函数。

延迟剖面中的到达波数量和周期均取决于接收带宽，原因是时间分辨率受限于接收机的频率带宽。为了评估延迟剖面，应考虑到频率带宽的限制。该限制与用于将接收到的功率分到多个波中的方法密切相关。

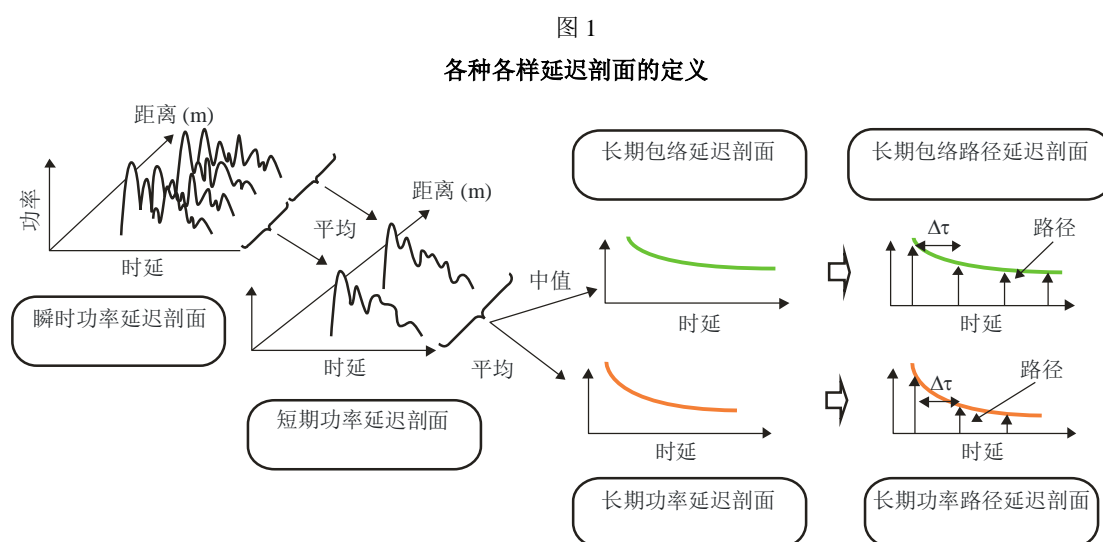
为了考虑频率带宽或路径分辨率，将由离散路径组成的延迟剖面定义为路径延迟剖面。

ITU-R P.1407建议书在图1中定义了不同的延迟剖面及其处理方法。

瞬时功率延迟剖面是一时一地的脉冲响应功率密度。如图1所示，通过在空间上对数十个波长上的瞬时功率延迟剖面求平均可获得短期功率延迟剖面，以便抑制快速衰减的变化；在距基站大致相同的距离上，通过在空间上对短期功率延迟剖面求平均可获得长期功率延迟剖面，以便抑制因渐变而导致的变化。

就长期延迟剖面而言，可以定义两个不同的剖面。第一个为包络延迟剖面，它基于每个延迟剖面的中值；如图1所示，它表示在所考虑区域中的剖面形态。另一个为基于各延迟剖面上功率平均值的功率延迟剖面。

此外，就长期包络和功率延迟剖面而言，包含离散路径的路径延迟剖面也得到定义，以得出取决于频率带宽的路径数量与路径解析度的差异。



P.1816-01

2 参数

- τ : 超延迟时间, (μs)
- i : 且 $i=0, 1, 2, \dots$ (此处 $i=0$ 指的是不带超延迟时间的第1条到达路径, $i=k$ 指的是 k/B 的超延迟时间(μs)) ;
- $\langle H \rangle$: 平均建筑物高度 (5~50 m: 移动站地平面之上的高度) (m);
- h_b : 基站天线高度 (5~150 m: 移动站地平面之上的高度) (m);
- d : 距基站的距离 (NLoS 环境为 0.5~3 km; LOS 环境则为 0.05~3 km) (km);
- W : 接到宽度 (5~50 m) (m);
- B : 码率 (0.5~50 Mcps) (Mcps) (可从码率 B 转换占用带宽, 并采用基带过滤器);
- f : 载波频率 (0.7~9 GHz) (GHz);
- $\langle R \rangle$: 建筑侧墙的平均功率反射系数, (<1)
- γ_{dB} : 恒定值 (-16 dB--12 dB), (dB)
- γ : $10^{\gamma_{dB}/10}$
- ΔL : 峰值路径功率与截取功率之间的电平差(dB)。

3 城市和郊区NLoS环境的长期延迟剖面

3.1 第一到达路径功率归一化的包络延迟剖面

以下给出了距离 d 处、通过第 1 条到达路径功率归一化并除以时间分辨率 $1/B$ 的包络路径延迟剖面 $PDP_{NLoS,env}(i, d)$:

$$PDP_{NLoS,env}(i, d) = 10^{PDP_{dB}(i,d)/10} \quad (1)$$

其中:

$$PDP_{dB}(i, d) = a(i) \cdot PDP_{high}(i, d) \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

$$PDP_{high}(i, d) = -\{19.1 + 9.68 \log(h_b / \langle H \rangle)\} B^{\{-0.36 + 0.12 \log(h_b / \langle H \rangle)\}} d^{\{-0.38 + 0.21 \log(B)\}} \log(1 + i) \quad (\text{dB}) \quad (2-1)$$

$$a(i) = (0.4 + (1 - 0.4) \exp[-0.2(\langle H \rangle / h_b)^4]) + ((\langle H \rangle / h_b)(1 - \exp[-0.4(\langle H \rangle / h_b)^2]))(i / B) \quad (2-2)$$

以下给出了距离 d 处、通过第 1 条到达路径功率归一化的持续超时间延迟的包络延迟剖面 $PDP_{NLoS,env}(\tau, d)$ 。

$$PDP_{NLoS,env}(\tau, d) = PDP_{NLoS,env}(B\tau, d) \quad (3)$$

在得出等式(3)的过程中, 采用了 $(\tau = i / B \Rightarrow i = B\tau)$ 关系式。

3.2 经首条到达路径功率归一化的功率延迟剖面

以下给出了距离 d 处、经首条到达路径功率归一化并除以时间分辨率 $1/B$ 的功率延迟剖面 $PDP_{NLoS,pow}(i, d)$:

$$PDP_{NLoS,pow}(i, d) = c(i) \cdot 10^{PDP_{dB}(i,d)/10} \quad (4)$$

其中:

$$c(i) = \begin{cases} 1 & (i = 0) \\ \min \left(0.63, \left\{ 0.59 e^{-0.0172 B} + (0.0172 + 0.0004 B) \langle H \rangle \right\} e^{-\{0.077 - 0.00096 B - (0.0014 - 0.000018 B) \langle H \rangle\} i} \right) & (i \geq 0) \end{cases} \quad (5)$$

此处, 最小函数 (x, y) 选择 x 和 y 的最小值。

以下给出了距离 d 处、经首条到达路径功率归一化的持续超时间延迟的功率延迟剖面 $PDP_{NLoS,pow}(\tau, d)$:

$$PDP_{NLoS,pow}(\tau, d) = PDP_{NLoS,pow}(B\tau, d) \quad (6)$$

3.3 实例

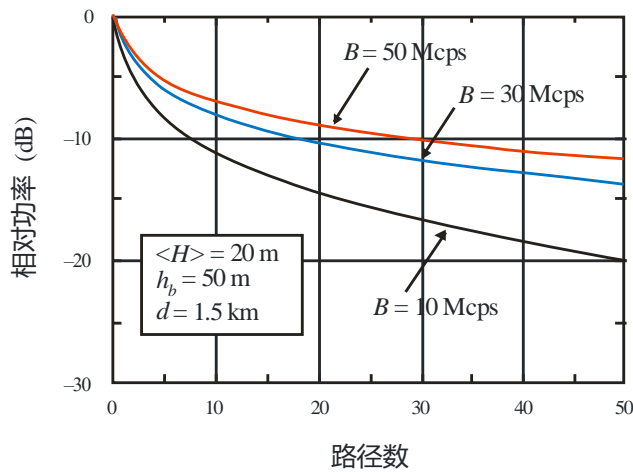
3.3.1 经首个到达路径功率规一化的包络延迟剖面

当基站天线的高度 h_b 、自基站 d 的距离和平均建筑物高度 $\langle H \rangle$ 分别为50 m、1.5 km和20 m时，包络路径延迟剖面 $PDP_{NLoS,env}(i, d)$ 见图2，其参数为码率 B 。

当平均建筑物高度 $\langle H \rangle$ 、自基站 d 的距离和码率 B 分别为20 m、1.5 km和20 Mcps时，包络路径延迟剖面 $PDP_{NLoS,env}(\tau, d)$ 见图3，其参数为基站天线的高度 h_b 。

图 2

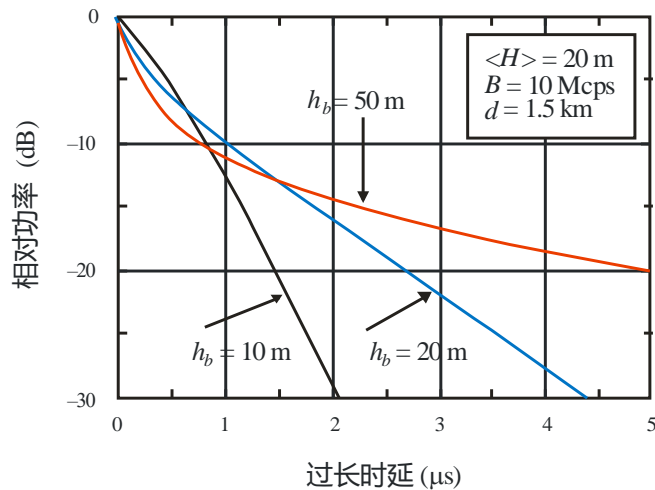
NLoS环境的包络路径延迟剖面 $PDP_{NLoS,env}(i, d)$



P.1816-02

图 3

NLoS环境的包络延迟剖面 $PDP_{NLoS,env}(\tau, d)$



P.1816-03

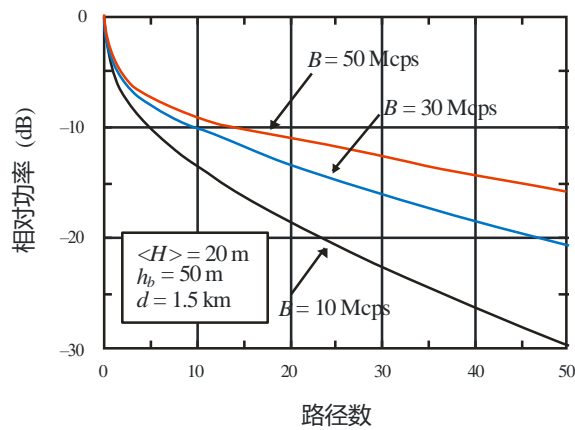
3.3.2 经首个到达路径功率规一化的包络延迟剖面

当基站天线的高度 h_b 、自基站 d 的距离和平均建筑物高度 $\langle H \rangle$ 分别为 50 m、1.5 km 和 20 m 时，功率路径延迟剖面 $PDP_{NLoS, pow}(i, d)$ 见图 4，其参数为码率 B 。

当平均建筑物高度 $\langle H \rangle$ 、自基站 d 的距离和码率 B 分别为 20 m、1.5 km 和 20 Mcps 时，包络路径延迟剖面 $PDP_{NLoS, pow}(\tau, d)$ 见图 5，其参数为基站天线的高度 h_b 。

图 4

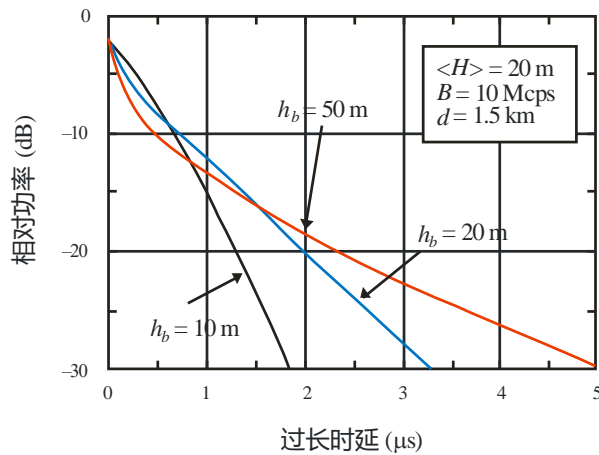
NLoS环境的功率路径延迟剖面 $PDP_{NLoS, pow}(i, d)$



P.1816-04

图 5

NLoS环境的功率路径延迟剖面 $PDP_{NLoS, pow}(\tau, d)$



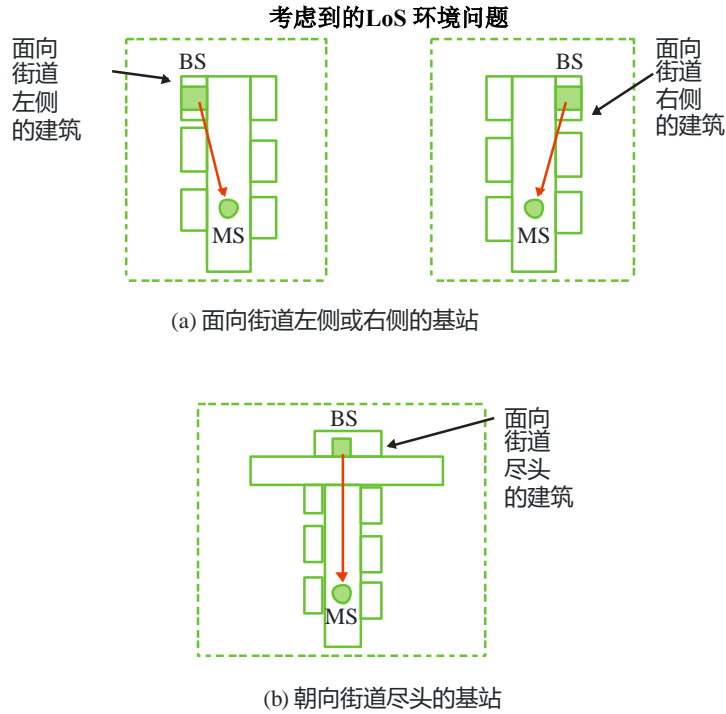
P.1816-05

4 市区和郊区LoS环境的长期延迟剖面

4.1 考虑到的LoS环境

图6显示了考虑到的LoS环境问题。在图6(a)中，BS是位于临街道左侧或右侧建筑的顶部，而MS则位于街道的中段，而且BS可以直接观察到MS。图6(b)中的BS位于朝向接到尽头的建筑的顶部，而MS则位于街道的中段。

图 6



P.1816-06

4.2 经首个到达路径功率归一化的包络延迟剖面

以下给出了距离 d 的首个到达路径功率归一化的包络延迟剖面 $PDP_{LoS,env}(\tau, d)$

a) 面向街道左侧或右侧的基站

$$PDP_{LoS,env}(\tau, d) = \langle R \rangle \left(\frac{\sqrt{1+8(1000d)(300\tau)/W^2}-1}{2} \right) + \gamma \cdot PDP_{NLoS,env}(\tau, d) \quad (7-1)$$

b) 面向街道尽头的基站

$$PDP_{LoS,env}(\tau, d) = \langle R \rangle \sqrt{2(1000d)(300\tau)/W^2} \cdot \left(2 - e^{-5.2(1000d)(300\tau)/W^2} \right) + \gamma \cdot PDP_{NLoS,env}(\tau, d) \quad (7-2)$$

$$\approx \langle R \rangle \left(\frac{\sqrt{1+8(1000d)(300\tau)/W^2}-1}{2} \right) + \gamma \cdot PDP_{NLoS,env}(\tau, d)$$

在这里， $PDP_{NLoS,env}(\tau, d)$ 是等式(3)给出的距离 d 的经首个到达路径功率归一化的NLoS环境包络延迟剖面， γ 是基于城市结构的-12 dB至-16 dB的恒定值。 $\langle R \rangle$ 是建筑边墙的平均功率折射系数，也是0.1至0.5的恒定值。

建议 γ 和 $\langle R \rangle$ 分别为-15 dB 和0.3(-5 dB)，因为要将它们用于平均建筑高度 $\langle H \rangle$ 高于20 m的城市地区。

4.3 经首个到达路径功率归一化的功率延迟剖面

以下给出了距离 d 的经首个到达路径功率归一化的包络延迟剖面 $PDP_{LoS,env}(\tau, d)$ ：

a) 面向街道左侧或右侧的基站

$$PDP_{LoS,pow}(\tau, d) = \langle R \rangle \left(\frac{\sqrt{1+8(1000d)(300\tau)/W^2}-1}{2} \right) + \gamma \cdot PDP_{NLoS,pow}(\tau, d) \quad (8-1)$$

b) 面向街道尽头的基站

$$\begin{aligned} PDP_{LoS,pow}(\tau, d) &= \langle R \rangle^{\sqrt{2(1000d)(300\tau)/W^2}} \cdot \left(2 - e^{-5.2(1000d)(300\tau)/W^2} \right) + \gamma \cdot PDP_{NLoS,pow}(\tau, d) \\ &\approx \langle R \rangle \left(\frac{\sqrt{1+8(1000d)(300\tau)/W^2}-1}{2} \right) + \gamma \cdot PDP_{NLoS,pow}(\tau, d) \end{aligned} \quad (8-2)$$

在这里， $PDP_{NLoS,pow}(\tau, d)$ 是等式(6)给出的距离 d 的经首个到达路径功率归一化的NLoS环境包络延迟剖面， γ 是基于城市结构的-12 dB至-16 dB的恒定值。 $\langle R \rangle$ 是建筑边墙的平均功率折射系数。

建议在平均建筑高度 $\langle H \rangle$ 高于20 m的城市地区， γ 和 $\langle R \rangle$ 分别为-15 dB 和 0.3(-5 dB)。

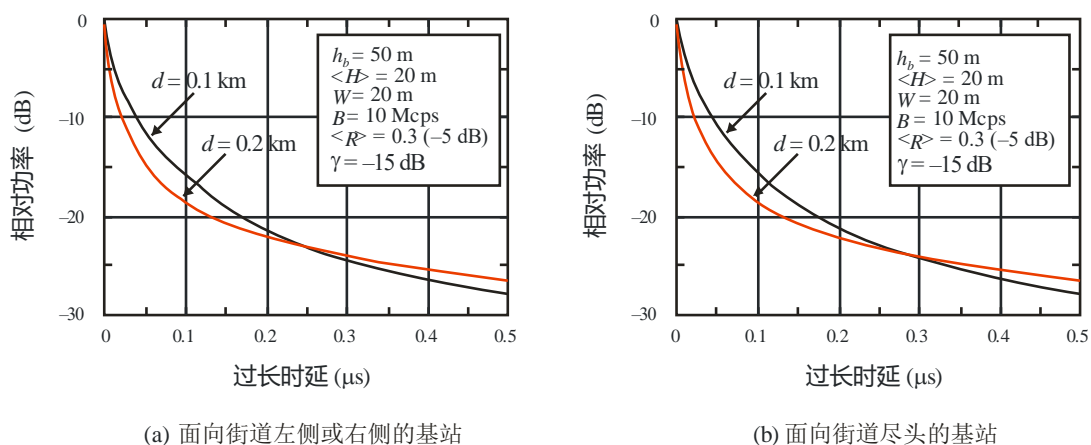
4.4 实例

4.4.1 经首个到达路径功率归一化的包络延迟剖面

当基站天线高度 h_b 、楼宇平均高度 $\langle H \rangle$ 、码率 B 、 γ 和 $\langle R \rangle$ 分别为50 m、20 m、10 Mcps、-15 dB和 0.3 (-5 dB)，包络延迟剖面 $PDP_{LoS,env}(\tau, d)$ 遵循图7所示的剖面，其中的参数为自基站的距离 d 。

图7

用于LoS环境的
包络延迟剖面 $PDP_{LoS,env}(\tau, d)$



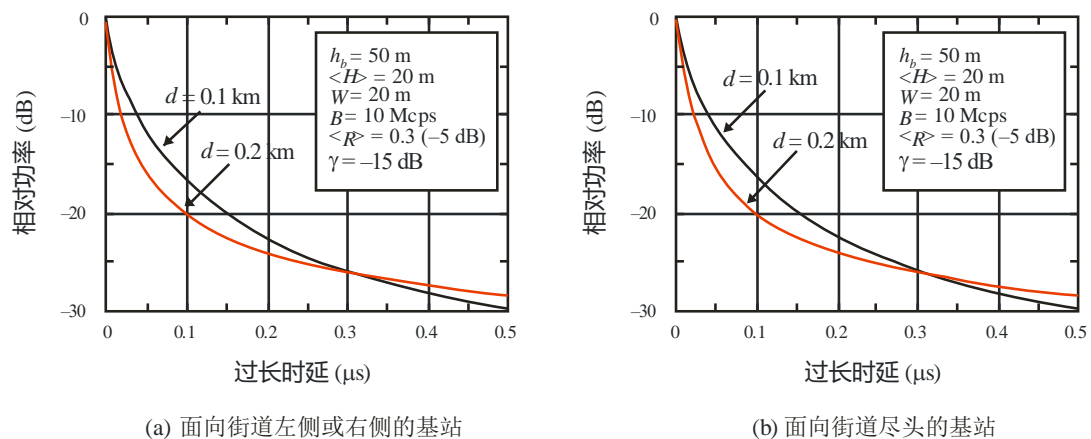
P.1816-07

4.4.2 经首个到达路径功率归一化的功率延迟剖面

当基站天线高度 h_b 、楼宇平均高度 $\langle H \rangle$ 、码率 B 、 γ 和 $\langle R \rangle$ 分别为50 m、20 m、10 Mcps、-15 dB和0.3 (-5 dB)功率延迟剖面 $PDP_{LoS,pow}(\tau, d)$ 遵循图8所示的剖面，其中的参数为自基站的距离 d 。

图8

用于LoS环境的功率延迟剖面 $PDP_{LoS,pow}(\tau, d)$



P.1816-08

附件2

1 引言

ITU-R P.1407建议书对到达角剖面的重要性作了如下叙述。

在控制数字移动通信质量中，多径传播特性是一个主要的因素。物理上，多径传播特性意味着多径的数量、幅值、路径长度差异（延迟）以及到达角。这些可以由传播路径（幅频特性）的传递函数和相关带宽来描述。

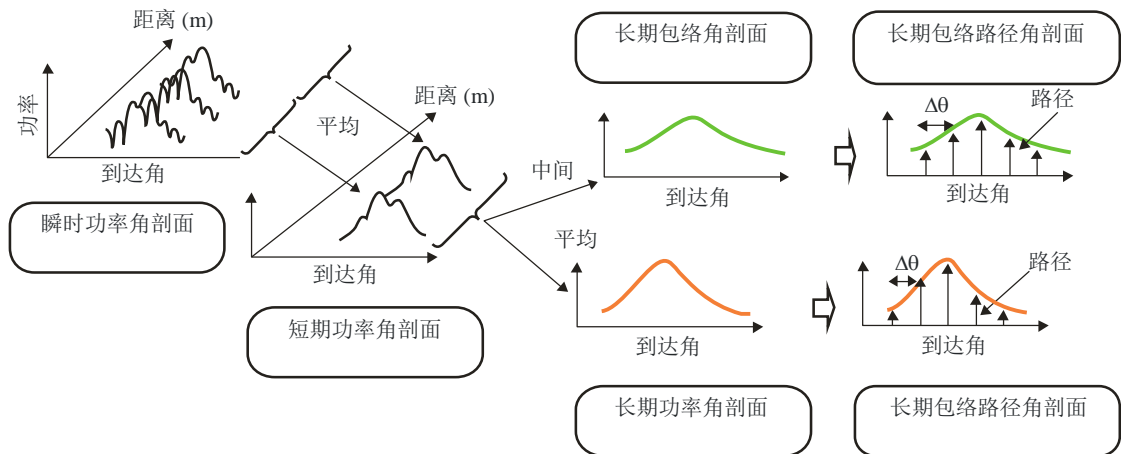
如上所述，到达角剖面是用于评估多径特性的一个基本参数。一旦构建了剖面模型，那么就可从剖面获得如到达角扩展和空间相关距离等多径参数。

与路径环境有关的传播参数影响着剖面形态。一个剖面由多个具有不同幅度和不同到达角的波组成。众所周知，具有大到达角的波具有低振幅，原因是其传播路径长。基站处的平均到达角剖面（长期到达角剖面）大约为上述文献中所述的高斯（Gaussian）函数或拉普拉斯（Laplacian）函数（两侧均为指数）。

ITU-R P.1407建议书定义了各种到达角剖面及其处理方法。图9显示了参照ITU-R P.1407建议书定义的基站的到达角剖面。瞬时功率延迟剖面是一时一地的脉冲响应功率密度。通过在空间上对数十个波长上的瞬时功率延迟剖面求平均可获得短期功率延迟剖面，以便抑制快速衰减的变化；在距BS大致相同的距离上，通过在空间上对短期功率延迟剖面求平均可获得长期功率延迟剖面，以便抑制因渐变而导致的变化。

图9

基站的到达角剖面



2 参数

- h_b : 基站天线高度 (20-150 m: 移动站地平面之上的高度), (m)
 $\langle H \rangle$: 平均建筑物高度 (5~50 m: 移动站地平面之上的高度), (m)
 d : 距基站的距离 (0.5-3公里用于NLoS环境, 0.05-3公里用于LoS环境), (km)
 W : 街道宽度 (5-50m)
 B : 码率(0.5-50 Mcps)(Mcps)
 (可从码率 B 和使用的基带过滤器转换占用带宽)
 f : 载频 (0.7-9 GHz), (GHz)
 $\langle R \rangle$: 建筑侧墙平均功率反射系数 (< 1)
 γ_{dB} : 恒定值 (-16 dB-12 dB) (dB)
 γ : $10^{\gamma_{dB}/10}$
 ΔL : 峰值路径功率和截止功率间的电平差, (dB)

3 城市和城郊地区用于NLoS环境基站的长期方位到达角剖面

3.1 经最大路径功率归一化的基站到达角剖面

以下给了经距离 d 的最大路径功率归一化的基站功率方位到达角剖面 $AOD_{NLoS, pow}(\Delta\theta, d)$:

$$AOD_{NLoS, pow}(\Delta\theta, d) = \left(1 + \frac{|\Delta\theta|}{a(d)}\right)^{-\beta(d)} \quad (9)$$

其中:

$$a(d) = -0.2d + 2.1 \left\{ \left(\frac{\langle H \rangle}{h_b} \right)^{0.23} \right\} \quad (10)$$

$$\beta(d) = (-0.015 \langle H \rangle + 0.63)d - 0.16 + 0.76 \log(h_b)$$

基站的 $\text{最大方位到达角} a_M$ (度) 表示如下:

$$a_M = -\zeta \cdot d + \eta \quad (11)$$

当 ζ 和 η 为恒定值并表示为基站天线高度 h_b 、平均建筑高度 $\langle H \rangle$ 和门限电平 ΔL (dB) 的函数时, 可写作:

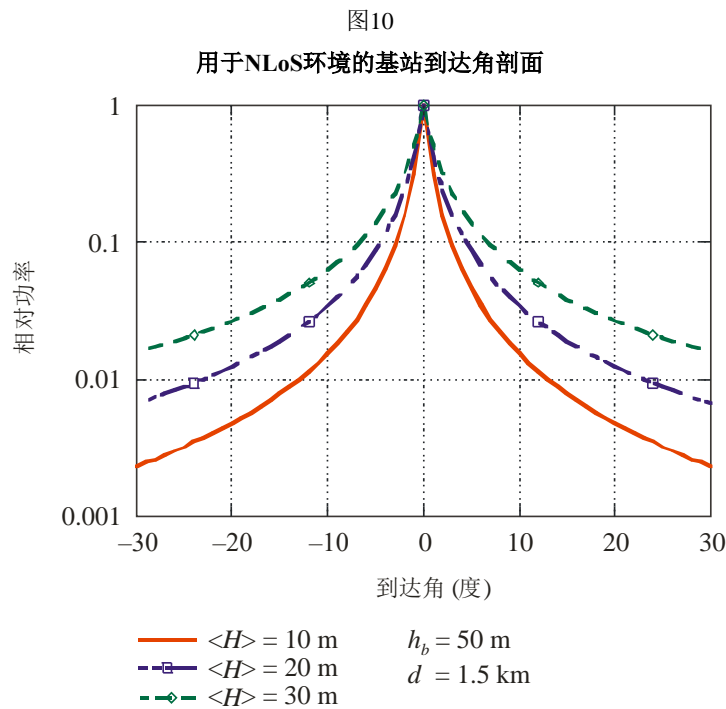
$$\zeta = \begin{cases} (-7.67 + 0.98\Delta L) \cdot \exp\left(\frac{\langle H \rangle}{h_b} \cdot (2.66 - 0.18\Delta L)\right) & (\Delta L \leq 15) \\ 7 & (\Delta L > 15) \end{cases} \quad (12)$$

$$\eta = (-35.8 + 41.1 \log(\Delta L)) \cdot \exp\left(\frac{\langle H \rangle}{h_b} \cdot (1.76 - 0.034\Delta L)\right)$$

根据经验研究结果，等式(9)用于0.7 GHz和9 GHz之间的载频。

3.2 实例

当基站天线高度 h_b 和距基站的距离 d 分别为50 m和1.5 km时，NLoS环境的基站功率方位到达角剖面 $AOD_{NLoS, pow}(\Delta\theta, d)$ 见图10，其中的参数为平均建筑高度 $\langle H \rangle$ 。



P.1816-10

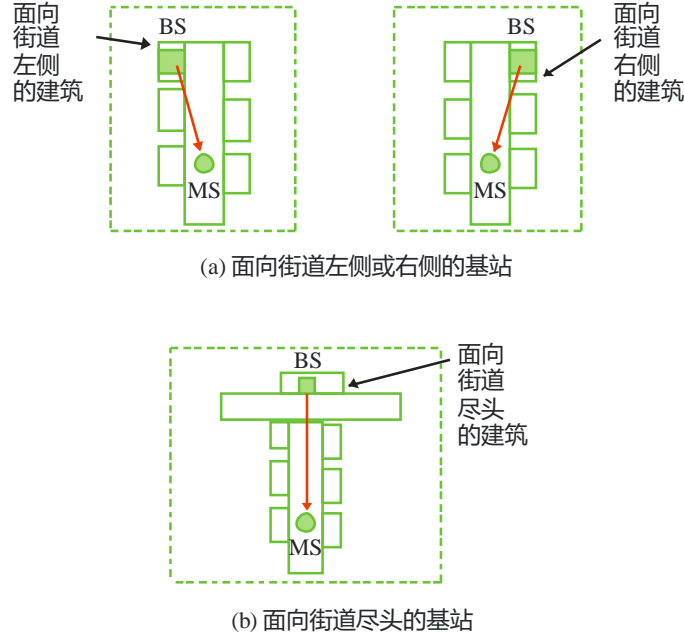
4 用于城市和城郊地区LoS环境的基站长期方位到达角剖面

4.1 考虑到的LoS环境

图11显示了得到考虑的LoS环境。在图11(a)中，基站被设置在面对街道左侧或右侧的大楼顶部，而移动基站则设在街道的中段；基站与移动基站处于直线视距内。在图11(b)中，基站大约设在面对街道尽头的大楼顶部，而移动基站则设在街道中段。

图11

考虑到的LoS环境



P.1816-11

4.2 经最大路径功率归一化的基站到达角剖面

以下给出了经距离 d 的最大路径功率归一化的基站功率方位到达角剖面 $PDP_{LoS,env}(\tau, d)$:

a) 面向街道左侧或右侧的基站

i) 面向街道右侧的基站见图11(a)

$$AOD_{LoS,pow}(\Delta\theta, d) = \begin{cases} \gamma \cdot AOD_{NLoS,pow}(\Delta\theta, d) & (\Delta\theta \geq 0) \\ \langle R \rangle^{1000d|\Delta\theta|\pi/(180W)} + \gamma \cdot AOD_{NLoS,pow}(\Delta\theta, d) & (\Delta\theta < 0) \end{cases} \quad (13-1)$$

ii) 面向街道左侧的基站见图11(a)

$$AOD_{LoS,pow}(\Delta\theta, d) = \begin{cases} \langle R \rangle^{1000d|\Delta\theta|\pi/(180W)} + \gamma \cdot AOD_{NLoS,pow}(\Delta\theta, d) & (\Delta\theta \geq 0) \\ \gamma \cdot AOD_{NLoS,pow}(\Delta\theta, d) & (\Delta\theta < 0) \end{cases} \quad (13-2)$$

b) 面向街道尽头的基站

$$AOD_{LoS,pow}(\Delta\theta, d) = \langle R \rangle^{1000d|\Delta\theta|\pi/(180W)} + \gamma \cdot AOD_{NLoS,pow}(\Delta\theta, d) \quad (13-3)$$

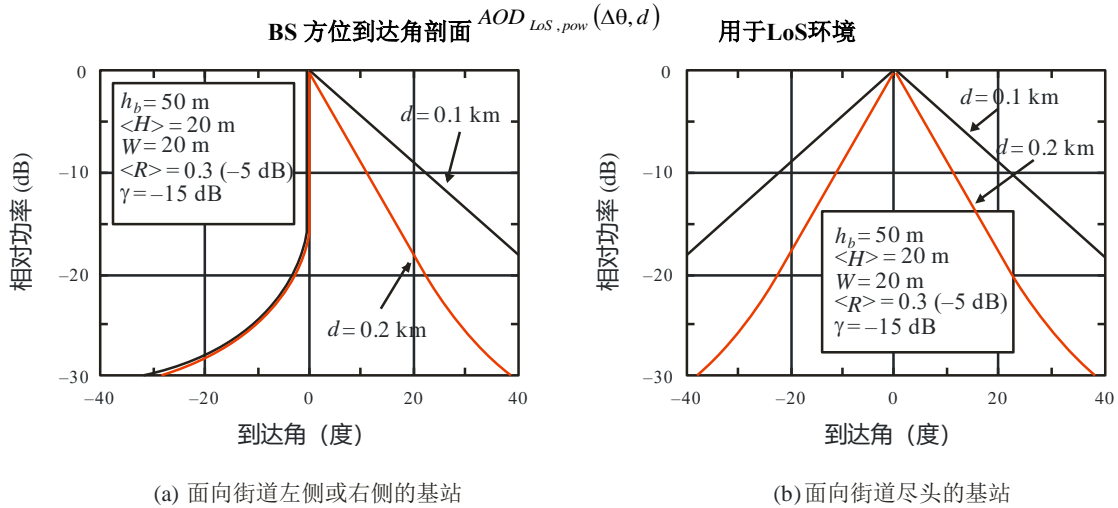
在这里, $AOD_{NLoS,pow}(\Delta\theta, d)$ 是等式 (9) 给出的距离 d 的最大路径功率归一化的NLoS环境基站的方位到达角剖面, γ 是基于城市结构的 -12 dB至 -16 dB的恒定值。 $\langle R \rangle$ 是建筑边墙的平均功率折射系数, 其恒定值为0.1至0.5。请注意, 等式(13-1)和(13-2)的基站到达角是完全对称的。

建议在平均建筑高度 $\langle H \rangle$ 高于20 m的城市地区， γ 和 $\langle R \rangle$ 分别为-15 dB和0.3 (-5 dB)。

4.3 实例

当基站天线高度 h_b 、楼宇平均高度 $\langle H \rangle$ 和街道宽度分别为50 m、30 m、20 m，而 $\langle R \rangle$ 和 γ 分别为0.3 (-5 dB) 和-15 dB时，图11的LoS情况下的功率到达角剖面 $AOD_{LoS, pow}(\Delta\theta, d)$ 见图12，其中的参数为自基站的距离 d 。

图12



P.1816-12

5 城市和城郊地区用于NLoS环境基站的长期到达仰角剖面

5.1 参数

d : 到BS的距离 (0.2-3 公里用于NLoS 环境), (公里)

其他参数同第2段。

5.2 经最大路径功率归一化的基站到达角剖面

以下给出了经距离 d 的最大路径功率归一化的基站功率方位到达角剖面

$AOD_{NLoS, pow}^V(\Delta\theta_V, d)$:

$$AOD_{NLoS, pow}^V(\Delta\theta_V, d) = \text{Exp}[-|\Delta\theta_V| / \sigma_V(d)] \tag{14}$$

其中:

$$\sigma_V(d) = \frac{(h_b - \langle H \rangle) \cdot k_x}{(h_b - \langle H \rangle)^2 + (1000d)^2} \cdot \left(\frac{180}{\pi}\right) \quad (h_b \gg \langle H \rangle) \tag{15-1}$$

$$k_x = \begin{cases} 320 \cdot \left(\frac{h_b}{\langle H \rangle} \right)^{-1.14} & (\Delta\theta_V < 0) \\ 59 \cdot \left(\frac{h_b}{\langle H \rangle} \right)^{-0.56} \cdot \left\{ 1 + 5.5 \cdot \text{Exp} \left[- \left(\left(\frac{h_b}{\langle H \rangle} \right) - 1 \right)^{1.4} \right] \right\} & (\Delta\theta_V \geq 0) \end{cases} \quad (15-2)$$

另一方面，如果要精确估计到达仰角剖面数据，必须考虑基站天线的天线垂直方向性 $G^V(\Delta\theta_V)$ 。

考虑基站天线的天线垂直方向性 $G^V(\Delta\theta_V)$ 的基站天线 $AOD_{NLoS,pow}^{V,ant}(\Delta\theta_V, d)$ ，功率到达仰角剖面可以给出如下：

$$AOD_{NLoS,pow}^{V,ant}(\Delta\theta_V, d) = \int_{-\pi}^{\pi} G^V(\Theta) \cdot AOD_{NLoS,pow}^V(\Delta\theta_V - \Theta, d) d\Theta \quad (16)$$

$AOD_{NLoS,pow}^{V,ant}(\Delta\theta_V, d)$ 也大致由拉普拉斯函数给出如下：

$$AOD_{NLoS,pow}^{V,ant}(\Delta\theta_V, d) = \text{Exp}[-|\Delta\theta_V| / \sigma_V^{ant}(d)] \quad (17)$$

其中：

$$\sigma_V^{ant}(d) = \sqrt{\sigma_V^2(d) + \sigma_{vant}^2 / 2} \quad (18)$$

此处 σ_{vant} 是天线垂直方向性 $G^V(\Delta\theta_V)$ 的标准偏差。

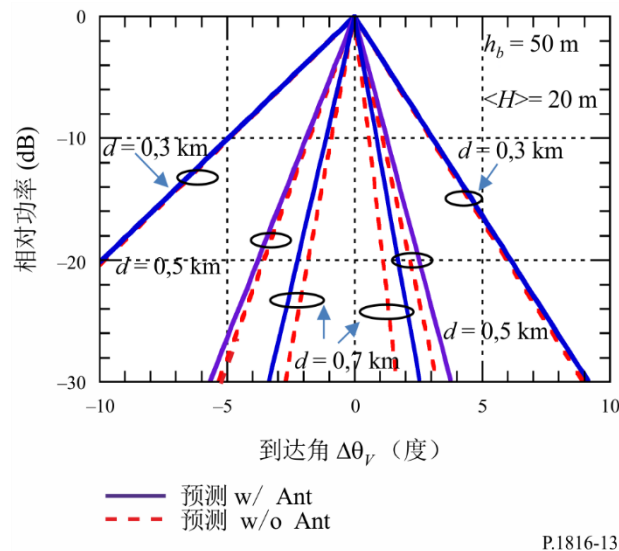
5.3 实例

当天线高度 h_b 为 50 米，平均楼高 $\langle H \rangle$ ，为 20 米且天线 σ_{vant} 为 0.5 度时，用于 NLoS 环境基站的功率到达仰角剖面 $AOD_{NLoS,pow}^V(\Delta\theta_V, d)$ 和 $AOD_{NLoS,pow}^{V,ant}(\Delta\theta_V, d)$ 见图 13，其中参数为距基站 d 的距离。

图 13

用于NLoS环境基站的预测到达仰角

剖面 $AOD_{NLoS,pow}^v(\Delta\theta_v, d)$ 和 $AOD_{NLoS,pow}^v(\Delta\theta_v, d)$ 实例



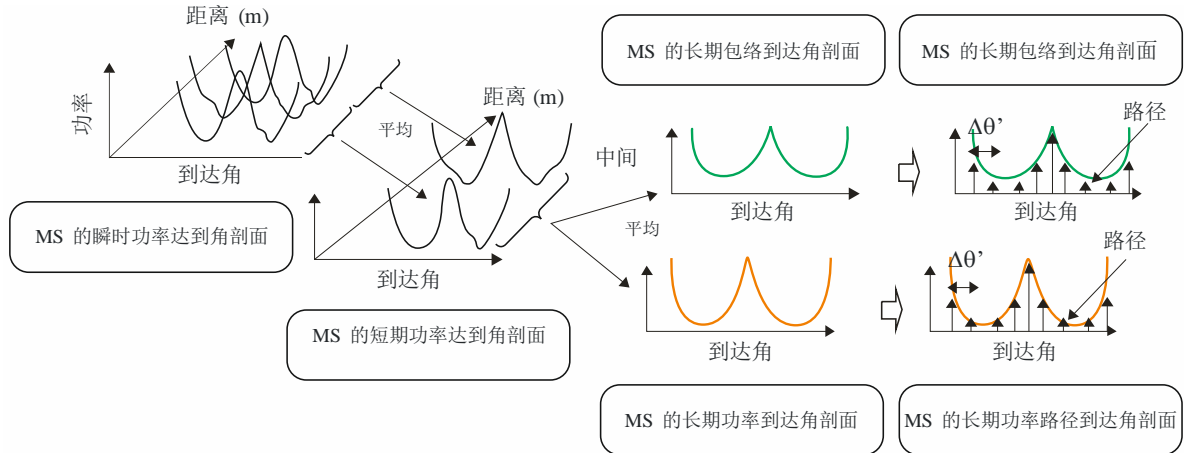
附件3

1 引言

移动基站（MS）的到达角剖面是参照ITU-R P.1407建议书定义的，见图13。瞬时功率到达角剖面是有关一时一地到达角的脉冲响应功率密度。可通过对数十个波长上瞬时功率到达角剖面进行空间平均得出短期功率到达角剖面，以消除快速衰减引起的变化；可通过在大约距基站（BS）相同距离对短期功率到达角剖面进行空间平均得出长期功率到达角剖面，以消除遮蔽引起的变化。

图14

移动基站的到达角剖面



P.1816-14

2 参数

- h_b : 基站天线高度 (5-150 m: 移动站地平面之上的高度), (m)
- $\langle H \rangle$: 平均建筑物高度 (5~50 m: 移动站地平面之上的高度), (m)
- d : 距基站的距离 (0.5-3 km), (km)
- W : 街道宽度 (5-50m)
- B : 芯片速率 (0.5-50 Mcps) (Mcps)
(可从码率 B 和使用的基带过滤器转换占用带宽)
- f : 载频(0.7-9 GHz), (GHz)
- Θ : 道路角度 (0-90度: 移动基站和道路走向之间形成的锐角), (度)
- h_s : 道路旁建筑平均高度 (4-30m), (m)
- φ' : 到达角 (-180-180度: 当道路角设置在0度时的到达角), (度)
- $\langle R \rangle$: 建筑物侧墙的平均功率反射系数 (<1)
- γ_{dB} : 恒定值 (-16 dB - -12 dB), (dB)
- γ : $10^{\gamma_{dB} / 10}$

3 NLoS环境和城郊地区移动基站的长期到达角剖面

3.1 移动基站的到达角剖面

以下给出了移动基站的功率到达角剖面 $AOA_{NLoS, pow}(\varphi')$:

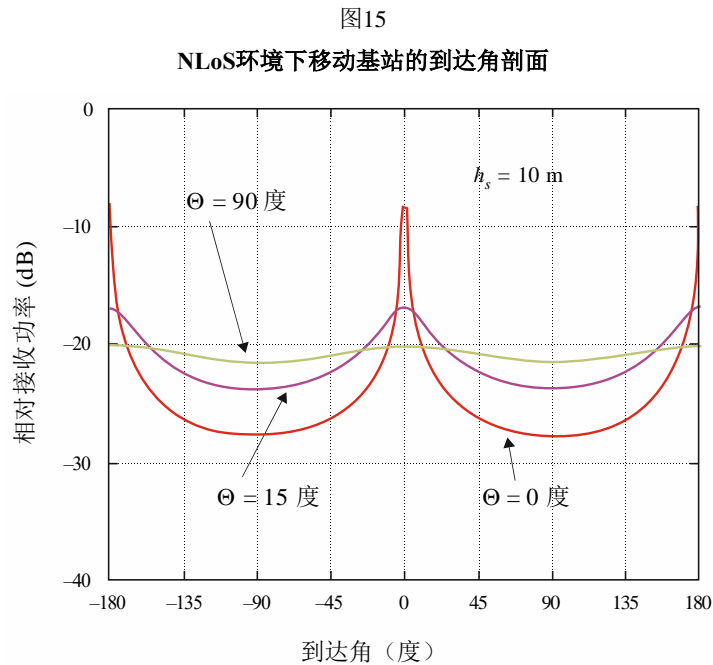
$$AOA_{NLoS, pow}(\varphi') = \frac{1}{\sqrt{\cos\left(\varphi' \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2 + \sin\left(\varphi' \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2 / \eta^2}} \quad (19)$$

其中：

$$\eta = \text{Min} \left(1, \left[2.6 / h_s^{0.5} \cdot \{1 - \exp(-0.03 \cdot \Theta)\} + 0.05 \right]^{1.5} \right) \quad (20)$$

3.2 实例

当沿道路建筑的平均高度 h_s 为10m时，移动基站的功率到达角剖面 $AOA_{NLoS, pow}(\varphi')$ 见图15，其中的参数为道路角 Θ 。

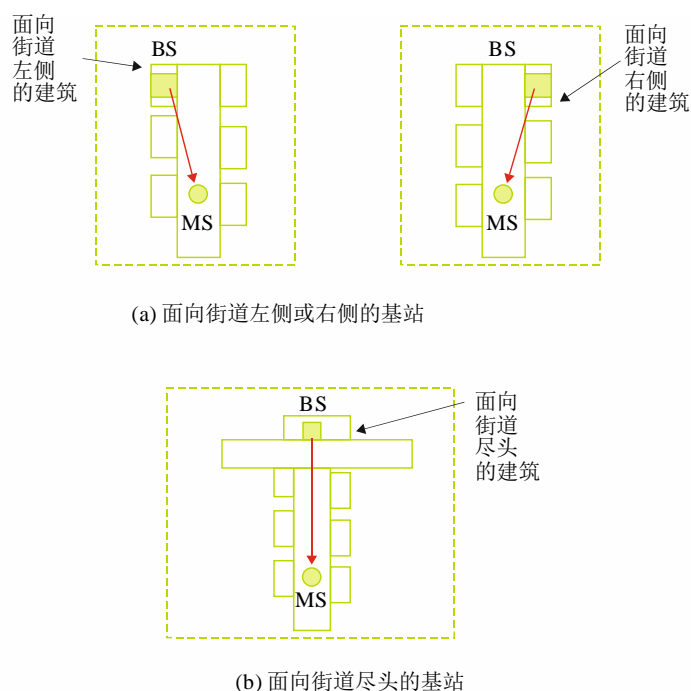


4 用于城市和城郊地区LoS环境的基站长期到达角剖面

4.1 考虑到的LoS环境

图16显示了得到考虑的LoS环境。在图16(a)中，基站被设置在面对街道左侧或右侧的大楼顶部，而移动基站则设在街道的中段；基站与移动基站处于直线视距内。在图16(b)中，基站大约设在面对街道尽头的大楼顶部，而移动基站则设在街道中段。

图16
考虑到的LoS环境



P.1816-16

4.2 经最大路径功率归一化的基站到达角剖面

以下给出了基站功率到达角剖面， $AOA_{LoS,pow}(\varphi', d)$ ：

a) 面向街道左侧或右侧的基站

i) 面向街道右侧的基站见图16(a)

$$AOA_{LoS,pow}(\varphi', d) = \begin{cases} \langle R \rangle^{1000 d |\varphi'| \pi / (180 W)} + \gamma \cdot AOA_{NLoS,pow}(\varphi') & (\varphi' \geq 0) \\ \langle R \rangle^{(1000 d |\varphi'| \pi / (180 W))^{-1}} + \gamma \cdot AOA_{NLoS,pow}(\varphi') & (\varphi' < 0) \end{cases} \quad (21-1)$$

ii) 面向街道左侧的基站见图15(a)

$$AOA_{LoS,pow}(\varphi', d) = \begin{cases} \langle R \rangle^{(1000 d |\varphi'| \pi / (180 W))^{-1}} + \gamma \cdot AOA_{NLoS,pow}(\varphi') & (\varphi' \geq 0) \\ \langle R \rangle^{1000 d |\varphi'| \pi / (180 W)} + \gamma \cdot AOA_{NLoS,pow}(\varphi') & (\varphi' < 0) \end{cases} \quad (21-2)$$

b) 面向街道尽头的基站

$$AOA_{LoS,pow}(\varphi', d) = \langle R \rangle^{1000 d |\varphi'| \pi / (180 W)} + \gamma \cdot AOA_{NLoS,pow}(\varphi') \quad (21-3)$$

在这里， $AOA_{NLoS,pow}(\varphi', d)$ 是等式(19)给出的距离d的最大路径功率归一化的NLoS环境基站的到达角剖面， γ 是基于城市结构的-12 dB至-16 dB的恒定值。 $\langle R \rangle$ 是建筑边墙的平均功率折射系数，其恒定值为0.1至0.5。请注意，等式(21-1)和(21-2)的基站到达角是完全对称的。

建议在平均建筑高度 $\langle H \rangle$ 高于20 m的城市地区， γ 和 $\langle R \rangle$ 分别为-15 dB和0.3（-5 dB）。

4.3 实例

当路旁建筑物平均高度为 h_s 、道路角度 Θ 和街道宽度 W 分别为10 m、0度和20 m，而 $\langle R \rangle$ 和 γ 分别为0.3（-5 dB）和-15 dB时，图16的LoS情况下的功率到达角剖面 $AOA_{LoS, pow}(\varphi', d)$ 见图17，其中的参数为自基站的距离 d 。

图17

用于LoS环境的基站到达角 $AOA_{LoS, pow}(\Delta\theta, d)$

