

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04W 84/18 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910023419.8

[43] 公开日 2009年12月23日

[11] 公开号 CN 101610594A

[22] 申请日 2009.7.24

[21] 申请号 200910023419.8

[71] 申请人 西安电子科技大学

地址 710071 陕西省西安市太白路2号

[72] 发明人 张海林 赵力强 张新

[74] 专利代理机构 陕西电子工业专利中心

代理人 王品华 朱红星

权利要求书2页 说明书7页 附图5页

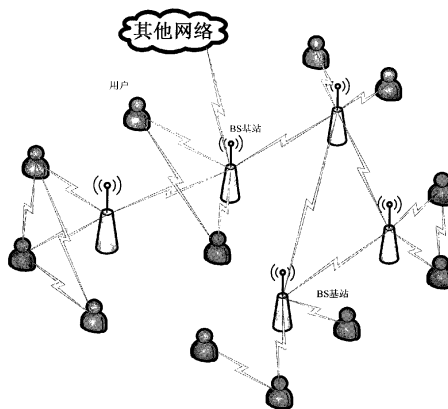
## [54] 发明名称

基于 TD - OFDMA 的动态分层 PMP/Mesh 混合网络系统及其超帧结构

## [57] 摘要

本发明公开了一种基于 TD - OFDMA 的动态分层 PMP/Mesh 混合网络系统及其超帧结构。该系统包括无线 PMP/Mesh 接入网和无线 Mesh 中继网，其中无线 PMP/Mesh 接入网包括一个基站和多个的移动终端，这些移动终端通过 PMP/Mesh 混合方式连接，并通过超帧传输信令与数据；该无线 Mesh 中继网，由基站通过无线链路构成上层通信网，以 Mesh 或 PMP 方式进行各基站之间的互联与互通。该超帧结构由一个网络管理帧和多个业务传输帧构成，每个业务传输帧由 PMP 上、下行部分和 Mesh 部分组成，且各部分的资源依网络需求动态调整。本发明利用 PMP 网络和 Mesh 网络各自的优点，实现 PMP/Mesh 混合网络拓扑结构，提高了网络的抗毁性，其超帧结构能最大限度符合网络结构变化所带来的资源需求变化，可用于民用、野战、紧急搜救

和临时会议等通信。



1. 一种基于 TD-OFDMA 的动态分层 PMP/Mesh 混合网络系统，其特征在于：它包括无线 PMP/Mesh 接入网和无线 Mesh 中继网，该无线 PMP/Mesh 接入网包括一个基站和多个的移动终端，这些移动终端通过 PMP/Mesh 混合方式连接，并通过超帧传输信令与数据；该无线 Mesh 中继网，由基站通过无线链路构成上层通信网，以 Mesh 或 PMP 方式进行各个基站之间的互联与互通。

2. 根据权利要求 1 所述的混合网络系统，其特征在：接入网中每个终端节点选用以 PMP 方式，利用网络超帧中的 PMP 部分，通过所属基站访问核心网或与其他小区节点通信。

3. 根据权利要求 1 所述的混合网络系统，其特征在于：接入网中每个终端节点选用以 Mesh 方式，利用网络超帧中的 Mesh 部分，与小区内其它节点直接进行数据交换或协同中继传输。

4. 根据权利要求 1 所述的混合网络系统，其特征在于：接入网的移动终端通过分布式中间节点的多跳中继的 PMP/Mesh 混合方式，与基站或其他节点超视距节点之间的进行通信，实现对网络覆盖范围的扩展。

5. 根据权利要求 1 所述的混合网络系统，其特征在于：接入网的每个终端节点根据需要都能够动态充当 PMP/Mesh 混合网络的临时基站，以在无需网络基础设施支持条件下，提高网络抗毁性。

6. 一种基于 TD-OFDMA 的动态分层 PMP/Mesh 混合网络的超帧结构，其特征在于：它包括一个网络管理帧和多个业务传输帧，每个业务传输帧由 PMP 上行部分、PMP 下行部分和采用动态令牌环协议的 Mesh 部分三部分组成，且各个部分的资源依网络需求动态调整。

7. 根据权利要求 6 所述的超帧结构，其特征在于：网络管理帧是由基站在每个超帧中随机选择一个时帧承担，主要用于用户入网注册、网络拓扑管理、移动用户帧同步更新、载波频率跳变预置、用户功率控制、PMP 上下行业务资源分配和调整，以及 Mesh 网络动态群首任命的工作。

8. 根据权利要求 6 所述的超帧结构，其特征在于：每个业务帧的 PMP 与 Mesh 长度按需增加或减小，该两部分的帧长总和保持不变，以保证空中传输业务速率峰值不变。

9. 根据权利要求 6 所述的超帧结构，其特征在于：网络管理帧和多个业务传输帧均是以 TD-OFDMA 方式构建的时帧；每个时帧划分为多个时隙，1 个时隙对应于 1

---

个 OFDMA 符号，每个时隙在时域由保护间隔 CP 和有效数据构成，在频域由有效载荷子载波 K、信令子载波 S 和置零子载波构成。

10.根据权利要求 9 所述的超帧结构，其特征在于：有效载荷子载波 K 和信令子载波 S 按照网络容量、信令控制以及射频带宽要求设计，以实现不同的网络性能需求。

## 基于 TD-OFDMA 的动态分层 PMP/Mesh 混合网络系统及其超帧结构

### 技术领域

本发明属于通信技术领域，涉及 PMP/Mesh 混合网络系统，特别是无线网络拓扑结构和帧结构的设计，用于民用通信、野战通信、紧急搜救、临时会议等所需的常规或紧急通。

### 背景技术

通信网络的拓扑结构与系统性能，如网络容量、吞吐量、时延等密切相关。传统的多小区 PMP 系统，如图 1 所示，该系统中由于有中心节点，如基站的调度与控制，在一定程度上能够很好的对通信资源做出合理的分配，同时能够有效地避免各个通信节点的碰撞问题。然而，正是因为中心节点有着极高的控制权，因此如果基站瘫痪，如军事打击或是自然灾害或是覆盖范围不足或容量过小，则会大大影响整个网络的通信性能，网络抗毁性很低。此外，在 PMP 网络中，用户，即终端或站点必须首先访问基站才能进行无线连接。因此，即使两个用户实际上互相紧挨着，它们也必须通过基站才能进行通信，从而带来不必要的网络开销，降低资源利用率。

无线 Mesh 网络，如图 2 所示，它是一种大容量高速率的多点对多点网络，是一种新型的可以解决“最后一公里”瓶颈问题的分布式网络。在无线 Mesh 网络中，每个终端都具备路由选择的功能，而且每个终端只与其相邻终端进行通信，各节点都可以充当其他节点的中继节点或协同通信节点。Mesh 网络具有自组织、自管理、自诊断和自恢复功能，因此有较高的抗毁性，可广泛应用于军用通信和应急通信领域。Mesh 网络作为未来宽带无线移动通信的一项关键技术，已经逐步成为学术和企业界瞩目的焦点。目前，基于无线局域网构建的 Mesh 网络已投入试商用。

但是，由于基于无线局域网的单层扁平结构，使 Mesh 网络并不能充分发挥其技术优势，因此它存在着以下不足：

1. 不能显著提高网络容量，不能有效地管理和优化整个网络资源，
2. 隐藏节点和入侵节点问题突出，影响网络性能。

### 发明内容

本发明的目的在于克服上述已有技术的缺点，提出一种基于 TD-OFDMA 的动态分层 PMP/Mesh 混合网络系统及其帧结构，以提高网络容量，网络抗毁性以及网络覆盖范围，实现整个网络资源的有效管理和优化；并减小隐藏节点和入侵节点对网络性能的影响。

为实现上述目的,本发明基于 TD-OFDMA 的动态分层 PMP/Mesh 混合网络系统,包括无线 PMP/Mesh 接入网和无线 Mesh 中继网,该无线 PMP/Mesh 接入网包括一个基站、多个的移动终端和,这些移动终端通过 PMP/Mesh 混合方式连接,并通过超帧传输信令与数据;该无线 Mesh 中继网,由基站通过无线链路构成上层通信网,以 Mesh 或 PMP 方式进行各个基站之间的互联与互通。

所述的混合网络系统,其中:接入网中每个终端节点选用以 PMP 方式,利用网络超帧中的 PMP 部分,通过所属基站访问核心网或与其他小区节点通信。

所述的混合网络系统,其中:接入网中每个终端节点选用以 Mesh 方式,利用网络超帧中的 Mesh 部分,与小区内其它节点直接进行数据交换或协同中继传输。

所述的混合网络系统,其中:接入网的移动终端通过分布式中间节点的多跳中继的 PMP/Mesh 混合方式,与基站或其他节点超视距节点之间的进行通信,实现对网络覆盖范围的扩展。

所述的混合网络系统,其中:接入网的每个终端节点根据需要都能够动态充当 PMP/Mesh 混合网络的临时基站,以在无需网络基础设施支持条件下,提高网络抗毁性。

为实现上述目的,本发明基于 TD-OFDMA 的动态分层 PMP/Mesh 混合网络的超帧结构,包括一个网络管理帧和多个业务传输帧构成,每个业务传输帧由 PMP 上行部分、PMP 下行部分和采用动态令牌环协议的 Mesh 部分三部分组成,且各个部分的资源依网络需求动态调整。

所述的超帧结构,其中:网络管理帧是由基站在每个超帧中随机选择一个时帧承担,主要用于用户入网注册、网络拓扑管理、移动用户帧同步更新、载波频率跳变预置、用户功率控制、PMP 上下行业务资源分配和调整,以及 Mesh 网络动态群首任命的工作。

所述的超帧结构,其中:每个业务帧的 PMP 与 Mesh 长度按需增加或减小,该两部分的帧长总和保持不变,以保证空中传输业务速率峰值不变。

所述的超帧结构,其中:网络管理帧和多个业务传输帧均是以 TD-OFDMA 方式构建的时钟;每个时钟划分为多个时隙,1 个时隙对应于 1 个 OFDMA 符号,每个时隙在时域由保护间隔 CP 和有效时隙构成,在频域由有效载荷子载波 K、信令子载波 S 和置零子载波构成。

本发明具有如下显著效果:

1) 本发明由于采用分层 PMP/Mesh 混合网络结构,能兼容现有 PMP 网络,扩展 Mesh 资源,最大限度提升网络容量,并且提高了网络的覆盖范围,使得一些不在基站覆盖范围内的节点通过 Mesh 网络加入到小区中;

2) 本发明由于采用动态 PMP/Mesh 网络结构,可以提高网络的抗毁性,小区内只要有一个节点可以同外界通信,则整个网络就可以通过这条路径与外界联系,最大化网络的鲁棒性;

3) 利用 Mesh 网络支持集中/分布式和异构网络融合的特点,每个节点都可按照需要动态充当 PMP/Mesh 混合网络的临时基站,无需网络基础设施支持,自组织和自管理,具有很强的抗毁性;

4) 本发明由于基于 TD-OFDMA 的 PMP/Mesh 混合网络超帧结构的 PMP 与 Mesh 部分能够相互调剂使用,使得网络能够根据用户的业务需求,动态分配网络资源,提高资源利用率;

5) 本发明由于在 Mesh 组网部分采用无线动态令牌环多指接入协议,因此有效解决了 Mesh 子网内部传输碰撞问题以及隐藏节点和入侵节点问题;并且该协议能够适应 Mesh 子网拓扑结构的动态变化,具有更好的网络适应性。

#### 附图说明

图 1 为现有 PMP 通信网络拓扑结构图;

图 2 为现有 Mesh 通信网络拓扑结构图;

图 3 为本发明的分层 PMP/Mesh 混合网络拓扑结构图;

图 4 为本发明中的各种通信模式的网络拓扑结构图;

图 5 为本发明的超帧结构图;

图 6 为本发明超帧中的管理帧结构图;

图 7 为本发明的超帧运行流程图;

#### 具体实施方式

以下参照附图对本发明的技术方案作进一步详细描述。

##### 一、PMP/Mesh 混合网络系统拓扑结构及其通信模式

参照图 3,本发明是一个多层网络,包括无线 PMP/Mesh 接入网和无线 Mesh 中继网。该无线中继网是由各个基站,按照 Mesh 结构进行互联互通,每个基站都与它相邻的基站相互连接,最后整个中继网通过网关基站与其他网络连通,如 Internet 或 2G/3G 移动通信网或固定电话网等。中继网的网络内部为对等网络,各个基站均是按照分布式网络协议相互通信。该无线接入网是由一个基站和众多的移动终端构成的,是本系统的核心部分。它以 PMP, Mesh 并存的模式进行组网,该混合网络拓扑结构,是在现有的 PMP 网络基础上,扩展 Mesh 网络,而且扩展的 Mesh 功能与原有的 PMP 网络兼容。若终端在基站的视距范围内,则基站与终端存在直达链路,这是终端与基站构成 PMP 网络结构;若终端与其邻近终端,以及邻近终端与它的其他邻近终端存在通信链路,这时这些终端组成一个全连通的网状子网,

即 Mesh 网络结构。该 Mesh 网络结构能够实现子网内部的终端节点在无需基站参与的情况下，与其子网内部的其它终端进行通信；同时，那些没有与基站之间存在直达链路的节点，以及存在的直达链路信道条件差的节点，可以利用这些 Mesh 子网内的节点进行中继传输，实现其与基站的相互连通。

参照图 4，PMP/Mesh 混合网络系统的通信拓扑结构在某一具体时刻会形成如下不同类型的网络连接方式：

当终端通过基站与其他终端通信时，终端与基站构成 PMP 网络结构，如图 4a 所示，终端节点用户 A 通过基站与小区内部终端用户 B 或小区外部通信。

当终端节点需要与其 Mesh 子网内部节点通信时，此时的网络为 Mesh 结构，如图 4b 所示，终端利用 Mesh 网络模式与子网内部终端直接通信，而不需要申请 PMP 资源，不需要基站的转发。该图 4b 中，由于用户 A 与用户 B 相邻，则用户 A 可与用户 B 进行之间互联通信，另外，用户 A 与用户 D 虽然不相邻，但同属于一个 Mesh 子网，因此，他们利用子网内部的节点用户进行中继，从而实现 Mesh 子网内部通信；同时在此模式下，当网络中基站因故障不能继续工作时，网络中其他终端节点可申请成为网络群首节点，担当临时基站的作用，继续维持网络工作。

当终端与基站的直接链路通信环境恶化时，甚至终端已不在基站覆盖范围内，它可利用 Mesh 网络中其他信道环境较好的终端进行中继或协同通信，以多跳方式寻找到一条有效地通信链路实现与基站通信，在此情况下有两中多跳通信模式：一种为如图 4c 所示的中继模式，另一种为如图 4d 所示的协同模式。其中在图 4c 所示的中继模式中，终端 A 不能直接与基站通信，但终端 B、C 与 A 构成一个较小的 Mesh 网络，且 C 可以和基站通信，则终端 B、C 就可以充当 A 的中继节点，将 A 的数据通过 B 和 C 进行多跳转发，从而实现终端用户 A 与基站的通信，通过此模式，基站能够实现与不在其视距范围内的节点进行通信，从而扩大了基站的通信范围；在图 4d 所示的协同模式中，终端 A 与基站之间可以通信，但是信道环境不理想，而终端 B 与基站有着较好的信道环境，且 B 有剩余的资源，则终端 B 可以帮助 A 分担一部分传输业务，达到协同传输的目的，有效提高终端 A 的通信能力。

## 二、PMP/Mesh 混合网络系统的超帧结构

参照图 5，本发明在时序上将 PMP/Mesh 混合网络的运行时间划分成周期性的超帧。超帧是一个逻辑概念，并非一个数据帧，即它是一个长时帧，包括 1 个网络管理时帧和多个业务传输时帧。网络管理帧和业务传输帧又进一步划分为多个时隙。在超帧结构中，时隙是最小的时间单位。

业务传输帧分为 PMP 帧和 Mesh 帧。基站覆盖小区内的大多数用户要与基站通信，个别用户之间有时需要直接互连，需要与基站通信的用户共享 PMP 帧。PMP 帧分为上行部分和下行部分，每一部分都含有相应的信道估计时隙。另外，在上行信道估计前，考虑到小区范围比较大，为了保障同步性能的要求，额外加入了一个同步调整阶段。需要直接互连的用户，在获得令牌后，即在 Mesh 帧中广播发送，其它用户接收，该 Mesh 帧中也包含有同步时隙。另外，在业务传输帧中，设定特殊的子信道频段为信令信道，用来传输信令信号。

正常情况下，为了保证 PMP/Mesh 混合网的传输效益，将一个传输帧分为三部分：PMP 部分的下行 LD、上行 LU 和 Mesh 部分的 LM 帧。这三部分时隙资源可调剂使用，但空中业务速率峰值不变，也就是说每个业务帧的总长度保持不变。因此，当 LM=0 时，Mesh 资源为 PMP 征用，瞬时变为纯 PMP 网络，兼容现有网络；LD 和 LU 部分也可以全部为 Mesh 用户征用，此时瞬间变为纯 Mesh 网络。例如，当网络业务主要是小区内用户之间的通信，基站通过检测发现 Mesh 帧的资源利用率很高甚至出现资源不够时，可以判断出，网络业务应以 Mesh 业务为主，则基站可将后续业务帧的 PMP 资源减少，同时增加 Mesh 资源；反之，则减少 Mesh 资源。还有，当基站统计发现下行请求大于上行资源请求时，则增加下行资源，减少上行资源；反之则减少下行资源，增加上行资源。

本发明采用的帧结构是由基于 TD-OFDMA 方式构成的时帧组成，每一个时帧包含多个时隙，1 个时隙对应 1 个 OFDMA 符号，每个时隙在时域有保护间隔 CP 和有效数据构成，在频域由有效载荷子载波 K，信令子载波 S 和置零子载波构成。子载波用于传输数据内容，信令信道用于传输信令信号。在每个时隙，根据用户传输容量，将 K 个有效子载波被动态分配给每个用户。S 个信令子载波完成用户接续、资源分配、时频同步调整控制、Mesh 令牌发放等工作。按照网络容量、信令控制以及射频带宽要求设计 K 和 S 的值，以实现不同的网络性能需求。例如，当设置较大的 K 值时，每个用户的传输带宽可以提高，但是系统所容纳的总用户数就相应减少。

参照图 6，在每个超帧中，基站随机选择 1 个时帧作为网络管理帧，各种网络系统的管理信息和网络配置信息，例如用户入网同步和注册、网络拓扑管理、移动用户帧同步更新、载波频率跳变预置、用户功率控制、上下行划分调整以及 Mesh 网络动态群首任命的工作，均在该网络管理帧中进行发送。各个终端节点收到该网络管理帧后，按照其发送的管理、配置要求，调整自己的网络配置数据。

在该网络管理帧中，其结构由下行同步信道估计期，上行同步信道调整期，上行同步



信道估计期以及入网同步期构成。

### 三、PMP/Mesh 混合网络超帧的具体运行过程

参照图 7，本发明的超帧的运行过程如下：

第一步，网络管理帧的运行。

每个超帧开始时，基站根据前一超帧的资源使用情况，先预测本帧 PMP 与 Mesh 资源利用度；再由基站进行常规的通信环境检测、用户入网同步、帧同步、载波频率跳变、功率控制等；然后将这些信息作为网络管理信息组成一个网络管理帧，配置整个网络资源，并按 PMP 的下行期、PMP 的上行期与入网同步期进行：

1.网络管理帧的 PMP 下行期：

1.1 基站在前两个时隙的时间内发送下行信道的同步以及信道估计信息，此时新到达的用户检测基站在网络管理帧的下行期广播网络信息，确定网络管理帧同步申请期的位置。

1.2 在其后的下行业务期中，对每个申请入网的用户发送入网同步应答帧，或是对申请业务资源的用户发送业务许可帧，同时发送功率控制指令；

1.3 基站广播本超帧采用的工作频率以及 Mesh 资源的动态群首任命，以及本超帧内业务采用的上下行资源分配方案。；

2.网络管理帧的 PMP 上行期：

2.1 进行若干时隙的同步调整，协调由于各个用户距离不同而带来的不同步；

2.2 已获得资源分配的各用户根据各自的同步误差，调整发送时刻与发送功率，发送各自的独特丑码，用于基站完成上行链路信道估计。

3.网络管理帧的入网同步期：

3.1 用户在同一个业务传输帧的上行链路同步调整期的起始时刻，发送网络同步丑码，基站根据接收的网络同步丑码，计算用户的网络同步误差，并在下一个业务传输帧下行期的信令信道通知该用户；

3.2 基站收回网络同步丑码，用于其他用户的网同步，该用户根据基站广播的信息，继续维持网络同步；

3.3 如果用户没有收到入网同步应答帧，表明申请失败，该用户需要重新竞争信道，发送入网同步申请帧。

第二步，业务传输帧的运行。

网络管理帧结束后，开始多个业务帧的传输，每个业务传输帧按照 PMP 下行期、PMP

上行期与 Mesh 期进行传输。在上述三个时期中，每个时期中的所有时隙在频域上均包含业务信道与信令信道，他们在时间上是同时并行发送的。

**A. 业务传输帧的 PMP 下行期：**

在本时期的业务信道中：首先，基站在前两个时隙内发送下行信道的同步与估计信息；然后，基站根据预先分配指定好的时隙和子载波内发送各个用户的下行数据业务，每个时隙由一个 OFDMA 符号构成。

在本时期的信令信道中：对于已入网用户，首先由基站发送资源申请允许帧，通知用户申请资源；然后，告知其上一帧的资源请求允许状态以及同步误差供用户节点进行同步调整。对于新申请入网的用户，则发送入网同步应答，表示接受该用户的入网同步申请。

**B. 业务传输帧的 PMP 上行期：**

在本时期的业务信道中：首先，进行信道的同步调整，以消除用户距离不同产生的同步误差；然后，进行上行信道估计，根据上行链路同步调整的结果，确定各自的发送时刻，发送各自的业务丑码，用于基站完成上行链路同步和信道估计；最后，用户开始发送上行数据业务。

在本时期的信令信道中，用户发送资源申请，请求增加或减少自己占用的资源。

**C. 业务传输帧的 Mesh 期：**

在本时期的业务信道中：首先，由获得令牌的用户成为 Mesh 子网内部的临时基站，完成它与之要通信的用户之间的信道估计；然后，由获得令牌的用户判断是否有业务进行发送，如果有，则发送相应的业务，如果没有，则处理新的 Mesh 用户加入请求；最后，令牌传递给下一个用户，该用户若判定剩余资源足够进行其业务传输，则发起新的传输过程；否则，持有该令牌，等待下一个 Mesh 资源的到来。

在本时期的信令信道中，持有令牌用户发送传输功率控制信息，然后广播通知令牌队列中下一个节点准备接收令牌。

以上是本发明的一个具体实例，对于本领域的专业人员来说，在了解了本发明内容和原理后，都可能在不背离本发明方法、原理的情况下，进行形式和细节上的各种修正和改变，但是这些基于本发明思想的修正和改变仍在本发明权利要求保护范围之内。

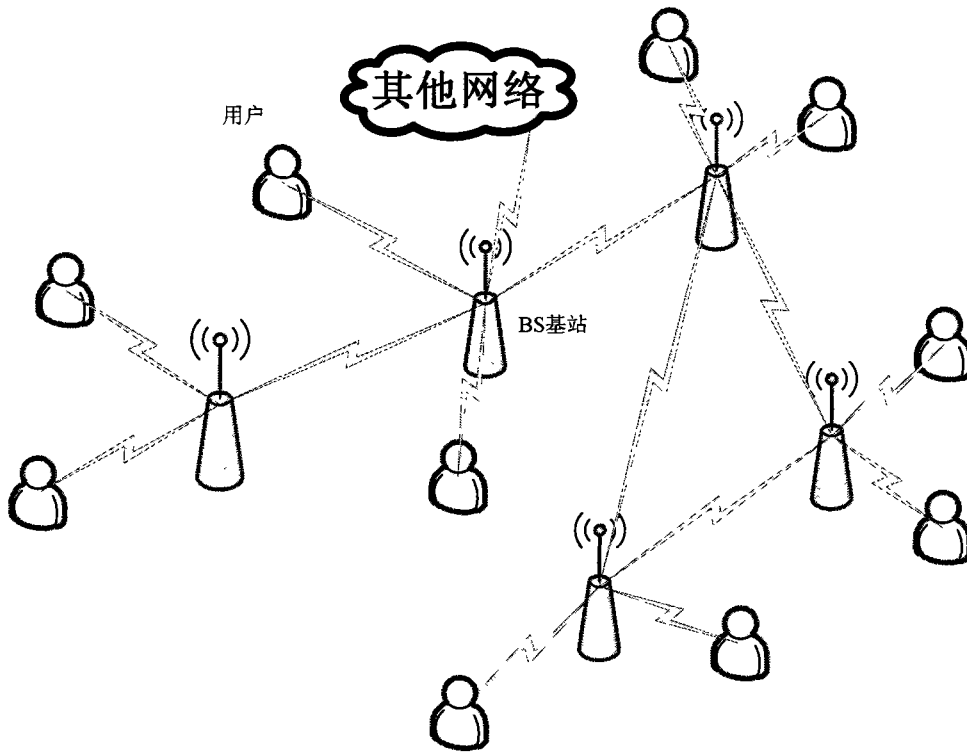


图 1

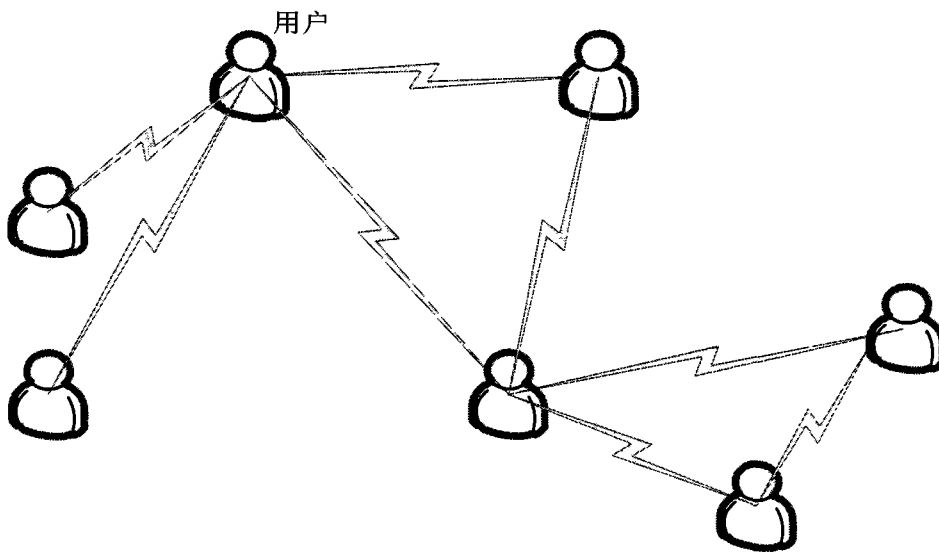


图 2

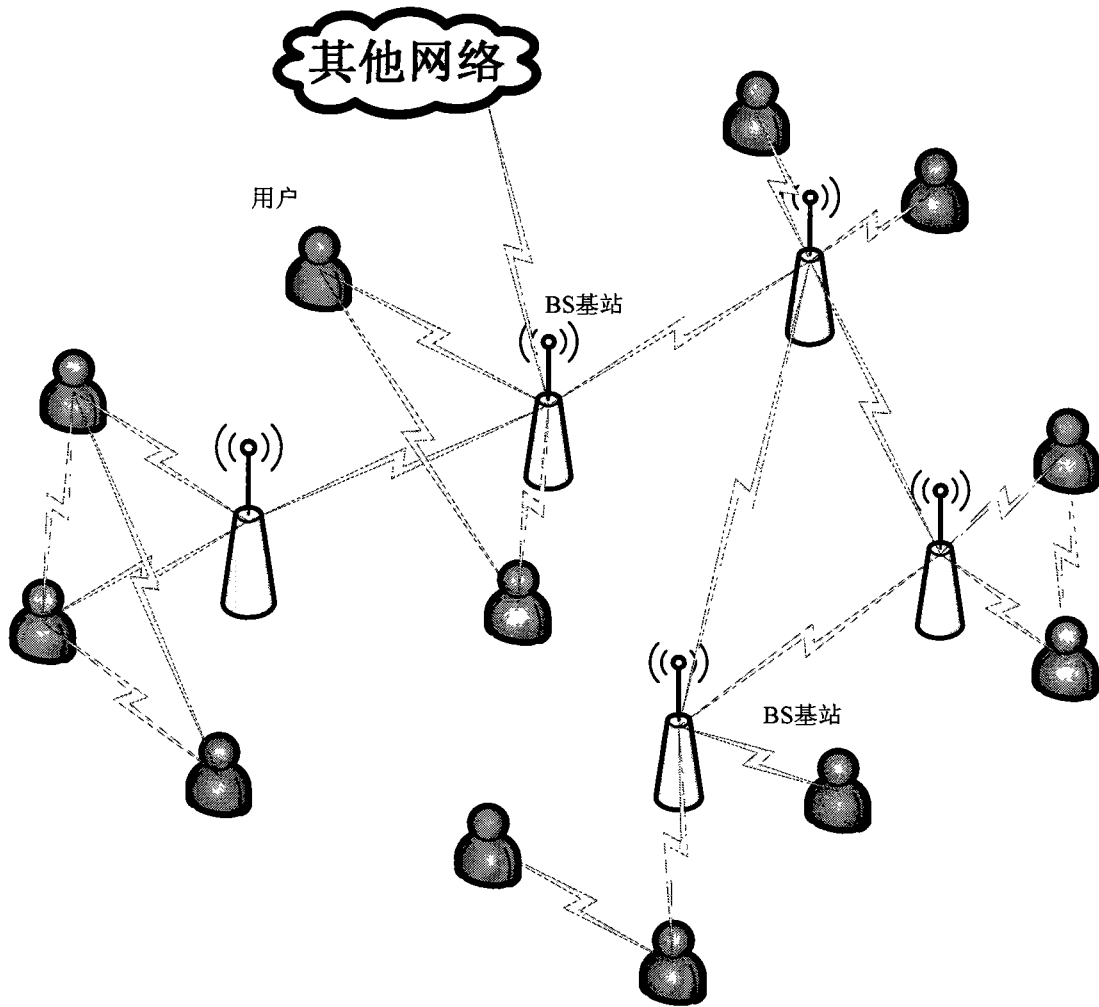


图 3

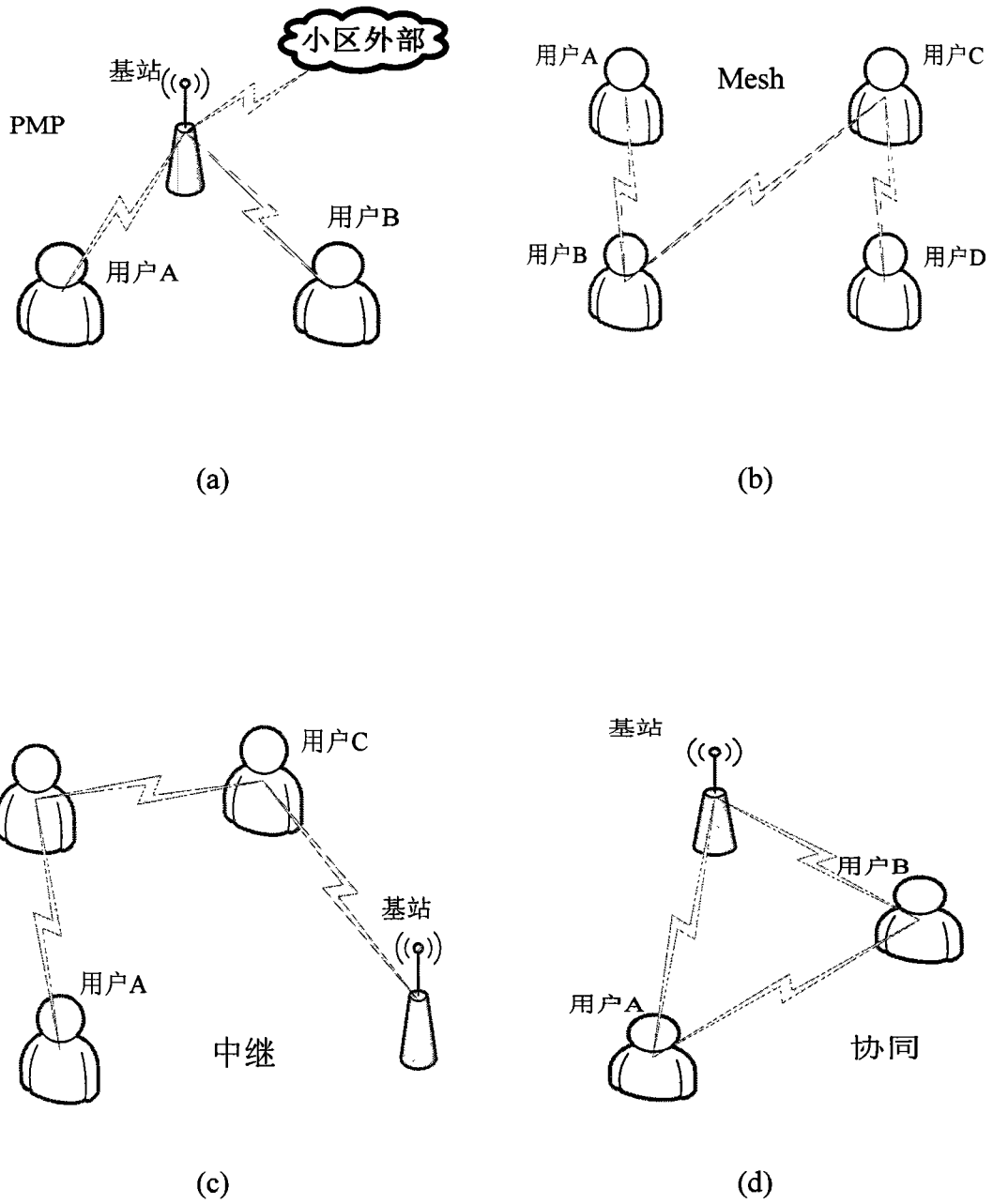


图 4

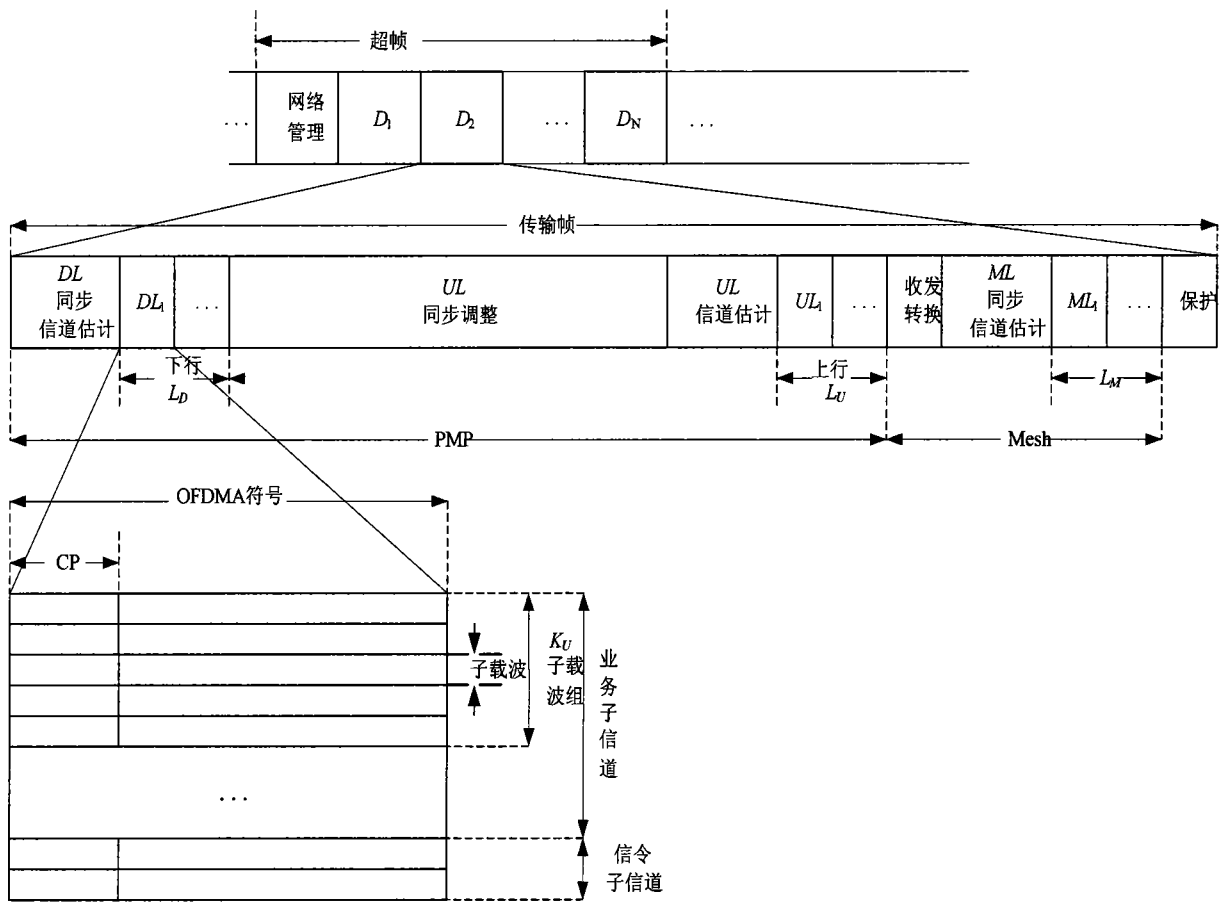


图 5

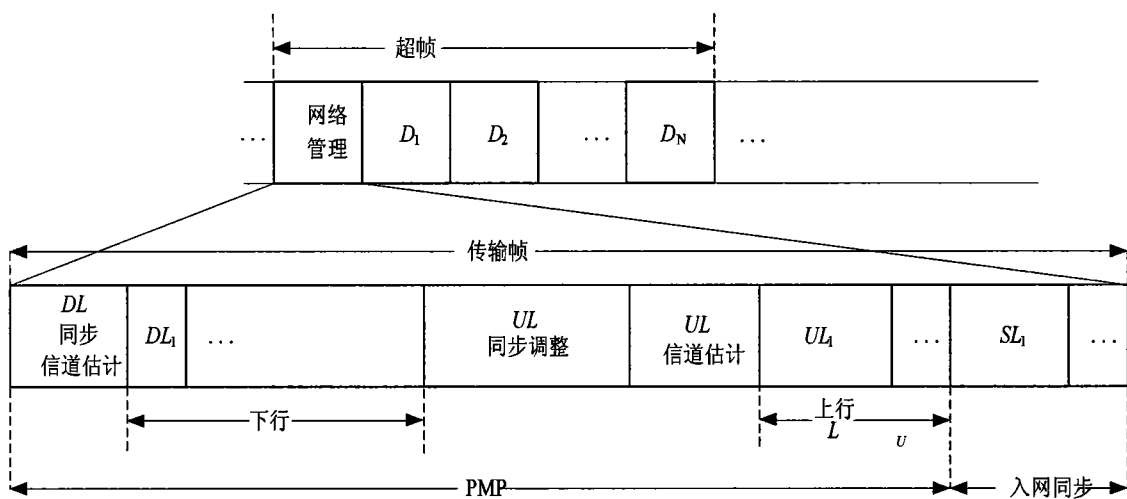


图 6

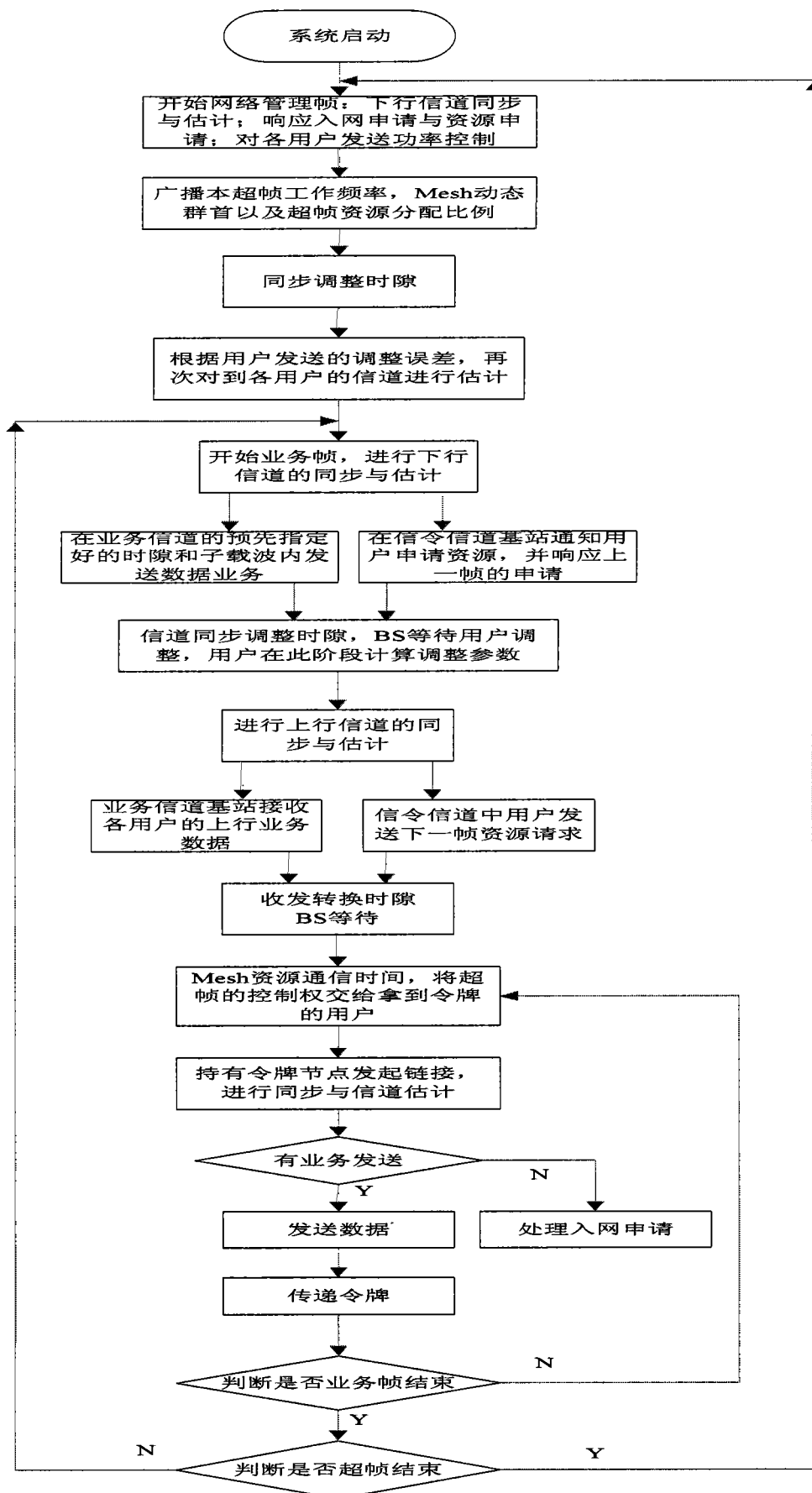


图 7