

## ITU-R F.2086 报告\*

固定业务中的宽带无线接入的技术和  
操作特性及应用

(2006 年)

## 目 录

	页码
1 引言 .....	2
2 范围 .....	2
3 参考文献 .....	2
4 缩写词和首字母缩略语 .....	3
5 应用和业务 .....	5
6 特性 .....	5
6.1 工作频率范围 .....	5
6.2 频谱利用效率 (SUE) .....	6
6.3 拓扑结构 .....	7
6.3.1 P-P 的部署拓扑 .....	8
6.3.2 P-MP 的部署拓扑 .....	8
6.3.3 MP-MP 的部署拓扑 .....	8
6.3.4 P-P、P-MP 和 MP-MP 部署拓扑的组合 .....	10
6.4 天线 .....	10
6.5 双工 .....	10
6.6 部署的类型 .....	11
6.6.1 视距 (LoS) 工作 .....	11
6.6.2 非视距 (NLoS) 工作 .....	11
6.6.3 平面部署 .....	11
6.6.4 点部署 .....	14
6.6.5 回程部署 .....	14
6.6.6 组合部署 .....	14
6.7 传送特性 .....	14
6.7.1 业务独立性 .....	14
6.7.2 业务支持 .....	14
6.7.3 灵活的不对称性 .....	15

6.7.4	每用户速率自适应 .....	16
6.7.5	吞吐量 .....	16
6.7.6	可量测性 .....	16
6.7.7	无线专用的安全性 .....	16
6.8	系统管理功能 .....	16
6.9	干扰减轻 .....	16
6.9.1	干扰类型 .....	16
6.9.2	干扰减轻技术 .....	17
6.9.3	干扰减轻技术的应用 .....	18
6.10	系统的新技术支持 .....	18
附件 1	— 一个具体的 BWA 应用的例子 .....	20

## 1 引言

本报告提供了固定业务中的宽带无线接入（BWA）系统的特性和应用，给想要部署 BWA 系统的主管部门和运营商使用。BWA 系统包含 RLAN 的固定业务应用，它们正广泛应用于便携的、游牧的和固定的设备，并广泛应用于各种各样的业务。已有了论述这些系统的互操作性和工作的标准。ITU-R F.1763 建议书和 ITU-R F.1499 建议书提供了用于固定 BWA 系统的无线接口标准，它们对工作于 66 GHz 以下的无线电设备的互操作性规定了详尽的接口。

## 2 范围

本报告汇总了为给端用户提供包括 RLAN 在内的固定业务中的 BWA 系统所必须的通用技术特性和操作特性。它包含关于该频率范围所要考虑的技术问题以及与部署 BWA 有关的无线电传播特性。还给出了与避免干扰有关的技术和工作要求方面的资料。

## 3 参考文献

- [1] Recommendation ITU-R F.1490 – Generic requirements for fixed wireless access systems.
- [2] ETSI TR 101 856 V1.1.1 (2001-03), Broadband Radio Access Networks (BRAN) – “Functional Requirements for Fixed Wireless Access systems below 11 GHz: HIPERMAN.
- [3] IEEE 802.16.3-00/02r4, 22.09.2000, – Functional Requirements for the 802.16.3 Interoperability Standard.
- [4] Recommendation ITU-R F.1704 – Characteristics of multipoint-to-multipoint fixed wireless systems with mesh network topology operating in frequency bands above about 17 GHz.

- [5] Recommendation ITU-R F.1401 – Considerations for the identification of possible frequency bands for fixed wireless access and related sharing studies.
- [6] Recommendation ITU-R F.755 – Point-to-multipoint systems in the fixed service.
- [7] Recommendation ITU-R F.1400 – Performance and availability requirements and objectives for fixed wireless access to public switched telephone network.
- [8] Recommendation ITU-R M.1450 – Characteristics of broadband radio local area networks.
- [9] Recommendation ITU-R F.1763 – Radio interface standards for broadband wireless access systems in the fixed service operating below 66 GHz.
- [10] Recommendation ITU-R F.1399 – Vocabulary of terms for wireless access.
- [11] Recommendation ITU-R F.1499 – Radio transmission systems for fixed broadband wireless access based on cable modem standards.
- [12] Recommendation ITU-R SM.1046 – Definition of spectrum use and efficiency of a radio system.
- [13] ETSI TS 101 999 V1.1.1 (2002-04) – Broadband Radio Access Networks (BRAN); HiperACCESS; PHY (Physical Layer) protocol specification.
- [14] ETSI TS 102 000 V1.4.1 (2004-07) – Broadband Radio Access Networks (BRAN); HiperACCESS; DLC (Data Link control) protocol specification.
- [15] Draft ETSI EN 302 326 (V0.0.8 2004-10) – Fixed Radio Systems; Multipoint equipment and antennas.
- [16] ARIB STANDARD STD-T59 – Fixed Wireless Access System using quasi-millimeter-wave and millimeter-wave band frequencies, Point-to-multipoint System  
([http://www.arib.or.jp/english/html/overview/st\\_e.html](http://www.arib.or.jp/english/html/overview/st_e.html)).
- [17] Report ITU-R F.2060 – Fixed service use in the IMT-2000 transport network.
- [18] Recommendation ITU-R F.746 – Radio-frequency arrangements for fixed service systems.
- [19] Report ITU-R F.2058 – Design techniques applicable to broadband fixed wireless access systems conveying Internet Protocol packets or asynchronous transfer mode cells;
- [20] Report ITU-R F.2047 – Technology developments and application trends in the fixed service.
- [21] ITU-R Handbook on Fixed Wireless Access: (Volume 1 of the Land Mobile (including Wireless Access)).

#### 4 缩写词和首字母缩略语

AP	接入点
APS	天线方向性图成形
ARIB	无线电工业和商业联合会
ATM	异步传送模式
BEM	频块边缘掩模
BER	比特差错率
BRAN	宽带无线接入网 (ETSI)
BS	基站
BWA	宽带无线接入
CDMA	码分多址
C/I	载波干扰比
Diffserv	差别服务

DL	下行链路
DLC	数据链路控制
ETSI	欧洲电信标准委员会
FDD	频分双工
FSK	频移键控
FWA	固定无线接入
GPS	全球定位系统
H-FDD	半双工 FDD
HIPERMAN	高性能无线城域网
IEEE	电气电子工程师协会
ISI	符号间干扰
IP	网际协议
ISP	互联网服务提供商
LAN	局域网
LoS	视距
MA	多址
MAN	城域网
MIMO	多输入多输出
MPEG 4	第 4 移动图像专家组
MP-MP	多点对多点
MPLS	多协议标签交换
MUD	多用户检测
NLOS	非视距
OFDM	正交频分复用
OFDMA	正交频分多址
PoI	接口点
P-P	点对点
P-MP	点对多点
QAM	正交幅度调制
QoS	服务质量
RLAN	无线局域网
RSVP	资源保留协议
SDH	同步数字系列
SLA	业务级别协议
SME	中小企业
SINR	信号与干扰加噪声之比
SNMP	简单网络管理协议
SOHO	小办公室家庭办公室
ST	用户终端
SU	用户单元

TCP/IP	传输控制协议/网际协议
TDD	时分复用
UL	上行链路
VoIP	在网际协议上的话音，即 IP 电话
WAN	广域网
WAS	无线接入系统

## 5 应用和业务

在固定业务中工作的 BWA 系统应该支持现在正在使用的范围广泛的应用并且应该是可以扩充的，以便支持将来的业务。今天可以预见的主要的用户应用如下：

- 互联网接入（例如 IP 版本 4 和 6）
- LAN 跨接和遥控 LAN 接入  
该协议可能支持跨接的 LAN 业务和遥控 LAN 接入的能力。
- 可视电话和电视会议
- 计算机游戏
- 实时图像和声音
- 远程医疗；远程教育
- 电话/话音业务（例如 VoIP）
- 话音频带调制解调和传真  
该系统可以促进单播、多播和广播业务。

固定 BWA 系统也能够用来为局域网（LAN）、城域网（MAN）和蜂窝移动网以及同步数字系列（SDH）提供回程链路。

## 6 特性

下面各项论述部署固定业务中的 BWA 系统的某些特点。所要使用的频带在每一国家中可能有变化；为了重复使用频率和设备生产有适当规模，应该考虑适当的频率规划和设备的可用性。

对 BWA 的部署，还应该特别考虑促进频谱有效利用、提高所提供的服务质量（QoS）和使用新技术的某些特性。

### 6.1 工作频率范围

固定 BWA 系统应该在宽的频率范围内进行工作，以便与每一国家可以应用的各种频带相一致。ITU-R F.1401 建议书可以用作确定 BWA 可能使用的频带和相关的频率共用研究时考虑问题的指导。

表 1 提供了关于某些主管部门用于无线接入系统（WAS）（包括 BWA 和 RLAN）的频带的补充细节。BWA 系统能够使用各种各样的调制和多址技术。

表 1  
某些主管部门用于 WAS（包括 BWA 和 RLAN 的典型频率范围\*

频    率	频率范围/频带
UHF  (300-3 000 MHz)	800/900 MHz
	902-928 MHz
	1 800/1 900 MHz
	2 400-2 483.5 MHz
SHF  (3-30 GHz)	3.3-3.9 GHz
	4.9-5.0 GHz
	5.150-5.250 GHz
	5.250-5.350 GHz
	5.470-5.725 GHz
	5.725-5.850 GHz
	18 GHz
EHF  (30-300 GHz)	24/25/28/29 GHz
	32 GHz
	38 GHz
	40 GHz

\* 根据《无线电规则》（RR）第 5 条，这些频带不一定分配给固定业务，例如，可能还包括在移动业务中的固定应用。

每一 BWA 系统一般设计成能够利用特定的信道间隔和信道带宽，而信道间隔和信道带宽取决于所利用的标准或各个生产厂家的设计。然而，不同的 BWA 系统可以用不同的信道间隔进行设计，而且部署时要用不同的基站分扇区方案，以支持在可用的有许可证的频带或频块内有效地利用频谱。

关于包括 BWA 系统在内的固定无线接入的射频配置方案，也可以使用其它建议书（例如 ITU-R F.746 建议书）作为指导。

6.2 频谱利用效率（SUE）

关于 SUE 的资料、包括评估和比较频谱效率的通用准则可以在 ITU-R SM.1046 建议书找到。无线电通信第 1 研究组（SG1）承担的和在 ITU-R SM.1046 建议书中提到的研究表明，SUE 应该用在一个距离上所传送的信息量与频谱利用因子的比值来衡量。确定频谱有效利用的因素包括由天线方向性得到的隔离、地理上的间距、频率共用或正交频率使用和时间共享或时间分开。

决定占用带宽<sup>1</sup>的因素之一是频谱成形/滤波的特性。设备应该能够在共站放置多个接入点和使用相邻信道时，在容量上几乎不下降的前提下，有效地使用频谱。

<sup>1</sup> 频带宽度是这样来确定的，在频率下限以下和频率上限以上，每一边所发射的平均功率等于一给定发射的总平均功率的规定的百分数 $\beta/2$ （在《无线电规则》第 1.153 款中规定）。

为了达到上述要求，当给不同的运营商指定使用相邻的信道或相邻的频块时，要求离边界频率有某些保护带。这样一个方法有调整能够在每一个有许可证的频带中使用的载波间隔 BW 的效果和要求它们对所有要许可证的频带是相同的。

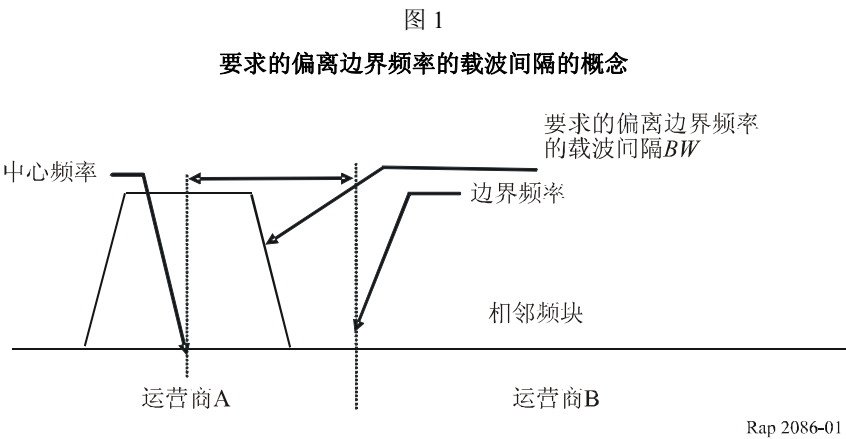
对 P-MP 系统，所要求的离边界频率的载波间隔的例子如下。在图 1 中，所发射载波的中心频率离指配给不同运营商的相邻频块的边界频率应该有所要求带宽（BW）的频率间隔。

对于这一例子，BW 按下式确定：

$$BW = 1.25 \times BW_0$$

其中：BW<sub>0</sub> 是所测得的频谱的相对电平比频谱最大电平低-23 dB 的偏离中心频率最近的频率。

原则上，在给运营商所指配的频块以内，运营商应该更优先使用更靠近频块中心的无线信道。在多载波系统中，应该将上面的要求应用于离频块中心最靠外的载波。



对于在相同的地理区域内的运营商指配相邻的频谱块也使用另一方法，即频块边缘掩模（BEM）法。指配相邻的频块、没有保护带，但设备必须满足 BEM 的规定。这一方法使得运营商有可能利用具有任何载波间隔（BW）的系统，包括在相邻的频块中有不同的载波间隔 BW，只要它们在频块边缘的发射在 BEM 以下就可以了。

### 6.3 拓扑结构

有四种基本的拓扑结构：

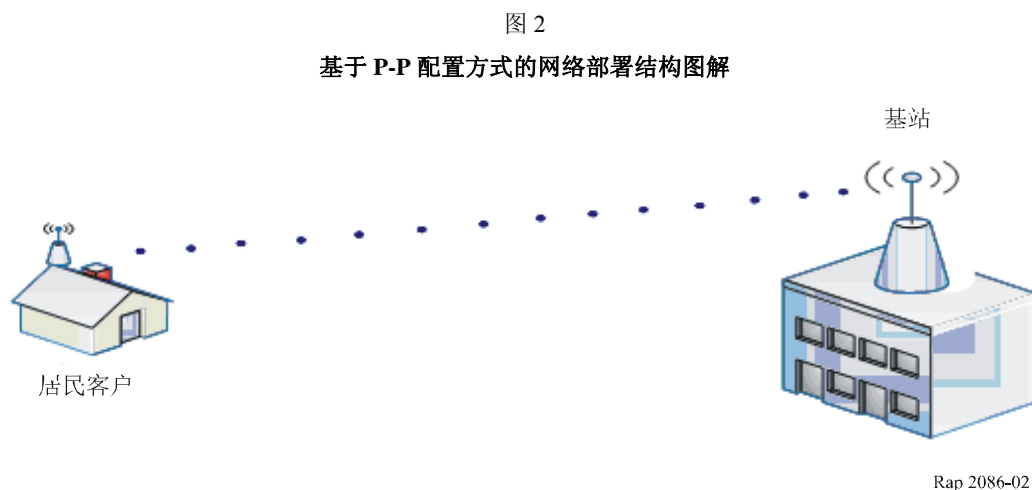
- 一般的点对点（P-P）拓扑，一个站直接与另一站进行通信；
- 一般的点对多点（P-MP）拓扑，每一用户单元（SU）直接与一基站（BS）进行通信；
- 具有网格形网络的多点对多点（MP-MP）拓扑，在这种情况下，SU 与最近的邻居进行通信，并用类似于网际业务的方式通过网格回传信息；
- P-P、P-MP 和 MP-MP 拓扑的组合。

在 P-MP 和 MP-MP 拓扑结构之间的主要差别在于在 P-MP 模式中，业务流量仅仅在基站和用户单元之间发生，而在 MP-MP 拓扑中，业务流量可以直接在用户单元之间发生，并且可以进一步通过其它用户单元选路由。应该指出的是可以使用 P-P 应用作为 P-MP 或者 MP-MP 拓扑的元链路，而且包含移动基础设施的某些回程链路也可能使用 P-P 应用。

当考虑实施方案时，应该评估上面四种拓扑结构，即 P-P、P-MP、MP-MP 或其它它们的组合结构。

### 6.3.1 P-P 的部署拓扑

在 P-P 系统中，将业务流直接从一个站发送到另一个站。P-P 系统的使用还包含用于 LAN、MAN 和蜂窝移动网的回程链路。



### 6.3.2 P-MP 的部署拓扑

在 P-MP 系统中，所有的数据业务量（数据、话音或多媒体）应该通过基站传送出去，基站起无线资源控制器的作用。

图 3 表示了一个典型的部署结构。基站可以为各个大楼服务、为多个大楼内的多个用户服务（用多条无线链路）、或者通过使用一条无线链路和更多的室内分布系统为一座大楼内的多个用户服务。它表示为了提供延伸的覆盖和在困难区域中的覆盖，使用可供选择的中继站或路由分集。这并不意味着在所有系统中使用这些性能。

部署 BWA 基站，以形成连续的蜂窝状覆盖或点状覆盖。

### 6.3.3 MP-MP 的部署拓扑

该系统可以支持具有网格形网络拓扑的 MP-MP。

图 4 说明了具有网格形网络拓扑的 MP-MP 系统的例子。无线网格形网络由许多无线结点组成，它们或者是客户站、不发起和终结业务的中继结点或者是与 ISP 网络那样的其它网络的接口点（PoI）。可以把图 4 所示的整个网络看作是一个 MP-MP 系统。当在该网络中至少有一个分集路由可以用时，该系统被专门称为“具有网络形网络拓扑的 MP-MP 系统”（见 ITU-R F.1704 建议书）。



图 3  
基于 P-MP 结构的网络部署结构图解

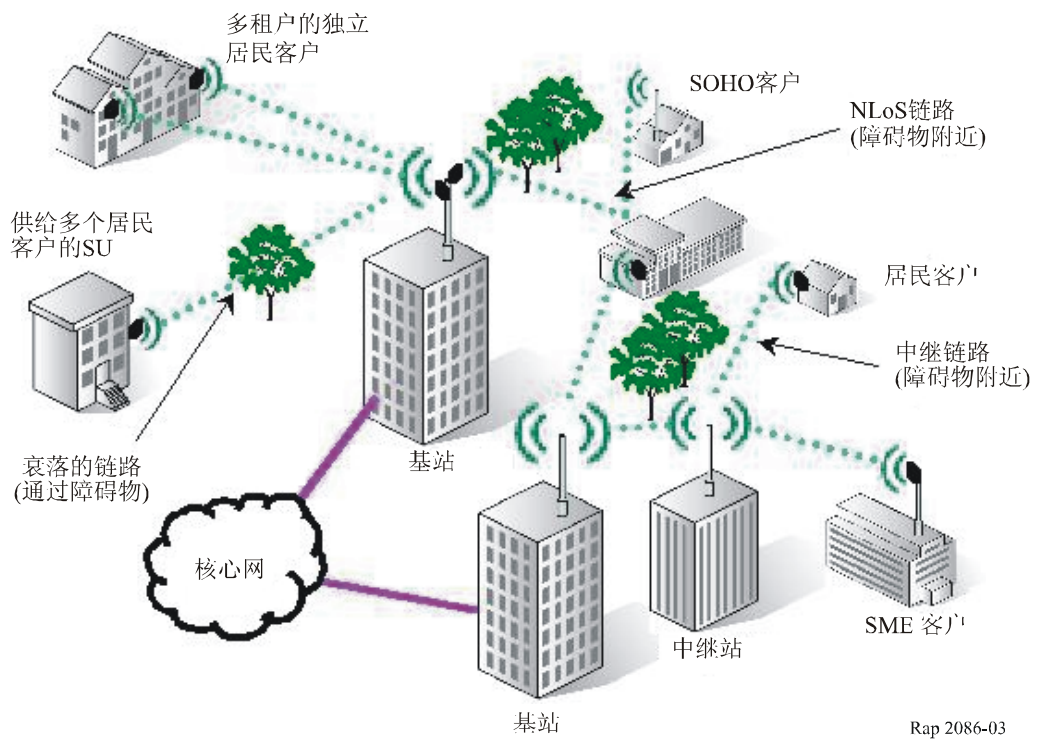
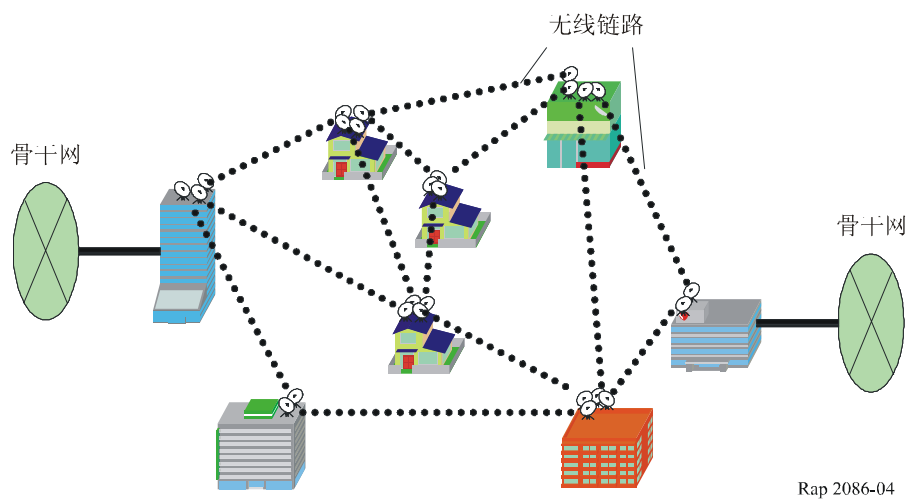


图 4  
基于 MP-MP 结构的网络部署结构图解

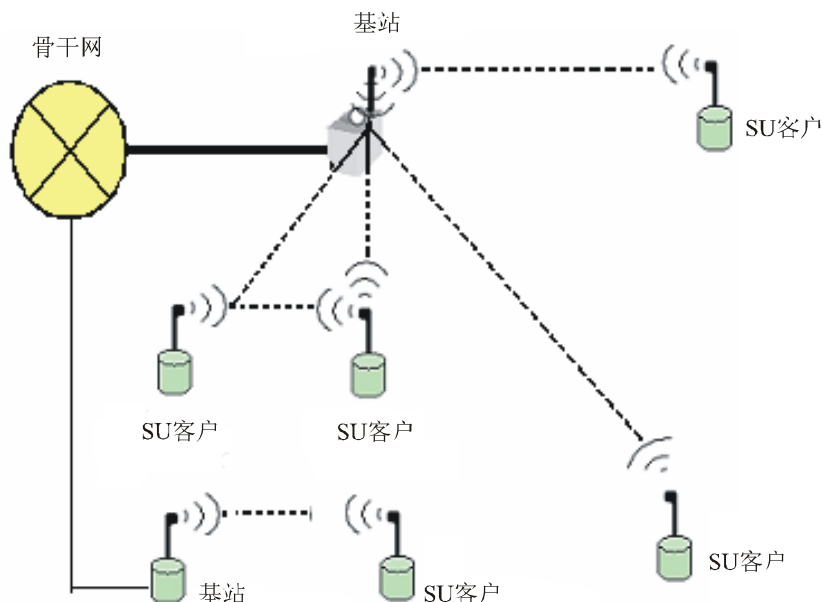


### 6.3.4 P-P、P-MP 和 MP-MP 部署拓扑的组合

图 5 说明了混合拓扑的一个例子。在这一情况下，无线网络可能由 P-MP 和 MP-MP 两种链路，并且支持它的 SU 的基站可以通过骨干网与其它网络相连接。

图 5

基于 P-P、P-MP 和 MP-MP 组合结构的网络结构图解



Rap 2086-05

## 6.4 天线

天线的性能可以用许多方法加以规定。从考虑干扰的观点，一般的旁瓣抑制是重要的性能，在蜂窝型拓扑结构中，前背比是一个最重要的参数。天线的前背比表示在天线主射束方向上的增益与相反方向上的增益之比（见 § 6.9.2.2）。

## 6.5 双工

固定业务中的 BWA 可以用 FDD 或 TDD 工作方式或它们的组合来实现。

在 FDD 模式中，基站应该支持全双工的 FDD。SU 可以选择以全双工 FDD 方式或半双工 FDD (H-FDD) 方式进行工作。BS 必须保证它不安排 H-FDD 的 SU 在同一时间进行发射和接收。

在 TDD 模式中，该系统可能根据现有的业务量不对称的情况，支持上行链路 (UL) 和下行链路 (DL) 可以动态改变持续时间，并且在正在使用 TDD 系统的区域，为了使它能够支持不止一个系统，持续时间需要同步。

双工方案的选择应该与优选的调制方式及多址（MA）技术结合起来考虑。已经确定了几种 MA/调制技术的组合作为 BWA 的标准。这些标准可以在下面的 ITU-R 文件中找到：

- ITU-R F.2058 报告 — 可以应用于传送网际协议包或异步传送模式信元的宽带固定无线接入系统的设计技术
- ITU-R M.1450 建议书 — 宽带无线局域网的特性（有关基于 FS 的 RLAN 应用的 BWA 系统）。

## 6.6 部署的类型

### 6.6.1 视距（LoS）工作

不管工作频带如何，BWA 系统都应该能够以不同的极化在 LoS 条件下工作。

### 6.6.2 非视距（NLoS）工作

NLoS 的工作能力能够便于或省去天线安装的要求并且使得用户自己能够安装终端，这样能够大大降低建设费用。

当 BWA 系统在较低的频带中，如 6 GHz 以下频带中工作时，它有可能能够在 NLoS 条件下工作。由于这些频带中所固有的多径传播特性，这样一个 BWA 系统可能要处理几个  $\mu\text{s}$  的时延扩散，而性能只有有限的劣化。

NLoS 工作要求对抗多径传播和增加系统增益。支持这样工作的 BWA 系统通常提供了增加上行链路预算的手段，不影响用户终端（ST）的复杂性。

### 6.6.3 平面部署

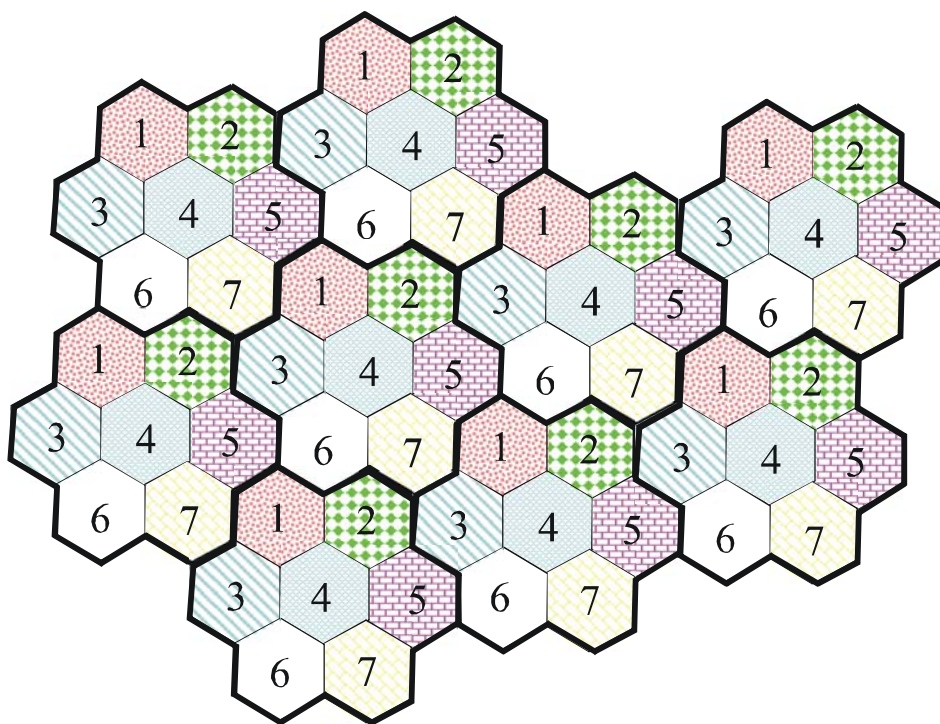
当业务提供商决定要给一个相当大的区域提供普遍存在的 BWA 业务时，选择平面部署。平面部署的优点在于该区域的所有地方都将被均匀覆盖这个事实。缺点在于增加了所需要的预先规划和设计的工作量。

关于平面部署的设计技术的指导可以在一些 ITU 手册中得到，如固定无线接入手册和 ITU 以外的其它出版物。后面有一些具体的例子。

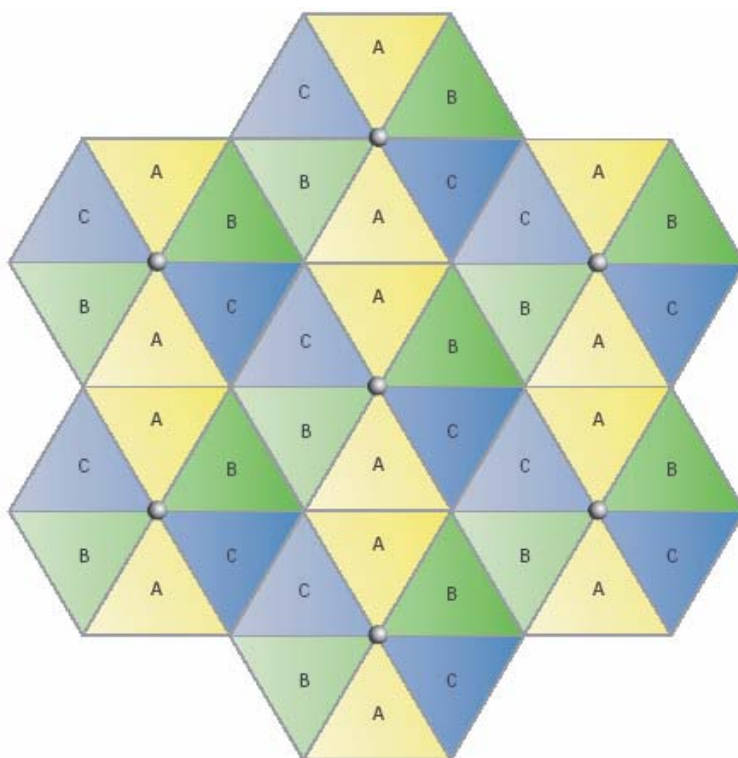
图 6 表示了在平面部署中的频率规划的例子。为了避免干扰，每一小区所使用的频率必须遵循严格的部署指导准则。考虑了所要求的  $C/I$  比和可以用的频道的条件下，决定频率重用的模式。在图 6a) 中，表示了典型的六角形蜂窝的平面部署方案。在整个网络中，要使用七个频道。图 6b) 表示典型的每一接入点（AP）六个扇区的蜂窝部署方式。在这种方式中，整个网络只使用三个频道。在这一部署场景中，为了保证各接入点以适当的周期进行发射和接收，接入点群是同步的，所以，能够以图中所示的方式重用这些频率。

图 6

平面部署中频率规划的例子



a) 六角形蜂窝的平面部署



b) 六扇区三角形蜂窝的平面部署

对于使用牢靠性比较差的调制方案的系统， $C/I$  比的要求常常决定了频率重用的模式。这是因为在第二个蜂窝位置上可以再次使用一给定的频道以前，它必须离这一频道的第一个蜂窝足够远，以满足  $C/I$  比的要求。

对于一给定的系统，可以按下面的步骤计算具有“干净的”LoS 路径的范围。首先确定可以应用的“链路预算”，然后与下面的表格进行比较。表 2 和表 3 分别是在 2.4 GHz 和 5.8 GHz 频带工作条件下链路预算的例子。请注意，一般返回路径是一个制约的因素并建议用这一制约因素来确定视距的范围。

$$\begin{aligned}
 & \text{链路预算 (dB)} = \text{Tx 功率 (dBm)} \\
 & + \quad \text{发送天线增益 (dBi)} \\
 & + \quad \text{接收天线增益 (dBi)} \\
 & - \quad \text{接收灵敏度 (-xxdBm)} \\
 & - \quad \text{天线电缆损耗} \\
 & - \quad \text{RF 衰落余量} \\
 & - \quad \text{干扰余量}
 \end{aligned}$$

表 2

2.4 GHz 链路预算的例子

链路预算 (dB)	100	103	106	109	112	115	118	121	124	127	130
距离 (km)	1	1.5	2	3	4	6	8	11	16	23	32

表 3

5.8 GHz 链路预算的例子

链路预算 (dB)	101	104	107	110	113	116	119	122	125	128	131	134	137	139
距离 (km)	0.4	0.6	0.8	1	1.7	2.5	3.5	5	7	10	14	20	27	32

以使用更高阶调制的系统作平面部署的净效应通常意味着为了满足  $C/I$  比，需要更多的频道。

### 6.6.3.1 同步

当在平面拓扑中部署 TDD 系统时，希望能够在每一小区地点使用相同的频率，尽管那些小区地点可能相互间隔仅数英里。因此，在相邻基站的相同频道的扇区之间，可能出现同波道干扰。在这一情况下，蜂窝之间需要同步，以确保在所有蜂窝地点中的所有扇区都通过下行和上行通信来适当地进行定时和同步。

要在可能有数百平方英里的范围内提供严格的定时将是一个挑战。就一个按大规模的、密集的网络部署的系统而言，TDD 的同步是一个关键的要求。使用 GPS 信号已经解决了这一问题。这些精确的卫星信号用于解决定时，从而最后解决发信/收信的同步，所以，在一个网络中的所有扇区都与同一“时钟”联系在一起。应该指出，这一同步仅应用于数字调制系统。

#### 6.6.4 点部署

许多 BWA 的部署正着手以所谓“点部署”的模式进行安装。这一拓扑称为单蜂窝站或者可能有几个站，它们地理上不相邻，但选择它为特定需要的地区服务。这是与平面部署法相比较而言的。在平面部署方式中，目标是在整个地区内提供 BWA 覆盖，所以，所有的蜂窝站要部署得使得在覆盖范围内不存在视距的盲区。

当以点部署方式部署固定 BWA 系统时，假设每一“点”离其它“点”的距离足够远、通常频率协调和规划不是考虑系统内部干扰的问题，并且安装每一个蜂窝站仅以对那个覆盖区最有利作为部署的指导原则。

#### 6.6.5 回程部署

在许多情况下，P-MP 网络位于没有很好地发展有线基础设施的区域。蜂窝站位置的选择是根据潜在客户所在位置来确定的，在那里能够利用高塔或高楼等。

当基站位于没有重要的铜缆或光缆连接到核心网的地方时，为了 BWA 系统能够发挥效用，它们还必须有一个 P-P 的解决方案，为回程连接提供回程链路。此外，BWA 系统的一个值得注意的应用是可以用 BWA 系统为在 BWA 系统覆盖区内工作的其它无线局域网系统提供回程连接。

#### 6.6.6 组合部署

固定 BWA 系统经常与其它类型的 BWA，即移动和游牧的 BWA 组合在一起进行部署，提供综合的 BWA 业务。在电缆设施还没有部署的环境中，这样的应用是特别有用的。

若在 BWA 中无线设备是基于可互操作的规范、例如参照在 ITU-R F.1763 建议书中的规范进行设计的，则整个无线设备的价格可能会大大降低。附件 1 描述了所关注的 BWA 应用的一个具体的例子。

### 6.7 传送特性

#### 6.7.1 业务独立性

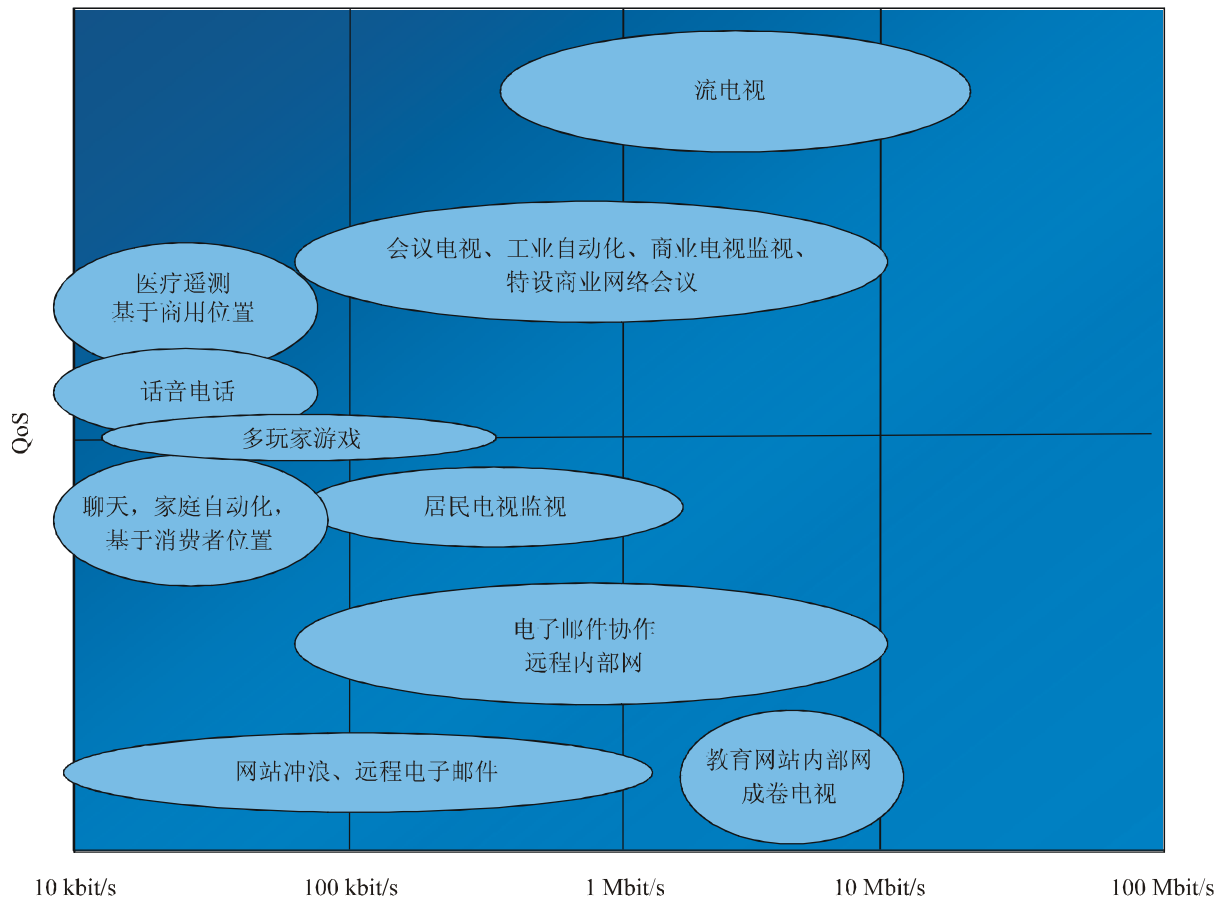
固定 BWA 系统提供不需要有关应用类型信息的业务。

#### 6.7.2 业务支持

##### 6.7.2.1 QoS

该系统应该支持提供所传送的业务的 QoS 保证。所以，协议标准应该规定适应分配无线资源优先权的业务要求的接口和程序。图 7 表示了现在的应用和它们的关系。

图 7  
某些现在可以得到的应用和它们的典型带宽和 QoS 要求



Rap 2086-07

6.7.2.2 应用的 QoS 映射

在支持 QoS/业务分类要求的系统内可以用的基本机制应该能够给各种不同的应用分配不同的带宽。某些协议包含支持动态可变带宽信道和路径的机制（例如为 IP 环境规定的机制）。

因为各客户单元将竞争来往于一个或多个基站的容量，应该有效地解决竞争和带宽分配的问题。

6.7.3 灵活的不对称性

在相当短的时间周期（例如几秒钟），由一给定用户产生的和对一给定用户的业务流量在两个方向上可以是非常不对称的。在比较长的时间周期内，一个给定的用户可能在一个方向上比在相反方向上所需要的平均带宽更大一些。

由共享同一无线资源的所有用户所产生的和对它们的总业务流量可能是瞬时不对称的或者甚至在长的时间周期内也是不对称的，它与连接到共享资源的用户类型有关。

### 6.7.4 每用户速率自适应

对远的和近的用户站可能应用不同的调制和/或编码方案。用这种方法，来往相对比较近的用户的数据速率可以比较高，增加了系统总容量。此外，比较远的用户可能经受到不同的干扰分布，因而它们将从速率自适应得到益处。大多数 BWA 系统都提供多速率支持。

为了满足与客户签订合同的业务级别，需要能够容纳信道的容量和改变信道容量。例如，一般使用灵活的调制类型、功率电平调整和带宽保留的方案。

### 6.7.5 吞吐量

虽然吞吐量取决于带宽、调制方案等因素，但为了与有线解决方案相竞争，希望在接入点上，系统支持的数据速率大于几十 Mbit/s。这是瞬时的综合比特率（加上下行），并且是在各用户中共享的速率。

### 6.7.6 可量测性

可量测性协议为各系统的情况考虑了不同的容量和性能。BWA 系统经常支持使部署的可量测性最大化的各种性能。

### 6.7.7 无线专用的安全性

BWA 系统通常提供安全的鉴权、授权的手段和满意的保证私密性的加密手段。

## 6.8 系统管理功能

系统应该规定基于现有的开放性标准协议（例如 SNMP）的网络管理接口，它能够实现下列管理功能。

#### — 故障和性能管理

协议应该能够对每一个用户单元单独进行故障和性能监视，并且提供对它们进行本地测试和遥测的手段。管理功能必须有重新启动、重新激活和关机的能力。

#### — 配置和软件升级管理

协议应该能够实现本地和远端两种配置，包括在不中断业务的前提下，对网络中任一器件的软件进行升级。

#### — 安全

协议应该能实现集中式的鉴权和授权业务。

#### — 业务管理

协议应该允许运营商通过限制接入到无线链路、删除数据、动态控制一用户可以用的带宽或其它适当的手段实施与用户之间的业务级别协议（SLA）。

## 6.9 干扰减轻

### 6.9.1 干扰类型

在 BWA 系统中的干扰可以分为系统内干扰和系统间干扰。而系统内干扰包括蜂窝小区内干扰和蜂窝小区间干扰。



## 6.9.2 干扰减轻技术

下一节介绍了 BWA 系统可以使用的一些可能的干扰减轻技术。

### 6.9.2.1 网络规划中的站址布局

将干扰发射机和受害接收机分开一段距离可以降低接收机上的干扰电平。

### 6.9.2.2 提高天线的性能

改进天线的性能可以降低对其它方向的干扰和降低对其它蜂窝小区的干扰。下列技术能够显著提高天线的性能：

- 旁瓣抑制
- 前背比的改善
- 天线方向性图成形（APS）

基站用全向天线和用户单元用窄射束天线，这种组合方式可适合于 P-MP 系统有效地覆盖整个服务区。将用户单元的天线射束设计得这样窄，以至于能够抑制除了从基站附近的建筑物那样的反射体来的那些反射信号以外的大多数反射信号。

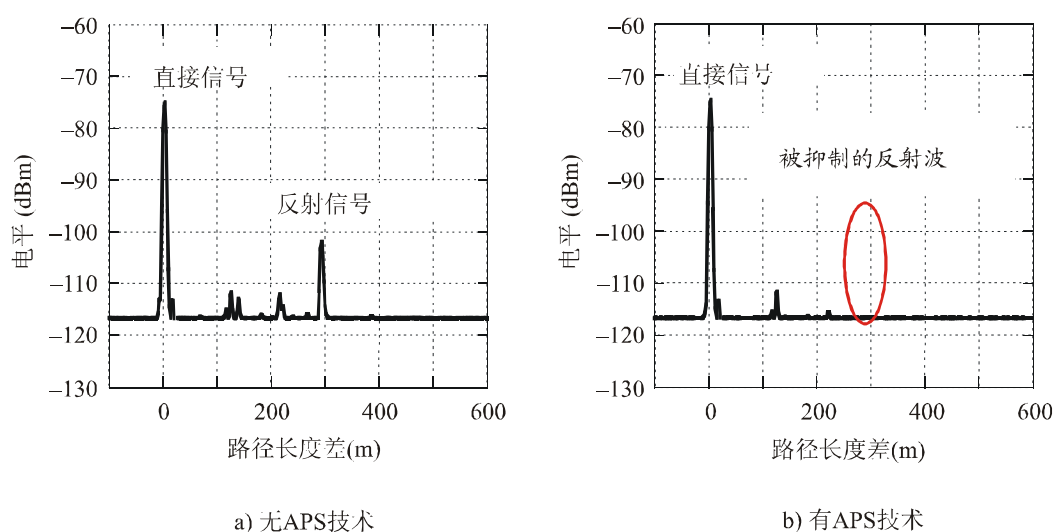
APS 使用无线电波吸收材料来实现，它是对付这种干扰的一种既简单又经济的解决方案。当将无线电波吸收材料贴在基站的天线罩上时，就产生了天线方向性图成形（APS）的作用，这样，就压低了朝反射体方向的信号强度，因而也就降低了来到 SU 的反射信号的强度。

抑制的角度可以根据反射体的位置灵活地调整。

图 8 介绍了这一技术的效果的一个例子。如图 8a) 所示，没有采用 APS 技术时，存在路径长度差为 300 m 的反射信号。如图 8b) 所示，采用了 APS 技术以后，反射信号被压低到噪声电平以下。

图 8

APS 技术效果的例子



6.9.2.5 功率控制

在 BWA 系统中，发射功率是一个重要的资源。为了减轻干扰，功率控制、特别是自动发射功率控制（ATPC）的更重要的作用是它可以避免功率浪费和降低在该蜂窝小区内的干扰。

6.9.2.6 在 CDMA 系统中的多用户检测

在 CDMA 系统中，多用户检测（MUD）能够有效地压低符号间干扰（ISI）和多接入干扰（MAI）。对 MUD 的挑战之一是计算的复杂性。

6.9.2.7 发射机和接收机的滤波改善

滤波的改善可以降低从发射机来的不需要的带外信号发射和减小对接收机的带内干扰。

6.9.2.8 自适应调制和编码

自适应调制和编码使得在干扰电平和效率之间进行权衡成为可能。

6.9.3 干扰减轻技术的应用

表 4  
干扰减轻技术的应用

干扰减轻技术	干扰		
	小区内	小区间	系统间
站址布局		√	√
提高天线性能	√	√	√
极化隔离		√	
同步	√	√	
功率控制	√	√	√
CDMA 系统中的 MUD	√ <sup>(1)</sup>	√*	
发射机/接收机滤波改善		√	√
自适应调制和编码	√	√	√

<sup>(1)</sup> 仅对 CDMA 系统。

6.10 系统的新技术支持

在固定业务中，下面的新技术提高了 BWA 系统的性能。ITU-R F.2047 报告提供了有关这些新技术和其它技术的进一步信息。

— 进一步改善频谱利用效率

先进的多状态调制方案和/或 MIMO 技术能够提供进一步的宽带应用。而且，频谱成形和使用双极化也对改善频谱利用效率有贡献。

## — 与其它无线系统和有线系统相结合

宽带业务不仅由 FWA 系统，而且也由其它无线系统、如卫星和移动通信系统来提供。而且，有线系统也提供宽带业务。在这些系统之间的无缝服务给用户提供了许多方便。

## — 多频带系统

存在各种不同的传播路径、业务量等条件。选择频带最合适的系统总是给予最好的连接。

## — 自适应天线系统 (AAS)

AAS 指的是一个天线阵和相关的信号处理。它们一起能够动态地改变它的天线辐射图，以便能够与噪声环境、干扰和多径相配合。自适应天线阵形成能够实时调整的（基于场景）无穷多个方向图。这就意味着当发射时，对接收机所需要的方向上是像聚光灯那样受限制的。反过来，当接收时，可以使得 AAS 只聚焦在有用信号所到来的方向上。使用自适应天线系统的优点是能够通过将能量集中在基站和正在工作的用户之间的方法来减小在一个蜂窝小区内的有影响的干扰，而且从其它源来的干扰零输出，所以它能够提高蜂窝小区的容量。它们还有压低来自其它地点的同波道干扰的特性。这些特性能够使频谱以更有效地方式加以利用。

## — 软件无线电 (SDR)

射频工作参数包含但不限制频率范围的无线电设备能够用软件和/或用达到这一目标技术来设置或改变调制类型或输出功率。

注 1 — 在无线电设备根据系统规范或标准进行正常的安装前工作和预定的工作期间内，不考虑出现工作参数的改变。

注 2 — SDR 是一个可以应用于许多无线电的技术和标准的一个执行技术。

注 3 — 在移动业务内，发射机和接收机都可以应用 SDR 技术。

## — 自适应调制

自适应调制和编码技术使得用户的数据速率有可能作为信道条件（例如 SINR、衰落速率等）的函数自适应地变化。调制电平的数目动态地加以修正。

## — OFDM

正交频分复用 (OFDM) 是一种复用技术，在这一技术中，将信道带宽细分为多个子载波，这些子载波在频域上相互正交。然后，将输入数据流分为多个平行的子数据流。每一子数据流的数据速率降低（所以，符号持续期增加），并且每一子数据流在独立的正交子载波上进行调制和发射。OFDM 技术将数据在频率间隔为一精确的频率值的大量载波上进行分配。在这一技术中，这一精确的频率间隔提供了“正交性”，它防止解调器看到它自己的频率以外的频率。在数据流的数据部分的最后一些样值作为一个循环添加到数据净荷的开端，形成所谓的循环前缀 (CP)。只要 CP 的持续期长于该信道的时延扩散，它就可以完全消除 ISI。OFDM 在传输以前，借助于在这些子载波上对信息进行编码和交织处理的方法来利用多径信道的频率分集。可以用快速傅立叶反变换 (IFFT) 实现 OFDM 调制，这样就能够以低的复杂性得到大量的子载波。OFDM 的优点是频谱效率高、对射频干扰的复原能力、抗时延扩散的能力提高和多径失真较低。它为 10 GHz 以下的无线电频率提供了一个有吸引力的解决方案。

## — OFDMA

正交频分多址（OFDMA）是一个 OFDM 系统的多址方案。这就使得多个用户能够在每个 OFDM 符号的不同子载波上同时进行发送和接收。OFDMA 使得有可能将许多 OFDM 子载波分成子信道的组，并且将每一子信道或许多子信道分配给不同的用户。对每一子信道而言，可能使用不同的调制方案和编码率、功率电平、射束形成机制、MIMO 支持等等。OFDMA 的主要优点有可量测性、粒度和容量性能。

## — 57 GHz 以上频带的使用

使用 57 GHz 以上频率的 FWA 系统和光自由空间系统将能够提供下一步的宽带应用。

# 附 件 1

## 一个具体的 BWA 应用的例子

### 1 引言

本附件描述了在 § 6.6.6 中所提到的 BWA 应用的技术问题的一个例子。这一 BWA 系统由固定的、移动的和漫游的应用、包括 RLAN 组成并一起提供综合的无缝的无线接入服务。该系统早已在东京地区和筑波市之间的 58 km 长的铁路上移动的列车中投入业务。

### 2 业务梗概和系统配置

这项业务的目的是为列车上的乘客提供高速和宽带的接入。大多数无线终端的用户外出时是用 PHS 或蜂窝系统作它们的互联网连接。由于系统能力有限，这样的连接的吞吐量现在受限于约 300 kbit/s。为了给列车上的乘客提供（Mbit/s 量级上的）宽带业务，已经开发了一种特殊的完全利用无线连接的 BWA 系统。

整个宽带业务包括三类无线连接，即固定的、游牧的和移动的连接（见图 9）。

固定无线接入连接

- 在每一车厢中部署的 AP（接入点）之间的连接（图 9 中的链路 A）；
- 沿铁道部署的中间 AP 之间的回程链路（图 9 中的链路 B）。

游牧的 BWA 连接:

- 在列车的车厢或车站房屋中部署的室内点状 AP (图 9 中的覆盖 C1、C2);

移动的 BWA 连接:

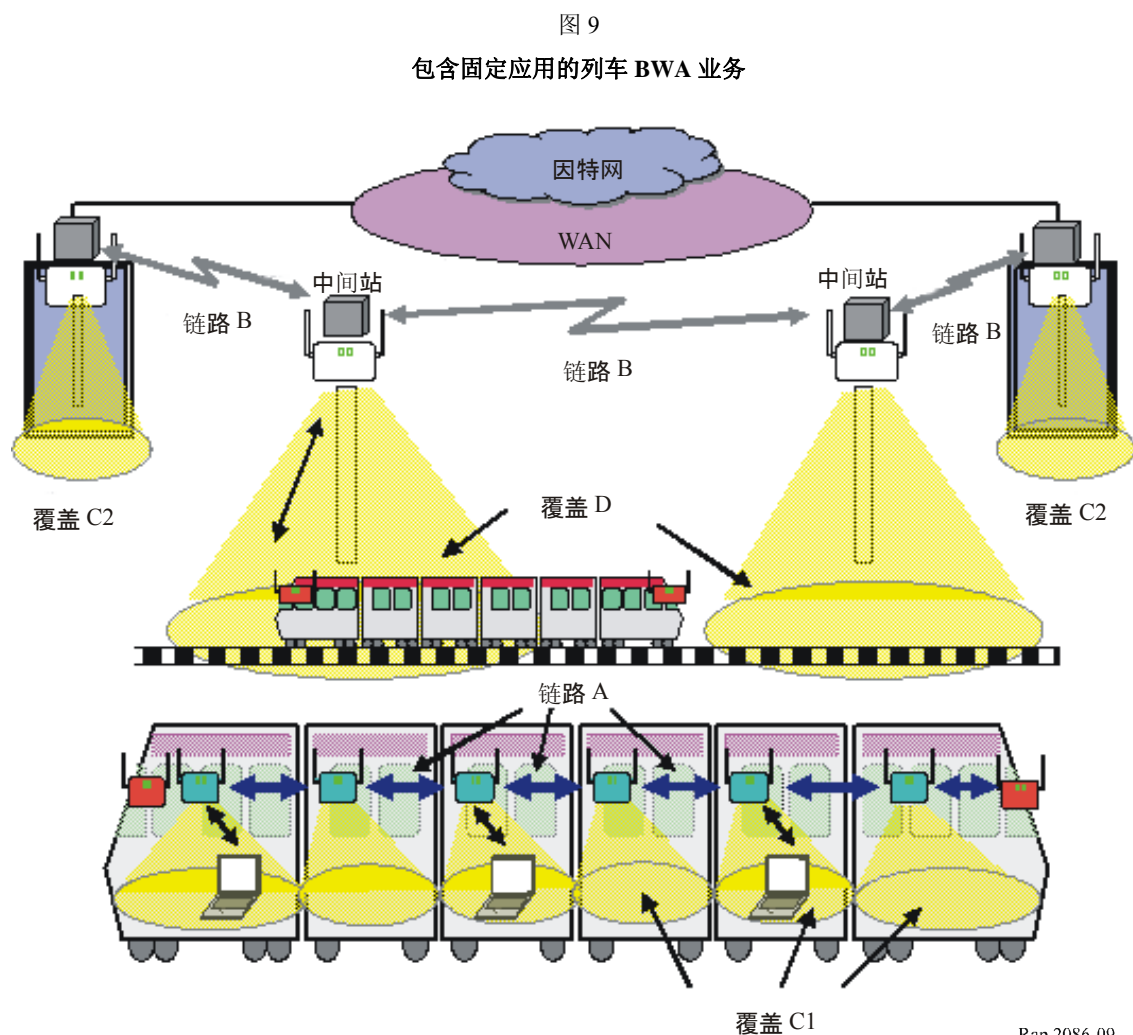
- 对沿铁路移动的列车提供覆盖的室外 AP (图 9 中的覆盖 D)。

在本报告的研究范围内, 固定连接是主要的应用, 在铁路沿线或在列车内不能使用有线基础设施的地方, 它是特定有用的。

在现有的列车上, 连接 AP 的链路 (链路 A) 可能互相重叠。这一连接必须通过车厢之间的隔板或窗户, 所以频率不应该很高 (例如 6 GHz 以下)。传输容量应该足以传递在列车中的所有业务量, 它通过移动的 BWA 连接与广域网相连接。

在中间 AP 之间的 P-P 回程链路 (链路 B) 可以在视距条件下工作。在电缆基础设施还没有部署的地方, 它们也提供了快速经济的无线解决方案。传输容量应该支持同时在各车站之间运行的不止一个列车的总业务流量。

中间 AP 配备了固定的和游牧/移动的两种连接。



如图 9 所示，乘客的终端与部署在列车每一车厢中的 WiFi 接入点建立他们的无线连接。用一般的 802.11b（2.4 GHz）来提供端用户的连接，因为大多数终端，例如笔记本计算机、PDA、WiFi 电话等都配备了内置的 WiFi 器件。每一车厢中的各个 AP 可以用 5 GHz 频率来连接。在图 9 中的覆盖区 D 内，行进中的列车利用 802.11g（2.4 GHz）系统保持宽带无线连接。当列车移动到另一种覆盖区 D 时，列车将激活切换，用移动 IP 技术保持连接。装在列车上的移动路由器与家庭的代理/外部的代理协同工作并在以最大速度 130 km/h 移动的列车内实现无缝切换。中间站由使用 25 GHz 频带的 P-P 固定无线系统（链路 B）连接起来。

一旦乘客与车站上的 WiFi 接入点建立了连接并且通过用户的 ID 和通行密码接收到了从网络来的鉴权后，它们将能够接入到互联网。在他们登上列车以后和当他们在列车上时，在不改变任何终端设置和不要额外的操作的条件下，提供无线互联网连接业务（覆盖区 C1）。当他们在其目的地下车时，通过在车站上部署的设施（覆盖区 C2），乘客仍然可以保持他们的连接。

3 基本系统参数

这一系统包含图 9 中所示的三类连接。基本的系统参数如下：

— 固定的 BWA 连接（图 9 中的链路 A 和链路 B）

	链路 A	链路 B
频带	5 GHz	25 GHz <sup>(1)</sup>
发射输出功率	15 dBm	0 dBm
波道带宽	18 MHz	26 MHz
波道间隔	20 MHz	20 MHz
天线类型（增益）	全向（2.6 dBi） 定向（7 dBi）	定向（31.5 dBi）

<sup>(1)</sup> 在日本，这是免许可证频带。

— 游牧 BWA 连接（图 9 中的覆盖区 C1 和 C2）

频带	2.4 GHz
发射输出功率	20 dBm
波道带宽	18 MHz
波道间隔	5 MHz
天线类型（增益）	全向（2.1 dBi）

— 移动 BWA 连接（图 9 中的覆盖区 D）

频率	2.4 GHz
发射输出功率	15 dBm
波道带宽	18 MHz
波道间隔	5 MHz
天线类型（增益）	定向（6-19 dBi）

## 4 固定的 BWA 连接

### 4.1 列车中的 AP 之间的连接

由于设备装在车厢的上部，以避免乘客的遮挡，并且由于车厢之间的隔板成为障碍物，图 9 中的链路必须在 NLoS 条件下工作。所以，考虑了传播特性以后，频率不应该很高。在这一系统中，链路 A 使用 5 GHz。由于列车和乘客的移动会导致多径衰落，为了对付这种衰落，AP 有两分支的空间分集天线。

### 4.2 中间站之间的回程链路

为了覆盖铁路沿线的整个区域，系统需要设中间站。中间站应该每隔 1-2 km 安装一个，因为覆盖区 D 的半径限于 1 km 以下。为了快速和低成本地部署中间站，使用固定无线系统代替光纤网作为回程链路是必要的。为了传输该覆盖区中的不只一辆列车的业务流量，该链路将需要大容量链路。用最大容量为 80 Mbit/s 的 25 GHz 的 P-P 系统供回程链路用。为了保持视距传输，定向天线安装在房顶上或电线杆顶上。在筑波快速铁道情况下，为了覆盖整个区域，在 58 km 的铁道线上，有 20 个站和 30 个中间站。

## 5 与广域网（WAN）的连接

在每一铁路车站上，使用光纤来承载在车站上和在列车上所产生的全部业务量。通过两个网关站，将宽带业务与 WAN 相连接，以保证与互联网的连接。

---