[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
*H04Q 7/30 (2006.01)*
*H04B 10/12 (2006.01)*

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200380103217.5

[45] 授权公告日 2007 年 4 月 11 日

[11] 授权公告号 CN 1310541C

[22] 申请日 2003.10.28
[21] 申请号 200380103217.5
[30] 优先权
[32] 2002.11.15 [33] US [31] 10/295,024
[86] 国际申请 PCT/SE2003/001682 2003.10.28
[87] 国际公布 WO2004/047472 英 2004.6.3
[85] 进入国家阶段日期 2005.5.13
[73] 专利权人 艾利森电话股份有限公司
地址 瑞典斯德哥尔摩
[72] 发明人 T·卡格纽斯
[56] 参考文献
US6336042B1 2002.1.1
EP0497035A2 1992.8.5
WO9804052A1 1998.1.29

审查员 傅海望
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 杨 凯 刘 杰

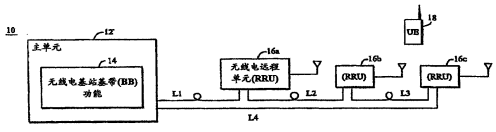
权利要求书 4 页 说明书 19 页 附图 12 页

[54] 发明名称

# 用于主－远程无线电基站和混合型无线电基站的光纤耦合配置

[57] 摘要

主－远程无线电基站系统包括多个远程无线电单元。 利用单根光纤在以串联配置耦合的主单元和远程单元之间传送信息，从而大大降低光纤成本。来自所述主单元的信息通过第一光纤通路发送到所述远程单元，以便所述远程单元几乎同时通过无线电接口发送相同的信息。 所述主单元通过所述第二光纤通路几乎同时从各所述远程单元接收相同的信息。 与每个远程单元相关联的时延通过把向每个远程单元发送信息的时间超前的来补偿。 通过单根光纤分发数据的方法避免了分别用单独的光纤连接主单元和每个 RRU 的成本。 该方法还避免了 WDM 技术，包括激光器、滤波器和 OADM 的成本，以及跟踪不同波长相关设备的逻辑开销。



1. 用于与 N 个远程无线电单元（16a，16b，...）通信的主－远程无线电基站系统，其中 N 是等于或大于 2 的整数，每个远程无线电单元（16a，16b，...）包括光基带接口（30）；所述系统还包括含光基带接口（28）的主单元（12）和用于在所述主单元（12）与所述远程单元之间传送信息的光纤（L1，L2，...），所述光纤（L1，L2，...）包括用于将信息从所述主单元（12）传送到所述远程单元的第一光纤通路（L1，L2，L3）以及用于将信息从所述远程单元（16a，16b，...）传送到所述主单元（12）的第二光纤通路（L4；L4，L5，L6），所述第一和所述第二光纤通路各包括一条或多条光链路（L1，L2，...）；所述系统的特征在于：

所述主单元（12）以 N 倍于各远程单元（16a，16b，...）的数据接收率向所述 N 个远程单元发送信息，所述主单元（12）配置为将 N 个数据字合并成帧并在所述第一光纤通路上传送该帧，其中所述一个字对应于所述 N 个远程单元中的一个；

每个远程单元（16a，16b，...）配置为从接收帧中移去其对应的数据字，在移去字位置上包含上行字，并将所述帧发送到所述下一个远程单元；以及沿所述第一光纤通路（L1，L2，L3），所述主单元（12）通过第一链路连接到串联的第一远程单元（16a），所述第一远程单元通过下一条链路连接到所述串联远程单元中的下一个远程单元，依此类推，所述串联的 N 个远程单元通过 N+k 链路连接到所述主单元（12），k 是大于零的整数，其中来自所述第一远程单元的上行信息通过对应于所述第二光纤通路（L4；L4，L5，L6）的所述 N+k 链路发送到所述主单元（12），以便所述远程单元同时通过无线电接口发送相同的信息，而所述主单元（12）通过所述第二光纤通路（L4；L4，L5，L6）同时从所述远程单元中的每一个接收所述相同的信息。

2. 如权利要求 1 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：k = 1。

3. 如权利要求 1 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：k > 1。

4. 如权利要求 1 或 3 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：所述串联配置包括具有第三和第四光纤通路对（L1，L6；L2，L5）的另一光纤（L5，L6，...），所述第三和第四光纤通路对（L1，L6；L2，L5）用于在所述主单元（12）和所述远程单元（16b，16c...）之间传送信息但在一个环路方向的相反方向上，所述第三光纤通路对（L1，L6）将信息从所述主单元（12）传送到所述远程单元（16a，16b，...），而所述第四光纤通路对（L2，L5）将信息从所述远程单元（16a，16b，...）传送到所述主单元（12），所述第三和第四光纤通路各包括一条或多条链路。

5. 如权利要求 1 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：所述串联配置包括通过第一下行和上行光纤（L1，L6）对连接到第一远程单元，所述第一远程单元通过第二下行和上行光纤（L2，L5）对连接到第二远程单元（16b），依此类推，直到所述第 N 个远程单元。

6. 如权利要求 1 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：所述 N 个远程单元对应于所述基站的 N 个扇区。

7. 如权利要求 1 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：所述主单元（12）配置为以 N 倍于每个主单元（12）向远程单元发送数据的期望数据率的速率在所述第一光纤通路（L1，L2，L3）上发送数据。

8. 如权利要求 7 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：对于每个远程无线电单元（16a，16b，...），所述主单元（12）包括定时补偿器（46，50），所述定时补偿器（46，50）通过使在所述第一光纤通路（L1，L2，L3）上以帧发送数据字的时间超前来补偿所述远程无线电单元（16a，16b，...）的相关时延。

9. 如权利要求 8 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：所述主单元（12）包括配置为执行如下操作的定时补偿控制器（52）：接收所述 N 个远程单元中每个远程单元的相关时延，选择最大时延，并控制各远程无线电单元（16a，16b，...）的所述定时补偿器，以补偿所述最大时延。

10. 如权利要求 7 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：所述主单元(12)包括用于存储所确定的所述远程单元(16a，16b，...)中每个单元的时延的数据表（62）。

11. 如权利要求 10 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：每个无线电远程单元的时延是人工测量的。

12. 如权利要求 9 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：所述主单元（12）包括用于确定所述远程单元（16a，16b，...）中每个单元的时延的计数器（63）。

13. 如权利要求 12 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：对于每个远程无线电单元（16a，16b，...），所述主单元（12）包括发送缓冲器（46）和接收缓冲器（48），并且其中定时补偿控制器（52）配置为设置所述数据字在所述第一光纤通路（L1，L2，L3）上发送之前存储在所述发送缓冲器（46）中的发送时间以及设置来自所述远程无线电单元（16a，16b，...）的响应数据字存储在所述接收缓冲器（48）中的接收时间。

14. 如权利要求 13 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：所述定时补偿控制器（52）配置为通过控制所述发送和接收缓冲器（46，48）的缓冲器深度来设置发送时间和接收时间。

15. 如权利要求 1 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：所述主单元（12）包括：

串行化器（54），用于将每个远程单元（16a，16b...）的数字并行字合并成帧，生成成帧的数据字的串行信号，其中所述每个数据字包括数字数据、数字同步信号和数字控制信号；

电光转换器（56），用于将所述串行信号转换成在所述第一光纤通路（L1，L2，L3）上传送的对应的光信号；

光电转换器（58），用于将通过所述第二光纤通路（L4；L4，L5，L6）接收的光信号转换成成帧的数据字的串行数字流；

去串行化器（60），用于将来自所述光电转换器的所述串行数字流解复用成并行数据字，每个数据字对应于所述远程单元之一，并具有数字数据信号、数字同步信号和数字控制信号。

16. 如权利要求 1 所述的主－远程无线电基站，其特征在于：至所述远程单元（16a，16b...）中的一个或多个单元的距离为 10 千米或以上。

17. 如权利要求所述的主－远程无线电基站，其特征在于：所述主单元和远程单元（12；16a，16b...）通过环形配置的所述光纤对耦合在一起。

18. 如权利要求 1 所述的主－远程无线电基站，其特征在于还包括近距离耦合到所述主单元（12，100）或集成为所述主单元（12，100）组成部分的一个或多个近程无线电单元（102），其中所述主单元（100）、近程单元（102）和远程单元（16a，16b...）经过配置，使得在所述近程和远程单元上同时接收来自所述主单元（100）到所述近程和远程单元的相同信息，并且所述主单元（100）同时接收来自所述远程单元中各单元的相同信息。

# 用于主－远程无线电基站和混合型无线电基站的光纤耦合配置

## 发明领域

本发明涉及基站包括基带处理单元和多个进行射频处理的无线电远程单元的无线电通信。

## 发明背景和发明概述

蜂窝通信系统中的常规无线电基站一般设在单个位置上，基带电路和无线电电路之间的距离相对较短，例如约为一米。分布式基站设计（称为主－远程设计）将基站的基带部分和无线电部分分开。主单元（MU）执行基带信号处理，而一个或多个无线电远程单元（RRU）在基带和射频之间执行转换，并在一个或多个天线上发送和接收信号。每个 RRU 服务某个地理区域或小区。分开的专用光链路将主单元连接到各所述多个无线电远程单元。每条光链路包括用于承载从主单元到 RRU 的下行数字信息的一根光纤和用于承载从 RRU 到主单元的上行数字信息的另一根光纤。

某些移动用户终端通信标准，例如码分多址（CDMA）蜂窝系统允许 UE 利用“软切换”与同一个基站的二个或更多个 RRU 进行通信。在软切换中，两个或更多个 RRU 同时向该 UE 发送相同的信息以及从该 UE 接收相同的信息。同时发送的信号必须加以处理以生成单个信号。某些无线电标准要求在下行方向上，从不同天线向 UE 同时发送信号应与天线上的定时基准同步。这种对准使接收器更易于合并那些不同的信号。在上行方向上，主单元基带功能包括 RAKE 接收器，用于合并通过 RRU 从 UE 接收的“相同”信号并生成单个信号。由于到每个 RRU 的通路长度各不相同，所以主单元基带功能

从不同无线电远程单元接收的这些信号分量在时间和相位上彼此不同步。虽然 RAKE 接收器可以合并来自不同信号通路的不同相信号，但如果不同信号通路之间保持较小的相位/时延差，就可以采用较简单且成本较低的 RAKE 接收器。

在主－远程无线电基站上，较大的相位或定时差可能是因为较之常规基站，将不同 RRU 耦合到主单元的光纤的长度各不相同所致。随着远程单元 16 和主单元之间的距离增加，例如为 10 千米，则不同的光链路时延的问题就更加突出。此外，这些时延不是恒定的，它们可随温度和其它因素发生变化。在没有补偿的情况下，到远程单元的不同光纤长度会导致从连接到无线电远程单元的天线发送的信号有时间/相位偏移。它们还会导致通过不同无线电远程单元接收到的 UE 信号分量之间存在非常大的时间/相位偏移。这些时间/相位偏移对于 UE 和基站中的常规接收器来说是难以处理的。在包含常规近程无线电单元和远程无线电单元的混合型基站中，也存在类似问题。近程无线电单元虽然没有任何光链路时延，但它与具有链路时延的远程无线电单元并不同步。于 2002 年 9 月 23 日提交的、共同转让的题为“在主－远程无线电基站和混合型无线电基站中同步无线电单元” 的美国专利申请 No.10/252827 中提出了一种光链路时延/同步解决方案，此专利公开内容通过引用结合于本文中。

主－远程配置中的另一个难题是如何最佳地连接主单元和远程单元。可以采用具有相关联的单独激光器和光检测器的单独光纤连接主单元与每个远程单元。每个 RRU 利用其自己的专用光纤回路与主单元通信。但所需光纤数量非常大 － 由此用于各主单元－RRU 光纤回路的成本也非常大。主单元中与每光纤对相关联的激光器和检测器设备的成本也非常大。并且在某些部署方案中，可能需要级联的多个远程单元，例如沿高速公路、隧道或现有光纤基础设施（如地铁环）。因此，希望采用一根光纤连接主单元与每个远程单元。

图 1A 显示标记为 10 的主－远程基站系统的一个示例，其中主

单元和 RRU 采用单根光纤以级联形式连接。主单元 12 包括无线电基站基带（BB）功能 14。划分成四条链路 L1－L4 的一根光纤将主单元和远程单元连接在一个环路中。第一光链路 L1 将主单元 12 耦合到第一无线电远程单元 16a。第二光链路 L2 将主单元 12 耦合到第二无线电远程单元 16b。第三光链路 L3 将主单元 12 耦合到第三无线电远程单元 16c。第四光链路 L4 将第三无线电远程单元 16c 耦合到主单元 12。当然，还可以将更多的无线电远程单元耦合到主单元 12。移动无线电用户设备（UE）18 和一个或多个无线电远程单元 16a-16c 通过无线电接口通信。

在级联和环形拓扑（其中单元以串联形式连接）中可以采用波分复用（WDM）来减少所用光纤和激光器/检测器设备的数量。为每个远程单元指配其自己的对应的激光器波长。将所有远程单元的不同波长的通信复用到单根光纤上。一根下行光纤用于从主单元到所有远程单元的业务，一根上行光纤用于从远程单元到主单元的业务，从而构成一个光纤回路。每个远程单元内部或附近设有一个光分插复用器（OADM）。

OADM 只将与特定远程单元相关的唯一波长插入光纤或从其中分出。此方法的缺点在于 WDM 技术（包括激光器、滤波器和 OADM）的成本。另一个缺点在于存在跟踪不同波长相关的设备的逻辑开销。

本发明的目的在于提供一种用于连接基站主单元和多个基站远程单元的成本有效的光纤配置。

本发明的目的在于提供这样一种成本有效的光纤配置，它需要单条下行光纤通路和单条上行光纤通路（一起构成单条光纤通路），以承载所述主单元和所述远程单元之间的信息。

本发明的目的在于提供避免部分或所有 WDM 技术成本的一种或多种单光纤对配置。

本发明的目的在于提供一种避免部分或所有用于跟踪不同波长相关设备的 WDM 技术逻辑开销的成本有效的光纤配置。

本发明的目的还在于补偿与以级联、回路或环形光纤配置连接的不同远程单元相关的时延，其中所述这些单元以串联方式连接。

本发明解决了上述问题并满足所述的和其它的目的。主－远程无线电基站系统包括多个远程无线电单元。采用单个光纤回路（一条下行光纤通路和一条上行光纤通路）以在级联、回路或环形配置中的主单元和远程单元之间传送信息，大大降低了光纤成本。下文将描述示例配置。

来自所述主单元的信息通过光纤对中的第一光纤发送到所述远程单元，以便所述远程单元基本上同时发送相同的信息。假定有 N 个远程单元（N 是非零正整数），主单元通过所述第一光纤以 N 倍于各远程单元数据接收率的速率发送出信息。所述主单元基本上同时通过第二光纤从各所述远程单元接收相同的信息。通过单个光纤回路分发数据的方法避免了 WDM 技术（包括激光器、滤波器和 OADM 以及跟踪不同波长相关设备的逻辑开销）的成本。

所述主单元将 N 个数据字（一个字对应于所述 N 个远程单元中的一个）合并成一帧，并将所述帧发送到光纤上，每个远程单元从接收帧中移去对应的数据字，在移去数据字位置上包含上行字，并将该帧传递到下一个远程单元。因为一个光纤回路承载所述 N 个远程单元中每个远程单元的所有信息，所以其数据率是每个远程单元用于通过各自光纤回路耦合到所述主单元的数据率的 N 倍。

与每个远程单元相关联的时延通过把向每个远程单元发送信息的时间超前的来补偿。用于每个远程单元的定时补偿装置对任何相关联的时延进行补偿。超前于无该延时以其它方式（即在常规基站上）发送信息的时间发送信息。由此，每个远程无线电单元基本上同时接收到该信息，如只带近程无线电单元的常规无线电基站的情况一样，而不管每个远程无线电单元的相关时延不同。超前时间发送配合上行方向均衡还可确保每个远程无线电单元发送的响应基本上同时在所述主单元上被接收，而不管与每个远程无线电单元相关

联的时延不同。

基于每个远程单元的接收时延，所述定时补偿控制器选择最大时延。在示范实施例中，该时延对应于与距离所述主单元最远的远程无线电单元相关联的时延。基于所述最大链路时延，为每个远程无线电单元确定超前的发送时间。在特定示范实施例中，数字定时和数据信号的发送时间超前最大链路时延两倍。

对于每个远程无线电单元，所述主数字接口单元包括发送缓冲器和接收缓冲器。所述定时补偿控制器设置发送缓冲时间，此时间是在一个或多个数字数据信道上发送数据信号之前数据信号在发送缓冲器中存储的时间。来自远程数字接口单元的响应数据信号在所述接收缓冲器中存储接收缓冲时间之久。所述发送缓冲时间或接收缓冲时间与远程单元的时延之和等于最大时延。可以补偿与大约 100 千米的距离差相关的时延差。

本发明还可以在同时含有进程/常规基站单元和远程无线电单元的混合型无线电基站中采用。

本发明提供一种用于耦合基站主单元和多个基站远程单元的成本有效的光纤配置。在所述主单元和所述远程单元之间只需单个光纤回路即可运送信息。所述配置免除了在单个光纤回路配置中采用 WDM 技术的情况下存在的成本和缺点。无需针对每个 RRU 设置激光器、滤波器和光分插复用器（OADM），从而消除了 WDM 光纤回路配置所需的成本。还免除了跟踪不同波长相关的设备的逻辑开销。除节省成本外，本发明补偿通过单根光纤以串联方式耦合的不同远程单元的相关时延差，以确保同步。

## 附图简介

参考如下附图及说明，可以更容易地理解本发明前述和其它目的、特征和优点。

图 1A-1D 说明主－远程无线电基站系统的不同示范配置；

图 2 以功能框图的形式说明主－远程无线电基站系统中的主单元和无线电远程单元;

图 3A 以功能框图的形式说明类似图 1A 所示配置的主－远程无线电基站系统中的无线电远程单元的光基带接口的一个示范实施例;

Fig. 图 3B 以功能框图的形式说明类似图 1B 所示配置的主－远程无线电基站系统中的无线电远程单元的光基带接口的另一个示范实施例;

图 4A 以功能框图的形式说明主－远程无线电基站系统中主单元的光基带接口的一个示范实施例;

图 4B 以功能框图的形式说明主－远程无线电基站系统中主单元的光基带接口的另一个示范实施例;

图 5 说明根据图 4B 所示示例的数字光接口链路时延的测量;

图 6A 和 6B 以流程图的形式说明数字光接口链路时延测量和补偿的两个示范操作过程;

图 7 以时序图说明一个主单元－三个远程单元配置的时延均衡的示例;

图 8 以时序图说明根据本发明一个示例方面的数字光接口链路时延补偿的某些方面; 以及

图 9 以功能框图形式说明采用本发明的一个应用的混合型基站。

发明的详细说明

在如下描述中，为了说明而非限制本发明的目的，提出了一些具体细节，如特定的实施例、操作过程、技术等，以便对本发明有透彻的理解。但是，对本领域技术人员而言，本发明显然还可以以不拘泥于这些特定细节的其它实施例来实施。例如，虽然本发明是在基于 CDMA 的蜂窝系统示例应用中进行描述的，但本发明还可以用于任何采用主－远程无线电基站结构的蜂窝系统，其中所述主－

远程无线电基站结构具有任何数量的可以配置在任何可以光纤回路耦合多个 RRU 的网络拓扑中的远程单元。本发明还可以用在任何采用混合型基站的蜂窝系统中。虽然如下示例中的一些采用单个光纤回路，但本发明还可以用在采用多根光纤的耦合配置中。

在某些实例中，对于熟知的方法、接口、设备和信令技术未进行具体描述，以免因不必要的细节使本发明模糊。再者，某些附图中显示了各单独的功能块。本领域技术人员会理解，这些功能可以采用如下方式来实现：单独的硬件电路、配合适当编程的数字微处理器或通用计算机运行的软件、专用集成电路（ASIC）和/或一个或多个数字信号处理器（DSP）。

本发明较适合应用于支持更软切换的 CDMA 移动通信网络，不过这仍然只是示例。在本示例应用中，将一个或多个外部网络连接到基于 CDMA 的无线电接入网，所述无线电接入网例如可以是 UMTS 地面无线电接入网（UTRAN）。UTRAN 包括通过合适接口通信的一个和多个无线电网络控制器（RNC），每个 RNC 连接到多个无线电基站。可以将一个或多个无线电基站配置为如图 1A 所示的主－远程基站系统，其中不同的远程无线电单元（RRU）16 通过单根光纤耦合到一个主单元 12。串联配置通过一根光纤从该主单元向所有 RRU 及任何中介 RRU 传送信息，不过也可以采用附加或冗余的光纤。最好在主单元和远程单元之间采用同步连接，以便将远程单元中的“能力”（如缓冲、重新同步等）的要求降至最小，从而使成本最低。同步连接尝试使每个远程单元的天线上的 RF 信号相对于主单元上的参考信号保持再规定的极限内。

光纤包括以串联方式将相邻单元耦合在一起的一系列链路。在图 1A 所示的光纤耦合配置中，四条光链路 L1－L4 以串联方式将主单元与远程单元耦合在一起，构成一个回路或环。主单元 12 通过该光纤的链路 L1 连接到 RRU16a。RRU16a 通过该光纤的链路 L2 连接到 RRU16b。RRU16b 通过该光纤的链路 L3 连接到 RRU16c。RRU16c

通过该光纤的链路 L4 连接到主单元。链路 L1-L4 结合起来形成单个光纤回路中的第一下行光纤通路和第二上行光纤通路。下行通路和上行通路包括每个 RRU 的不同链路。例如，RRU16a 的下行通路包括链路 L1，而上行通路包括链路 L2、L3 和 L4。RRU16b 的下行通路包括链路 L1 和 L2，上行通路包括链路 L3 和 L4。RRU16c 的下行通路包括链路 L1、L2 和 L3，上行通路包括链路 L4。这两条光纤通路可以在主单元和远程单元之间的同一条物理电缆中（对应于“级联”配置）或在分设的物理路线/电缆中（对应于“环形”配置）。

图 1D 说明应用于“扇形”基站的图 1A 所示光纤耦合配置的示例。基站的每个扇区由对应的 RRU 服务。因为链路 L1 和 L4 比链路 L2 和 L3 长得多，所以必要时可以忽略与 L2 和 L3 相关的链路时延，同时为与较长链路 L1 和 L4 相关的链路时延提供时延补偿（下文将对此予以说明）。

图 1B 显示第二示例光纤耦合配置。与图 1A 相似，主单元和 RRU16a 通过链路 L1 连接，RRU16a 和 RRU16b 通过链路 L2 连接，RRU16b 和 RRU16c 通过链路 L3 连接。但是，RRU16c 具有至 RRU16b 的返回链路 L4。RRU16b 具有至 RRU16a 的返回链路 L5。RRU16a 具有至主单元 12 的返回链路 L6。实际中，每个 RRU 具有一个光回路，该光环路具有传递该 RRU 的信息的中介 RRU。对于 RRU16a，第一下行光纤通路包括链路 L1-L3，第二上行光纤通路包括链路 L4-L6。如果 L1/L6、L2/L5 和 L3/L4 光纤链路共享同一物理电缆和路由，则可以采用自动时延测量，因为单向时延是往返时延的一半。但是，此配置需要在每个 RRU 上设置两个光电转换器。

图 1C 显示类似于图 1A 的另一个示例级联配置，其中主单元和远程单元之间设有用于传送信息的可选冗余光纤，但方向相反。第一回路是字母“e”表示的“东向”回路，而相对的回路是字母“w”表示的“西向”回路。这种东西配置的双光纤回路增加了冗余性以及附加的保护。考虑这样的情形：两根光纤在一个位置上被切断（例

如在 RRU16a 和 RRU16b 之间的链路 L2 上）。RRU16a 可以自动地重新配置，以利用链路 L1w 向主单元 12 发送以及利用链路 L1e 从主单元接收。其它 RRU 可以相应地配置为利用链路 L3 和 L4 与主单元 12 进行通信。

图 2 以功能框图的形式说明与一个 RRU16 耦合的主单元 12。数字光接口（下文有时称为光接口链路（OIL）接口）用于主单元 12 和 RRU16 之间进行数字通信。主单元包括光基带接口（OBIF）单元 28，而该 RRU16 包括光基带接口（OBIF）单元 30。OBIF 28 和 30 支持数字光接口。该数字光接口的电气侧包括用于数据信号、定时信号和控制信号的并行数字信道。光侧输出光信号串行流形式的数字信息。对于单个 RRU 示例，16 位宽的数字光接口包括 16 个并行数字信道。

主单元 12 包括定时单元 20，用于生成一个或多个定时信号，如帧同步（FS）信号，FS 信号作为对应于 OIL 接口中的一个或多个比特的数字定时信道提供给 OBIF 28。主单元控制器 22 生成通过一个数字控制信道提供给 OBIF 28 的控制信号，该数字控制信道对应于 OIL 接口中的一个或多个比特。一个或多个基带发送器 24 通过对应于 OIL 接口中的一个或多个比特的一个或多个数字信道向 OBIF 28 提供数字数据。一个或多个基带接收器 26 接收 RRU16 发送的数字数据。可以任何适当的方式生成用于基带收发电路的定时基准。在一个示例中，可以将定时信号如 OBIF 28 提供的帧同步信号用于基带发送器 24 和基带接收器 26。但是，发送器和接收器的定时信号无需完全一样，例如，它们可以不同或彼此有偏移。

RRU16 具有耦合到收发器 32 和 RRU 控制器 42 的相似（但并非完全相同的）OBIF 30。RRU 控制器 42 通过数字控制信道接收并发送控制信号。收发器 32 从 OBIF 30 接收数字数据/向 OBIF 30 发送数字数据。接收到的数据经过处理、调制、滤波、上变频转换并在功率放大器 34 中放大，然后通过双工滤波器 36 经天线发送到移动

无线电设备 UE 18。从天线 38 接收到并在 36 上进行双工滤波之后的 UE 无线电信号经低噪声放大器 40 放大，并在收发器 32 中进行互补形式的处理。OBIF 30 将从相邻单元（此处为主单元）接收到的信号转发到串联的下一个 RRU，并包括任何响应 UE 信号。在图 1C 所示的配置中，从相邻的下行 RRU 到 OBIF 30 会有另一个光纤输入，此输入含有要发送到主单元 12 的信号。

图 3A 说明对于图 1A 的示例耦合配置，每个 RRU16 中 OBIF 30 的其它细节。从主单元 12 通过光链路发送的光信号包含由信息的多个数字“字”构成的帧，每个字旨在发往所述 RRU 之一，并在光电转换器 70（如 PIN 二极管）中转换成一个串行数字电信号。在上述非限制性示例中，每个字可以包含 16 比特的控制信息、数据信息和同步信息。如果有三个 RRU 以级联方式连接，则该帧包含三个 16 比特的字。第一 RRU 的字位于该帧的第一位置，第二 RRU 的字位于该帧的第二位置，以及第三 RRU 的字位于该帧的第三位置。去串行化器 72/串行化器 74 可以例如实现为还可以执行链路处理，如建立链路同步、链路故障处理等的去复用器/复用器对。这种去复用器/复用器对可以作为标准芯片组，例如 Agilent HDMP 1032/1034 或 TI TLK 2501 获得。

在图 3A 中，RRU 去串行化器 72 将此 RRU16 的数据字（本例中为 16 比特数据）从串行数字信号转换成并行数字信号，并按路由将该并行信号发送到收发器 32 和 RRU 控制器 42。发送到收发器 32 和 RRU 控制器 42 的并行信号包括数字数据信号、定时信号和控制信道信号。目的地为其它 RRU 的剩余数据比特一路传送到串行化器 74。串行化器 74 还从此 RRU 接收要从收发器 32 和 RRU 控制器 42 发送到主单元的并行上行数据。它将上行数据转换成串行格式，并在帧中对应于该 RRU 的字位置上包含上行串行数据。电光转换器 76 将数字帧转换成光信号，以便通过光纤传送到级联的下一个 RRU 或主单元 12（如果它是级联的下一目的地）。电光转换器的示例是激

光二极管。

图 3B 说明图 1B 所示示例耦合配置中 RRU16 的 OBIF 30 的其它细节。在本情况中，将 RRU16a 用于说明目的。OBIF 30 类似于图 3A 所示的情况，不同之处在于采用了两组转换器 70 和 76 以及去串行化器/串行化器 72 和 74。主单元通过链路 L1 向 RRU16a 发送光信号。接收到的光信号通过光电转换器 70 转换成电信号，光电转换器 70 然后将数字电信号发送到去串行化器 72。RRU 去串行化器 72 将此 RRU16a 的数据字从串行数字信号转换成并行数字信号，并按路由将该并行信号发送到该 RRU16a 中的收发器 32 和 RRU 控制器 42。目的地为其它 RRU（16b 和 16c）的其余数据比特一路传送到串行化器 74，如该图下部所示。串行化器 74 将通过的数据转换成串行格式，并将该串行信号发送到电光转换器 76。电光转换器 76 将传来的电信号转换成光信号，以便通过光链路 L2 向下一个 RRU16b 传送。

在相反的上行方向上，RRU16a 通过链路 L5 从 RRU16b 接收光信号，并在光电转换器 70 中将其转换成电格式。去串行化器 72 将来自转换器 70 的串行数字信号转换成含有来自 RRU16b 和 RRU16c 的数据字的并行数字信号。该并行数字信号作为穿通数据提供给串行化器 74。串行化器 74 将来自 RRU16a 的收发器 32 和控制器 42 的上行数据字插入到每个含有来自 RRU16b 和 RRU16c 的数据字的帧中。串行化器 74 将成帧的数据字转换成串行格式，并将该串行信号发送到电光转换器 76。电光转换器 76 将该数字信号转换成光信号，以便通过光链路 L6 向主单元 12 发送。

图 4A 说明采用类似图 1A 所示的配置，主单元 12 中的 OBIF 28 的其它细节，其中显示了这些 RRU 之一 RRU16a 的细节，以简化说明。每个 RRU 具有相关联的 OIL 标签，例如 RRU16a 具有 OIL 1、RRU16b 具有 OIL 2，RRU16c 具有 OIL 3。因为控制信令只与该 RRU 相关，所以无需任何 OIL 均衡。

在本示例中，OIL 均衡器 44 对应于每个 RRU 包括时间偏移器

42、发送缓冲器 46、接收缓冲器 48 和缓冲器深度控制器 50。与每个 RRU 相关联的发送（Tx）缓冲器 46 是一种从基带发送器 24 接收数据的先进先出（FIFO）缓冲器。该数据被存储一段时间之后经数据信道输出到串行化器 54，所述一段时间对应于 FIFO 缓冲器深度。主单元处理器 22 为每个数据字提供数字控制信号，主单元 OIL 均衡器 44 为每个字提供数字数据和定时信号。串行化器 54 从与各 RRU 相关联的发送缓冲器接收多个字，并将三个字（一个对应于 RRU16a、一个对应于 RRU16b 以及一个对应于 RRU16c）包含在一个帧中。这些字按顺序置于帧中－字 1、字 2 和字 3－以便易于在相应的 RRU 上由其去串行化器 72 提取。串行化器 54 然后将并行数据转换成串行格式，并将该串行数据发送到电光转换器 56，以便转换成光格式，并通过下一条光链路（本例中为链路 L1）传送。

FIFO 缓冲器深度由缓冲器深度控制器 50 控制。在本示例实现方案中，定时基准来自帧同步信号。帧同步信号发送到基带接收器 26（无时间偏移）和帧同步时间偏移器 42。帧同步时间偏移器 42 使该帧同步信号超前预定时间间隔（下文将对此予以说明），并将该时间超前的帧同步发送到发送 FIFO 缓冲器 46。该帧同步在 FIFO 缓冲器 46 中连同数据一起进行延时处理，以保持该帧同步与数据之间的定时关系。偏移的帧同步由基带发送器 24 用于下行数据的较早发送，下文将对此予以进一步说明。未偏移的帧同步作为定时基准发送到基带接收器 26。

不同于如上所述使下行定时基准信号超前预定时间量，另一个示例方法是使上行定时基准信号延迟预定时间量。此后一种方法无需在下行通路上使帧同步信号偏移，而是在上行通路上使其偏移。另一种示例方法不依赖于或影响帧同步，而是通过发送器中的软件设置使发送定时超前。

在上行方向上，光电转换器 58 从光链路 L4 接收光信号，并将其转换成电格式。去串行化器 60 将串行信号转换成并行格式。每个

OIL 均衡器 44 包括接收 FIFO 缓冲器 48，用于从对应的去串行化器 60 接收并行数字数据和“环回的”帧同步信号。该数据和帧同步被存储一段时间之后，分别在数据信道和定时信道上输出，上述一段时间对应于缓冲器深度控制器 50 控制的 FIFO 缓冲器深度。FIFO 数据和帧同步发送到基带接收器 26。

提供了如图 1 所示的数据表 62，用于存储每个 RRU 的相关时延。具体地说，各 RRU 与主单元的距离不同。在图 4A 所示的本示例中，以手动方式测量这些时延，并将测得的时延存储在数据表 62 中。定时补偿控制器 52 在设置由缓冲器深度控制器 50 控制的缓冲器深度时访问每个 RRU 的延时时间。

假定采取类似图 1B 所示的另一种光纤耦合配置，图 4B 说明主单元 12 中对应于 RRU 之一即 RRU16a 的其它细节。假定 L1/L6、L2/5 和 L3/L4 光纤链路共享同一物理电缆和路由，则可以采用自动时延测量，因为单向时延是往返时延的一半。代之手动测量各 RRU 的相关时延并将其存储在数据表 62 中，图 4B 采用计数器 63 自动测量这些时延。更具体地说，在将帧同步信号发送到对应的串行化器 54 的同时，还将其发送以启动计数器 63。计数器 63 利用时钟或其它适当信号进行计数，直到因从去串行化器 60 接收到环回帧同步信号而停止为止。将对应于与向特定 RRU 发送数据相关联的测量时延的计数值发送给定时补偿控制器 52。

定时补偿控制器 52 接收其它 RRU 的时延计数值，并确定最大时延值。作为一个示例，定时补偿控制器 52 可以选择最大计数值作为最大时延值。定时补偿控制器 52 向时间偏移器 42 发送两倍最大时延值，以提供应该向发送缓冲器 46 发送数据和帧同步时的超前时间基准量。定时补偿控制器 52 利用最大时延与每个 RRU 的测得/统计的时延值之间的差来确定发送到缓冲器深度控制器 50 的 FIFO 缓冲器深度。

图 5 从概念上说明一条主单元/远程无线电单元链路的自动光链

路时延测量。可以对所有远程无线电单元采用相同的测量处理过程。主单元 OBIF 28 中的帧同步脉冲启动定时器 63。同时，帧同步脉冲通过下行光纤通路和任何中介 RRU 传送到 RRUOBIF 30，其中去串行化器 72 经由中介 RRU 通过返回光纤通路“将该帧同步脉冲环回到”主单元。空中接口上和 UE 中的时延不进行测量。串行化器 74 通过光链路中的返回光纤通路将环回的帧同步返回到主单元 OBIF 28，并在 OBIF 28 使计数器停止。环回同步脉冲所需的延时以计数值反映，并转发到定时补偿控制器 52。虽然可以采用或甚至生成另一定时信号来执行此任务，但采用主单元生成的现成帧同步脉冲无需额外的开销或成本。

通过使帧同步信号在其自己的数字定时信道上传送，时延测量不会中断数字信道上的数据发送。再者，时延测量可以连续地、定期/按一定时间间隔执行，或者应定时补偿控制器 52 的请求执行。每条光链路引起的时延可随某些具体因素变化。一个因素是变化的温度。独立（即独立于数据信道）并持续进行的时延测量功能可确保定时补偿控制器 52 具有最新的精确时延测量值。精确的时延测量值意味着基于这些测量值的时延补偿也是精确的。

现结合图 6A 和图 6B 中的流程图来描述示例 OIL 时延补偿操作过程（方框 80）。图 6A 中的操作过程涉及采用人工时延测量的图 1A 所示级联配置，图 6B 所示的操作过程涉及采用自动时延测量的图 1C 所示级联配置。图 6A 中的操作起始于方框 82，人工测量主单元和每个 RRU 之间的距离，例如在安装时，利用诸如 OTDR（光时域反射计)等熟知技术来执行测量。将每个 RRU 的相关时延值存储在数据表 62 中，以便至每个 RRU 的总时延与最长 MU－RRU 距离相一致。图 6B 中的操作起始于方框 82，定时补偿控制器 52 利用每个 RRU 的数据表 62 确定与其光链路长度相关联的瞬时或平均时延。根据需要，时延确定可以持续地、定期地或应定时补偿控制器 52 的请求来执行。

一般来说，对于图 6A 和图 6B，定时补偿控制器 52 利用报告的时延计算各 RRU 的单独附加时延，以便均衡各 RRU 的总发送时间。该附加时延利用发送 FIFO 缓冲器 46 和接收 FIFO 缓冲器 48 引入传送链。例如，所有 RRU 的发送信号的总时延可以均衡为最长的 RRU 时延。所有 OIL 链路中的最长 RRU 时延可以是“最大时延”或某个较长的延时。

在图 6A 和图 6B 二者所示的方框中，利用最大时延与每个 RRU 的相关时延之差来确定每个 RRU 的发送和接收 FIFO 缓冲器深度和帧同步超前定时。对于与最长时延相关的 RRU，如果最大时延等于最长时延，则该 FIFO 时延为零。对于时延短于最大时延的 RRU，选择每个发送 FIFO 缓冲器和接收 FIFO 缓冲器引起的附加时延，以使该总 FIFO 缓冲器时延连同 RRU 时延等于最大链路时延。对于所有的 RRU，主单元“早于”在到 RRU 的光链路上没有时延的情况下的发送时间发送数据（图 6A 和图 6B 中的方框 86）。在优选实施例中，超前定时两倍于最大链路时延。每个 RRU 从主单元接收信息，并将该信息转发到移动无线电设备 UE。RRU 将来自 UE 的响应发送到主单元，在该处通过接收 FIFO 延迟与设定的 FIFO 缓冲器深度对应的时间（图 6A 和图 6B 中的方框 88）。

超前且同步的定时对 UE 和基站基带接收器都有益。来自主单元的数据同时从具有不同时延的多个 RRU 发送。这允许 UE 基带接收器更容易处理多个信号，而不受至这些 RRU 的不同光链路时延的影响。同样地，由所述多个 RRU 通过具有不同长度/时延的光链路将来自 UE 转发响应数据的定时（此定时从接收 FIFO 提供给主单元中的基带接收器），不受光链路长度不同的影响。因此，主单元基带接收器可以更容易地处理所述多个信号，而不受不同光链路时延的影响。这些优点允许在基于 CDMA 的蜂窝通信系统中实施更软切换，而无需更复杂的 RAKE 接收器。典型的 CDMA 接收器设计为处理从不同天线接收（例如处于软切换时）和/或通过不同传播路径接收的

信号分量的某个时延差。这种设计并非针对主－远程基站中不同 OIL 链路长度引起的附加时延差。本发明使不同天线的定时对齐，甚至使基站的总定时对齐，以便可以利用此典型接收器。

为了确定每个 RRU 的 FIFO 缓冲器深度，定时补偿控制器 52 根据所报告的每个 RRU 的光链路时延计算至每个 RRU 的光链路的相关单向时延，并选择最大时延。在图 7 所示的示例中，将选择的共有时延设为与计算出的最长单向时延相等。每个 RRU 具有不同长度的光链路：OIL1、OIL2 和 OIL3。OIL1 的长度是 2*OIL2。OIL3 的长度是 3*OIL2。必须补偿 RRU1 和 RRU2 的时延信息，以便与 OIL1 和 OIL2 相关联的时延等于与 OIL3 相关联的时延（即本例中的最大时延）。假定 UE 通过空中接口与这三个 RRU 的每一个等距（这并非必需），但可简化本示例。

如上所述，超前计划两倍最大链路时延将目的地为 UE 的主单元基带发送器数据发送到主单元 OIL 均衡器 44 中的每个发送（TX）FIFO 46。这里，定时计划由定时电路 20 生成的帧同步（FS）确定，并由时间偏移器 42 执行超前。其目的是要提前将数据发送到这三个 FIFO 的每一个，使得在经过它们的三个相应的发送 FIFO 缓冲器和 OIL 链路之后，在相应的 RRU 同时接收到数据。因此，要发送到 RRU1 的数据在其 TX FIFO 缓冲器中被延迟之久发送对齐时延之久。要发送到 RRU2 的数据在其 TX FIFO 缓冲器中被延迟两倍于 RRU1 FIFO 中延时的发送对齐时延之久。RRU3 的 FIFO 缓冲器中没有时延。由此，所有发送数据同时到达每个 RRU，并同时发送到 UE，以协助 UE 接收器中的接收，即“发送对齐”。就本示例而言，从 RRU 到 UE 的下行空中接口传输时间、UE 中的响应时间、从 UE 到 RRU 的上行空中接口的传输时间均假定为是相同的。

所述目的在上行方向中是相同的。来自每个 RRU 的 UE 响应数据在经过三个相应的 OIL 之后在其相应的接收（RX）FIFO 上被接收。每个 RX FIFO 缓冲器所引起的时延与到相同 RRU 的下行通路的

对应 TX FIFO 缓冲器引起的时延相同。来自 RRU1 的数据在其 RX FIFO 缓冲器中被延迟发送对齐时延之久。要发送到 RRU2 的数据在其 RX FIFO 缓冲器中被延迟两倍于 RRU1 FIFO 中延时的发送对齐时延之久。RRU3 的 FIFO 缓冲器中没有时延。由此，所有 UE 响应数据同时发送到主单元基带接收器，即“接收对齐”。

本发明在主－远程无线电基站上实现了标准的无线电基站（RBS）定时。图 8 在左边显示简化的标准 RBS 定时图。帧同步（FS）脉冲标记 RBS 开始通过空中接口向 UE 发送含发送（TX）数据的协议帧的时间。UE 对该 TX 数据的响应开始于空中接口和 UE 响应时延之后。在附图右边，显示主－远程定时。帧同步从通过长度均衡处理的 OIL 链路从主单元发送到每个 RRU，其发送时间超前标准 RBS 正常发送帧同步时间的两倍，如图显示为 2*T_OIL_MAX。发送数据帧通过长度均衡处理的 OIL 链路从主单元发送到每个 RRU，其发送时间也超前标准 RBS 正常发送数据帧时间的两倍，如图显示为 2*T_OIL_MAX。RRU 接收该帧同步并超前最大时延（显示为 T_OIL_MAX）发送数据。在空中接口和 UE 响应时间之后（与附图左边所示的常规情况中一样），RRU 通过 RRU 的 OIL 发送 UE 响应。在通过 RX FIFO 缓冲器之后，并在未偏移帧同步信号参照的正确定时到达上行基带处理电路。

超前帧同步和数据发送时间可补偿主－远程设计中的光链路时延。上述的 FIFO 缓冲器深度控制均衡光链路时延差。每个 RRU 同时将传输数据发送到 UE，并且同时在接收器上接收 UE 响应数据。这样，主－远程基站可以仅仅像标准基站那样工作。

不同于向基带发送器提供超前的定时基准以便将下行数据早些向无线电远程单元发送，可以代之以向基带接收器提供经过延迟的定时基准。在那种情况下，将未偏移的帧同步信号用作基带发送器的定时基准。因此，OIL 链路均衡可以用于超前的发送器定时，也可以用于延迟的接收器定时。

图 9 以功能框图形式说明的本发明的另一个示例实施例将主－远程基站与常规基站结合成所谓的混合型基站 100。混合型基站 100 包括结合了图 2 所示主单元 12 的部件的常规基站电路。其中显示了三个以级联配置耦合到 OBIF 28 的代表性远程单元 16a-16c。每个常规基站无线电电路 102 称为“近程”无线电单元，它耦合到对应的基带接口单元 28'。近程无线电电路 102 类似于 RRU 电路 16（例如收发器、功率放大器、双工滤波器、低噪声放大器、天线等），不同之处在于 OBIF 30。没有光链路将无线电电路 102 与基带发送器 24 或基带接收器 26 耦合，所以无需 OBIF 30。但不同无线电单元之间仍需要同步。混合型基站的常规部分和主－远程部分应该同步，以便支持近程无线电单元 102 与远程无线电单元 16 之间的更软切换，从而可能满足诸如 3GPP 的蜂窝通信标准强加的定时要求。

根据本发明的这一方面，每个常规基站无线电电路 102 被当做链路长度为零（对应于零链路时延）的 RRU。每个近程无线电单元 102 与基带接口 28'相关联，基带接口 28'利用例如上述发送和接收 FIFO 与帧同步超前方法提供最大缓冲时间。缓冲和帧同步超前确保从附近天线和远程天线二者接收到的所有信号可以在 RAKE 接收器中容易地加以合并。因为已知往返时延为零，所以无需对近程无线电单元执行往返时延测量。混合型基站中近程无线电单元和远程无线电单元之间的同步使现有基站可以通过 RRU 来增强，而无需显著地改动常规基站或改动其定时。

本发明提供了一种用于耦合基站主单元和多个基站远程单元的成本有效的光纤配置。在所述主单元和所述远程单元之间只需单根光纤回路即可传送信息。该配置避免了在单根光纤回路配置中采用 WDM 技术时的成本和缺点。无需针对每个 RRU 设置激光器、滤波器和光分插复用器（OADM），从而消除了 WDM 光纤回路配置必需的成本。还避免了跟踪不同波长相关设备的逻辑开销。除节省成本外，本发明补偿通过单根光纤以串联方式耦合的不同远程单元的

相关时延差，以确保同步。

虽然本发明已参照特定实施例作了说明，但本专业人员会认识到，本发明不限于这些具体示范实施例。除了所示和所述的以外，还可以采用不同的格式、实施例和调整以及许多变化方案、修改方式和等效布置来实施本发明。例如，虽然 FIFO 缓冲器被描述为延迟机制，但也可以采用其他延迟方式，如移位寄存器、使用偏移读/写地址的双端口存储器等。虽然使用优选实施例对本发明进行了描述，但它们仅说明本发明示例。因此，意图在于，本发明只由所附权利要求书的范围限定。

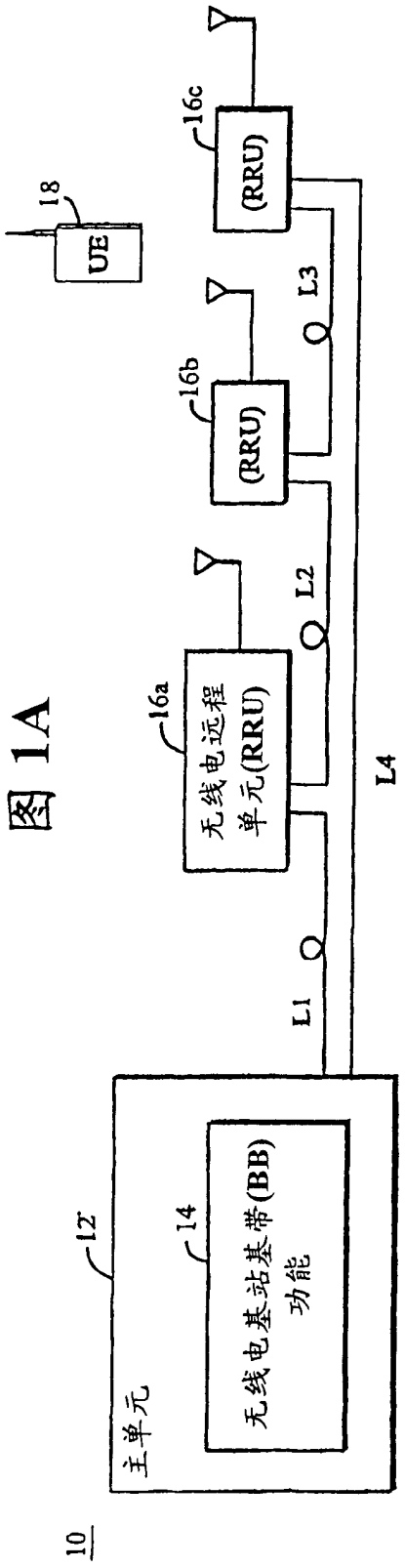

10
12'
主单元
14
无线电基站基带(BB)功能
16a
无线电远程单元(RRU)
16b
(RRU)
16c
(RRU)
18
UE
L1
L2
L3
L4

图 1A

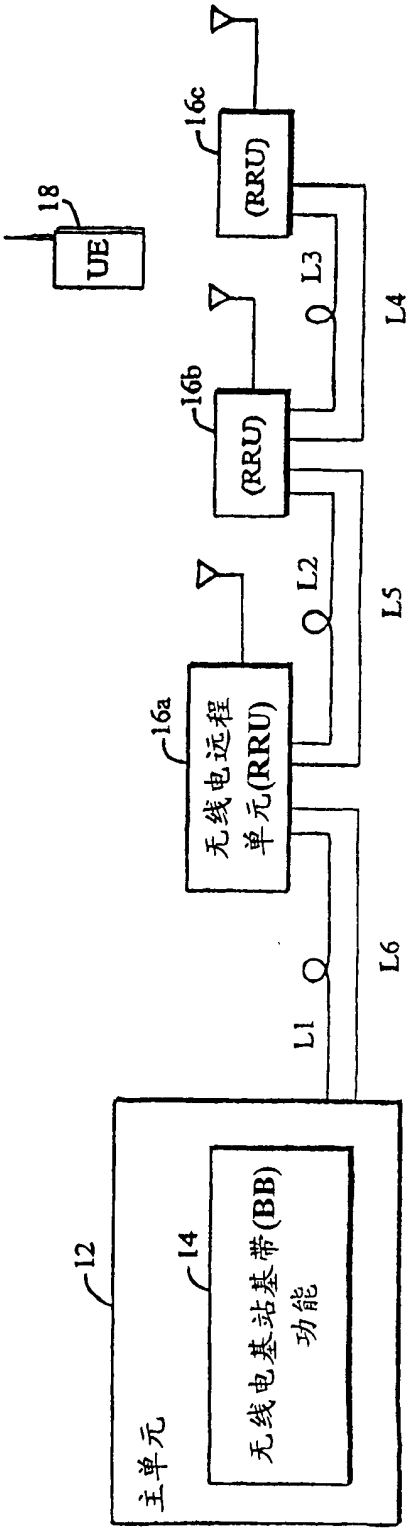

12
主单元
14
无线电基站基带(BB)功能
16a
无线电远程单元(RRU)
16b
(RRU)
16c
(RRU)
18
UE
L1
L2
L3
L4
L5
L6

图 1B

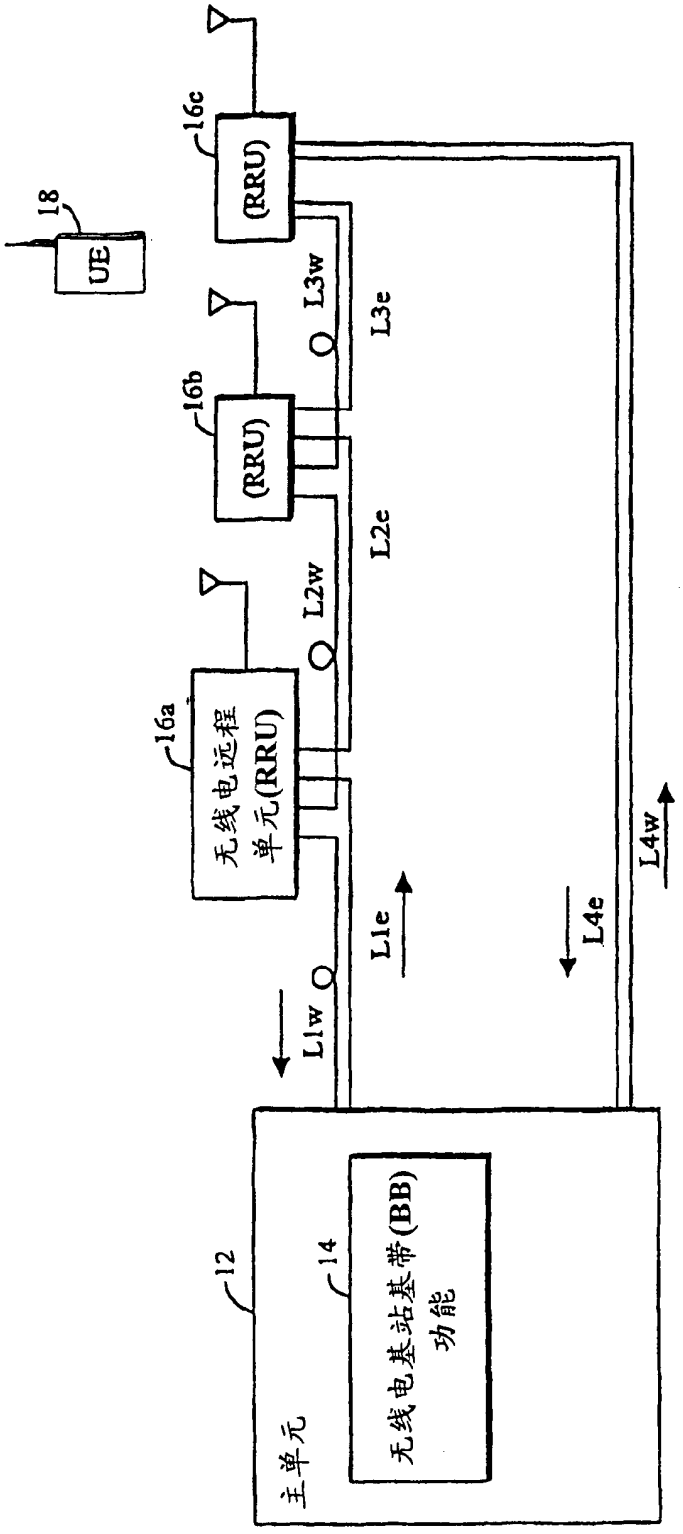

18
UE
16c
(RRU)
L3w
L3e
16b
(RRU)
L2w
L2e
16a
无线电远程
单元(RRU)
L1w
L1e
L4e
L4w
12
主单元
14
无线电基站基带(BB)
功能

图 1C

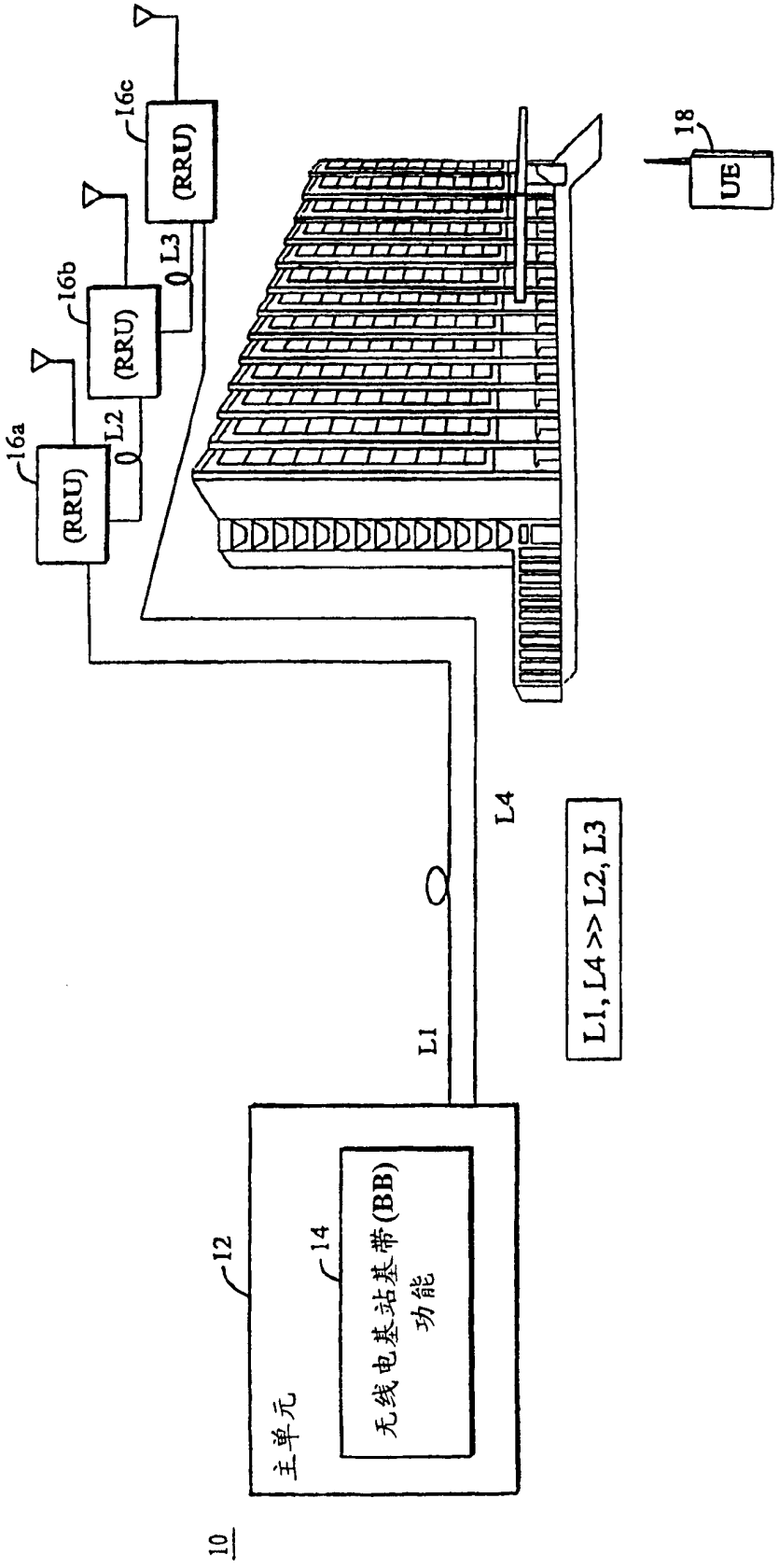

10
12
主单元
14
无线电基站基带(BB)
功能
L1
L4
L1, L4 >> L2, L3
16a
(RRU)
L2
16b
(RRU)
L3
16c
(RRU)
18
UE

图 1D

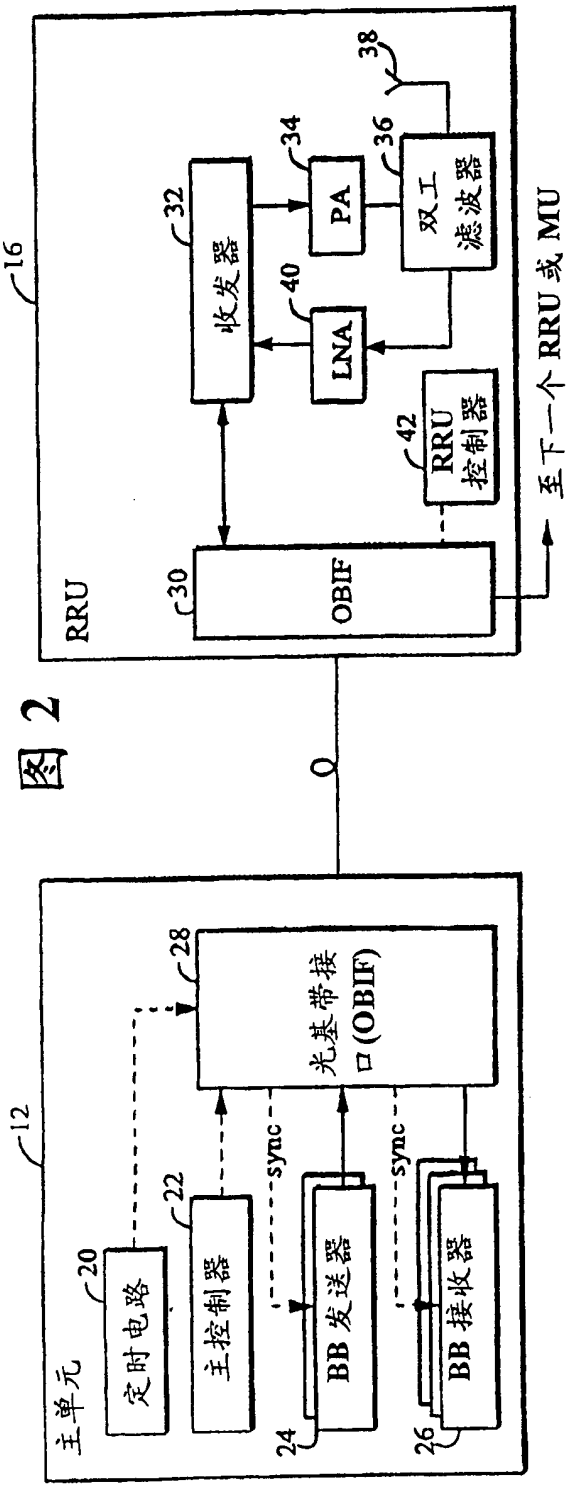

主单元
12
定时电路
20
主控制器
22
BB 发送器
24
BB 接收器
26
光基带接口(OBIF)
28
sync
sync
Q
RRU
16
OBIF
30
收发器
32
LNA
40
PA
34
双工滤波器
36
38
RRU 控制器
42
至下一个 RRU 或 MU

图 2

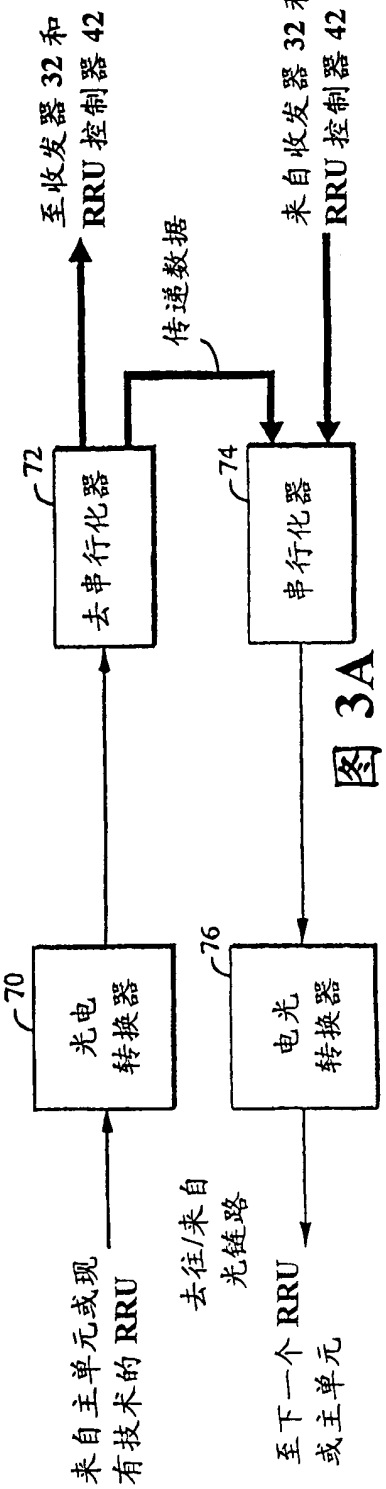

来自主单元或现有技术的 RRU
光电转换器
70
去往/来自光链路
至下一个 RRU 或主单元
电光转换器
76
去串行化器
72
至收发器 32 和 RRU 控制器 42
传递数据
串行化器
74
来自收发器 32 和 RRU 控制器 42

图 3A

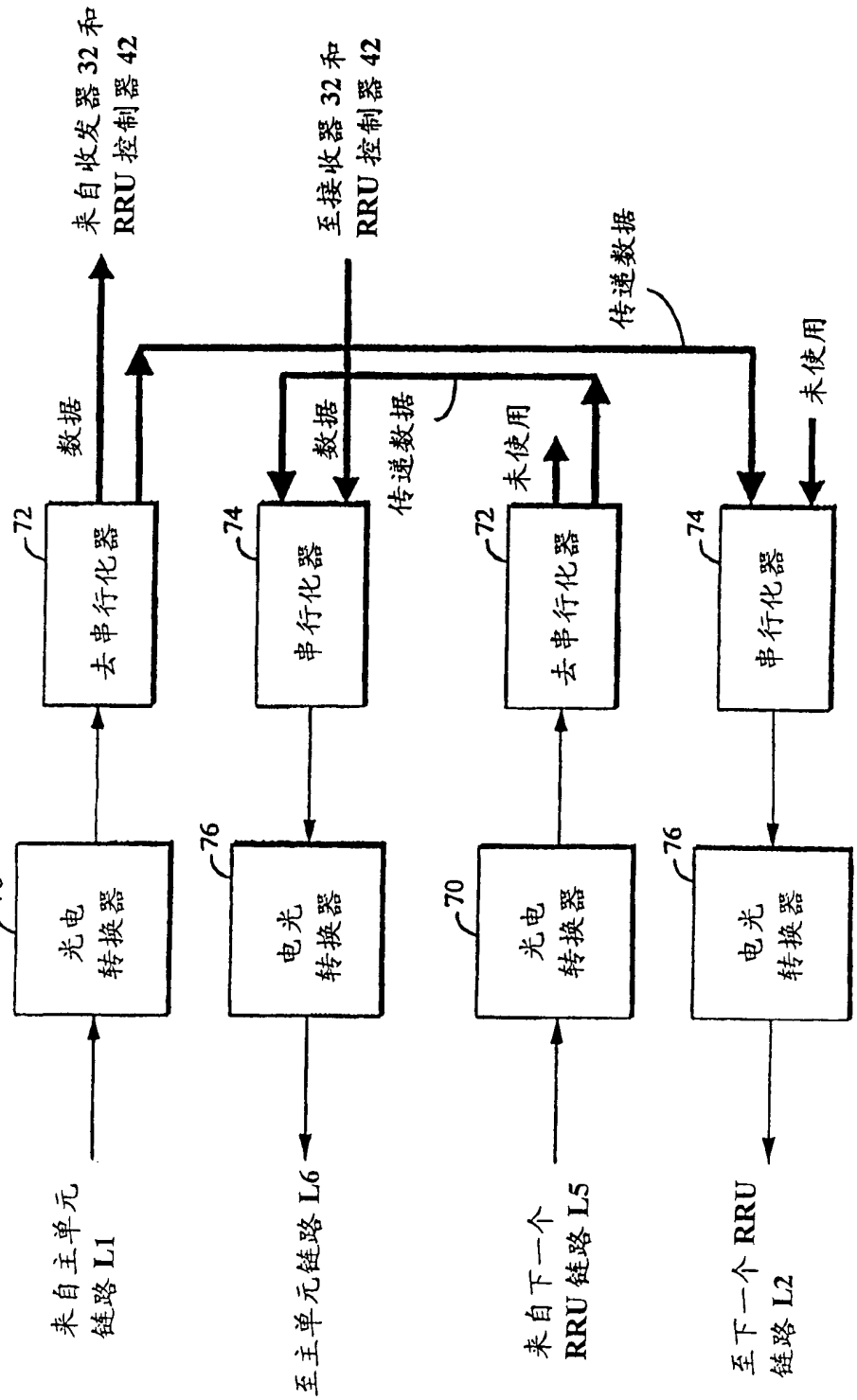

来自主单元链路 L1
至主单元链路 L6
来自下一个 RRU 链路 L5
至下一个 RRU 链路 L2
光电转换器
电光转换器
去串行化器
串行化器
70
72
74
76
数据
传递数据
未使用
来自收发器 32 和 RRU 控制器 42
至接收器 32 和 RRU 控制器 42

图 3B

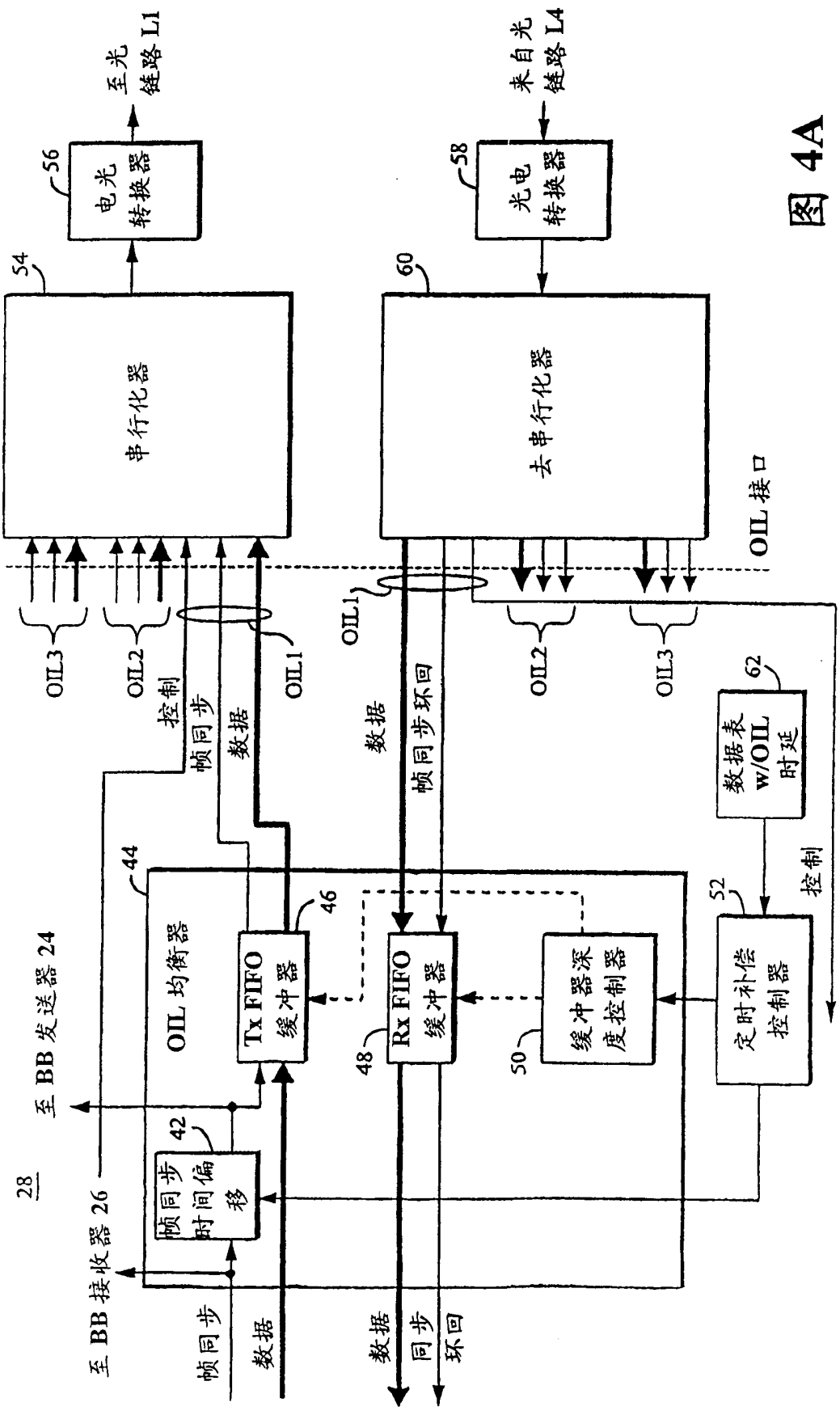

至光链路 L1
电光转换器
56
来自光链路 L4
光电转换器
58
54
串行化器
60
去串行化器
OIL 接口
OIL3
OIL2
OIL1
控制
帧同步
数据
帧同步环回
数据表 w/OIL 时延
62
44
OIL 均衡器
Tx FIFO 缓冲器
46
Rx FIFO 缓冲器
48
缓冲器深度控制器
50
定时补偿控制器
52
至 BB 发送器 24
28
帧同步时间偏移
42
至 BB 接收器 26
帧同步
数据
数据
同步
环回

图 4A

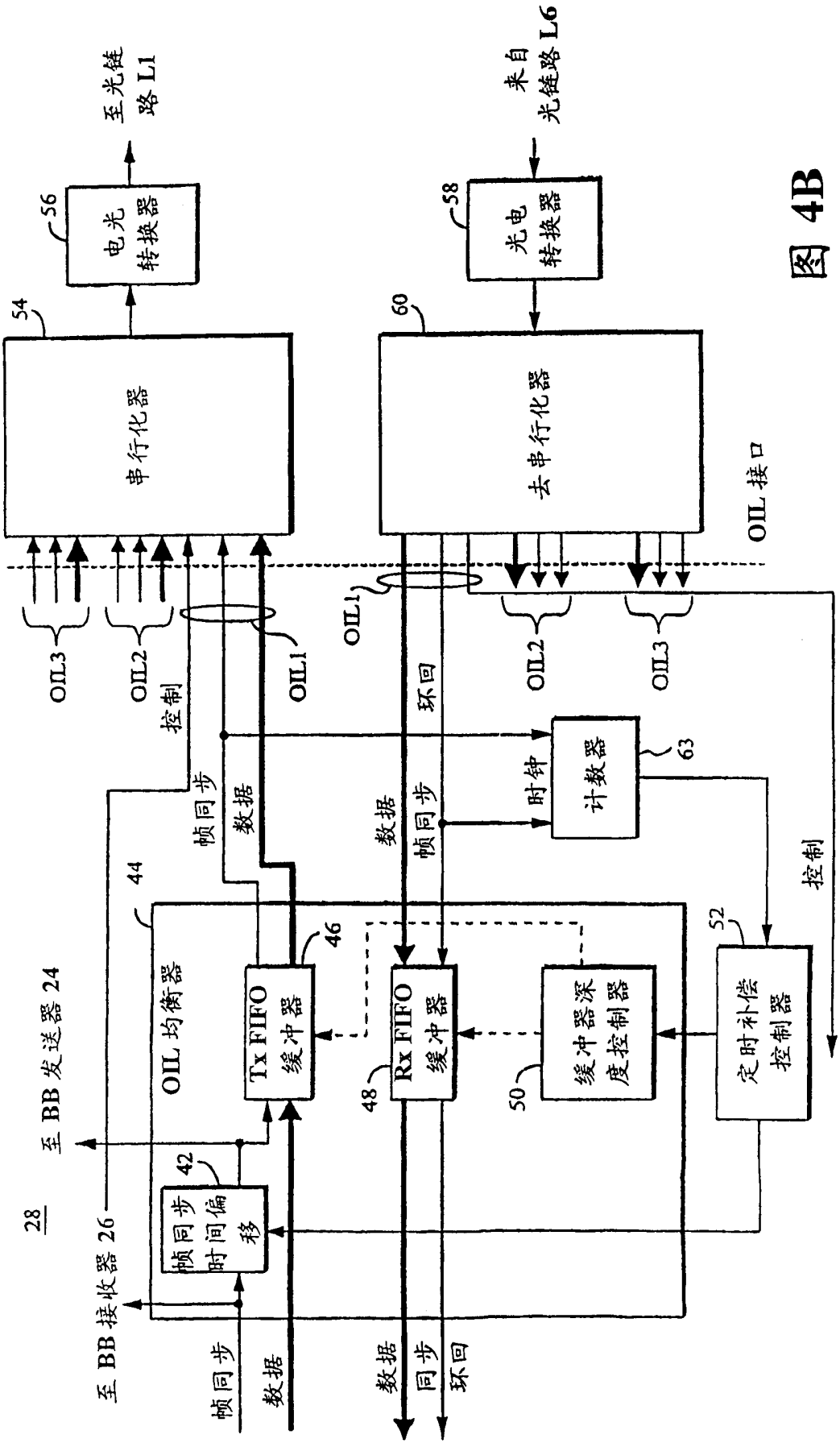

至光链路 L1
来自光链路 L6
电光转换器
光电转换器
串行化器
去串行化器
OIL 接口
OIL3
OIL2
OIL1
控制
环回
帧同步
数据
时钟
计数器
OIL 均衡器
Tx FIFO 缓冲器
Rx FIFO 缓冲器
缓冲器深度控制器
定时补偿控制器
帧同步时间偏移
至 BB 发送器 24
至 BB 接收器 26
28
42
44
46
48
50
52
54
56
58
60
63

图 4B

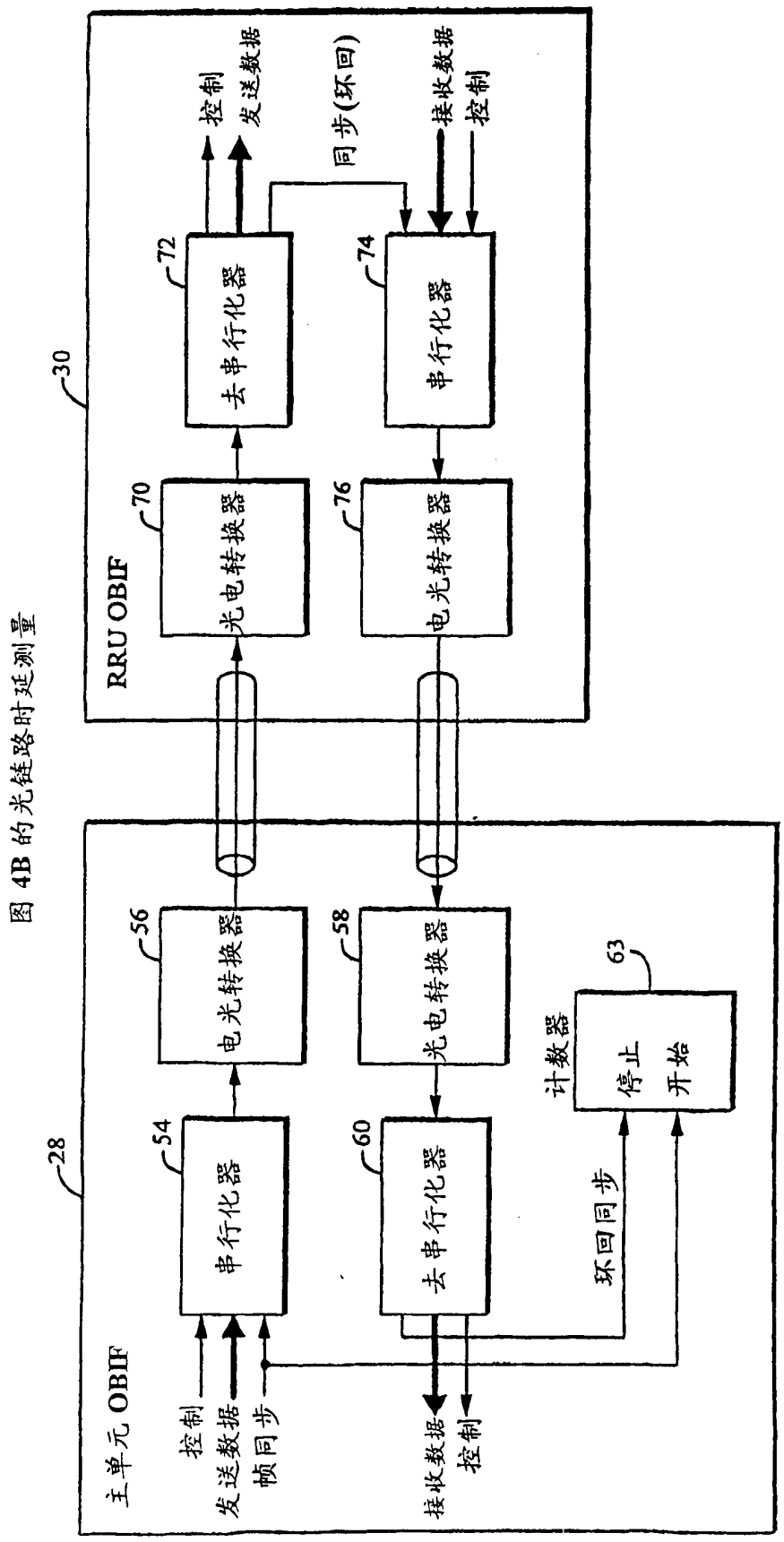
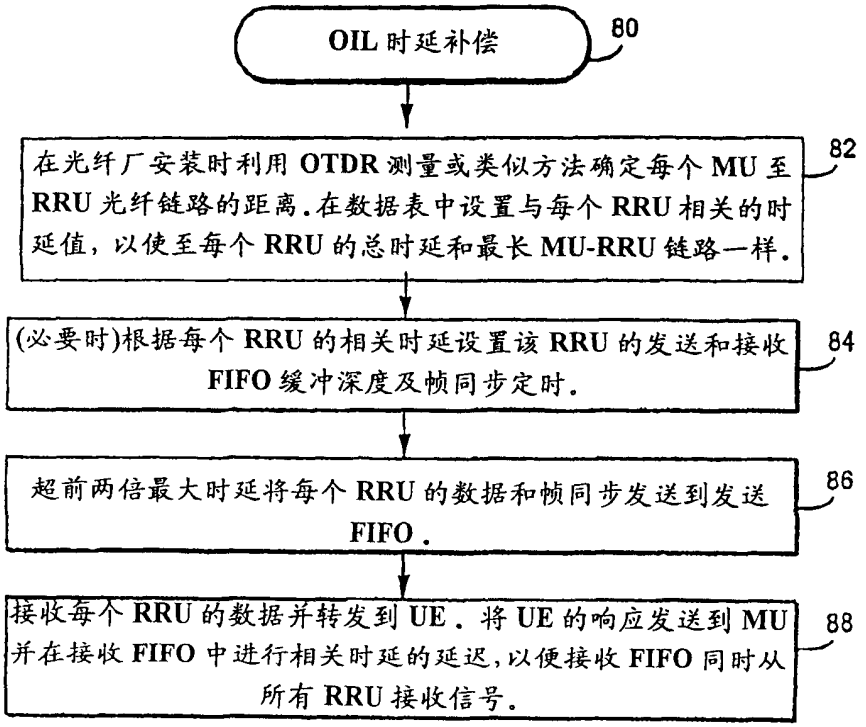

图 4B 的光链路时延测量
主单元 OBIF
28
控制
发送数据
帧同步
串行化器
54
电光转换器
56
光电转换器
58
去串行化器
60
环回同步
计数器
63
停止
开始
接收数据
控制
RRU OBIF
30
光电转换器
70
去串行化器
72
电光转换器
76
串行化器
74
同步(环回)
控制
发送数据
接收数据
控制

图 5

图 6A


OIL 时延补偿
80
在光纤厂安装时利用 OTDR 测量或类似方法确定每个 MU 至 RRU 光纤链路的距离.在数据表中设置与每个 RRU 相关的时延值，以使至每个 RRU 的总时延和最长 MU-RRU 链路一样.
82
(必要时)根据每个 RRU 的相关时延设置该 RRU 的发送和接收 FIFO 缓冲深度及帧同步定时.
84
超前两倍最大时延将每个 RRU 的数据和帧同步发送到发送 FIFO .
86
接收每个 RRU 的数据并转发到 UE . 将 UE 的响应发送到 MU 并在接收 FIFO 中进行相关时延的延迟,以便接收 FIFO 同时从所有 RRU 接收信号.
88

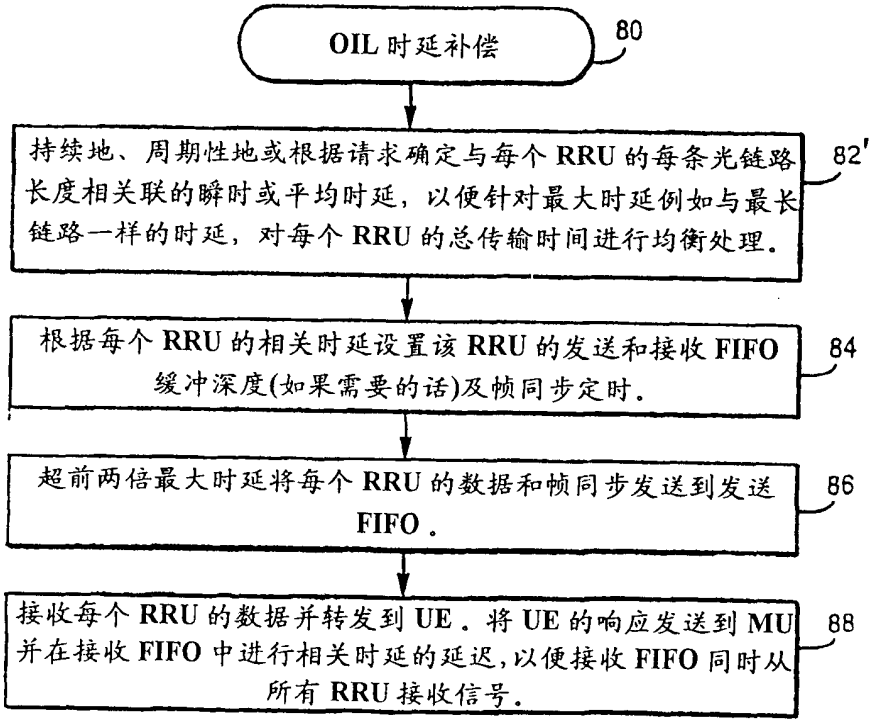
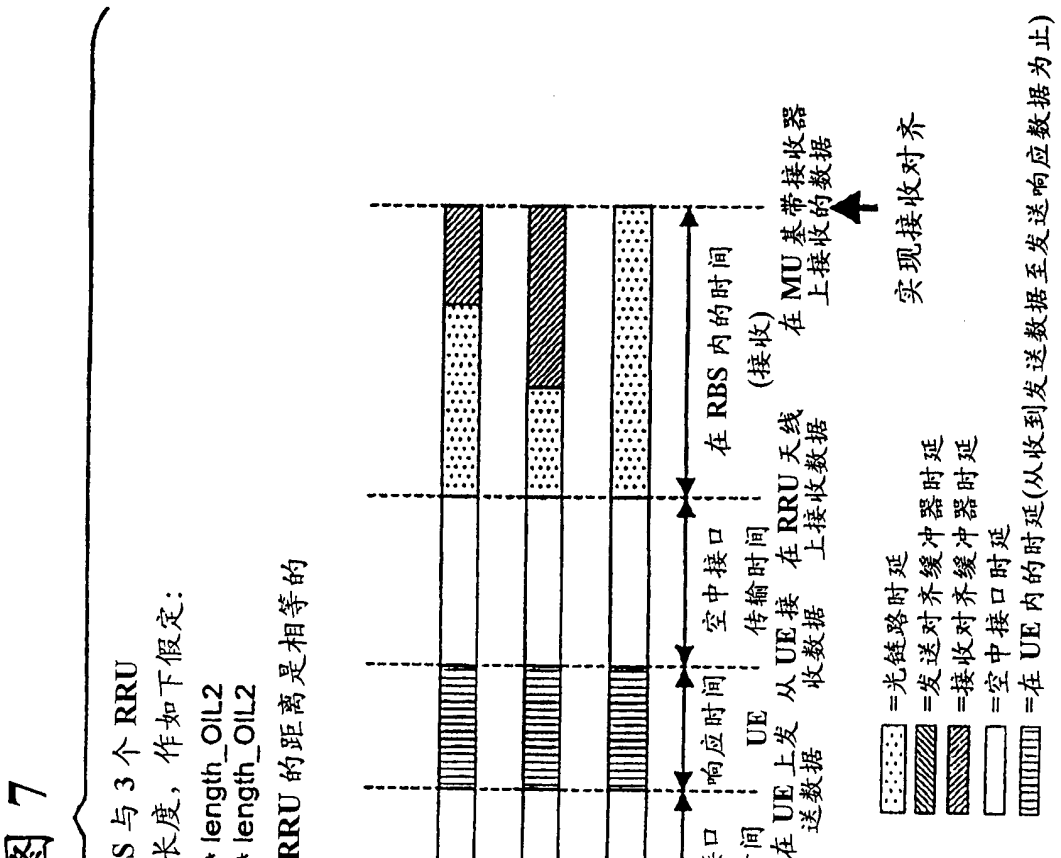

OIL 时延补偿
80
持续地、周期性地或根据请求确定与每个 RRU 的每条光链路长度相关联的瞬时或平均时延，以便针对最大时延例如与最长链路一样的时延，对每个 RRU 的总传输时间进行均衡处理.
82'
根据每个 RRU 的相关时延设置该 RRU 的发送和接收 FIFO 缓冲深度(如果需要的话)及帧同步定时.
84
超前两倍最大时延将每个 RRU 的数据和帧同步发送到发送 FIFO .
86
接收每个 RRU 的数据并转发到 UE . 将 UE 的响应发送到 MU 并在接收 FIFO 中进行相关时延的延迟,以便接收 FIFO 同时从所有 RRU 接收信号.
88

图 6B

图 7


示例：主-远程 RBS 与 3 个 RRU
对于至每个 RRU 的光纤长度，作如下假定：
- length_OIL1 = 2 * length_OIL2
- length_OIL3 = 3 * length_OIL2
假定从便携式 UE 到每个 RRU 的距离是相等的
时间轴
Cell 1 = (OIL1 + RRU1)
Cell 2 = (OIL2 + RRU2)
Cell 3 = (OIL3 + RRU3)
从 MU 基带发送器发送的数据
在 MU 内的时间（发送）
空中接口传输时间
在 RRU 天线上发送数据
实现发送对齐
UE 响应时间
在 UE 上发送数据
从 UE 接收数据
空中接口传输时间
在 RRU 天线上接收数据
在 RBS 内的时间（接收）
在 MU 基带接收器上接收的数据
实现接收对齐
=光链路时延
=发送对齐缓冲器时延
=接收对齐缓冲器时延
=空中接口时延
=在 UE 内的时延(从收到发送数据至发送响应数据为止)

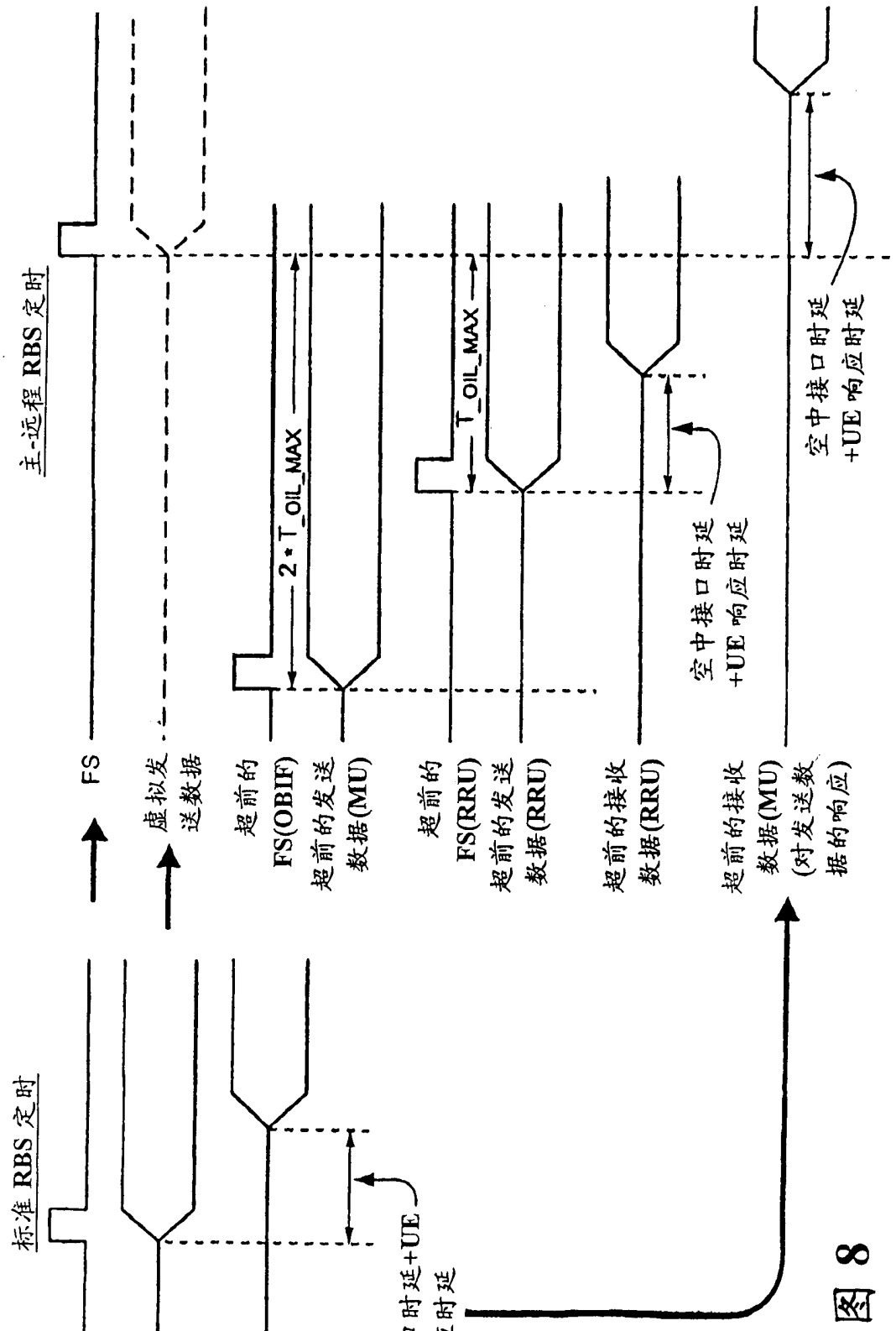

标准 RBS 定时
FS
发送数据
接收数据
(对发数据的
响应)
空中接口时延+UE
响应时延
主-远程 RBS 定时
FS
虚拟发
送数据
超前的
FS(OBIF)
超前的发送
数据(MU)
2*T_OIL_MAX
超前的
FS(RRU)
超前的发送
数据(RRU)
T_OIL_MAX
超前的接收
数据(RRU)
空中接口时延
+UE 响应时延
超前的接收
数据(MU)
(对发送数
据的响应)
空中接口时延
+UE 响应时延

图 8

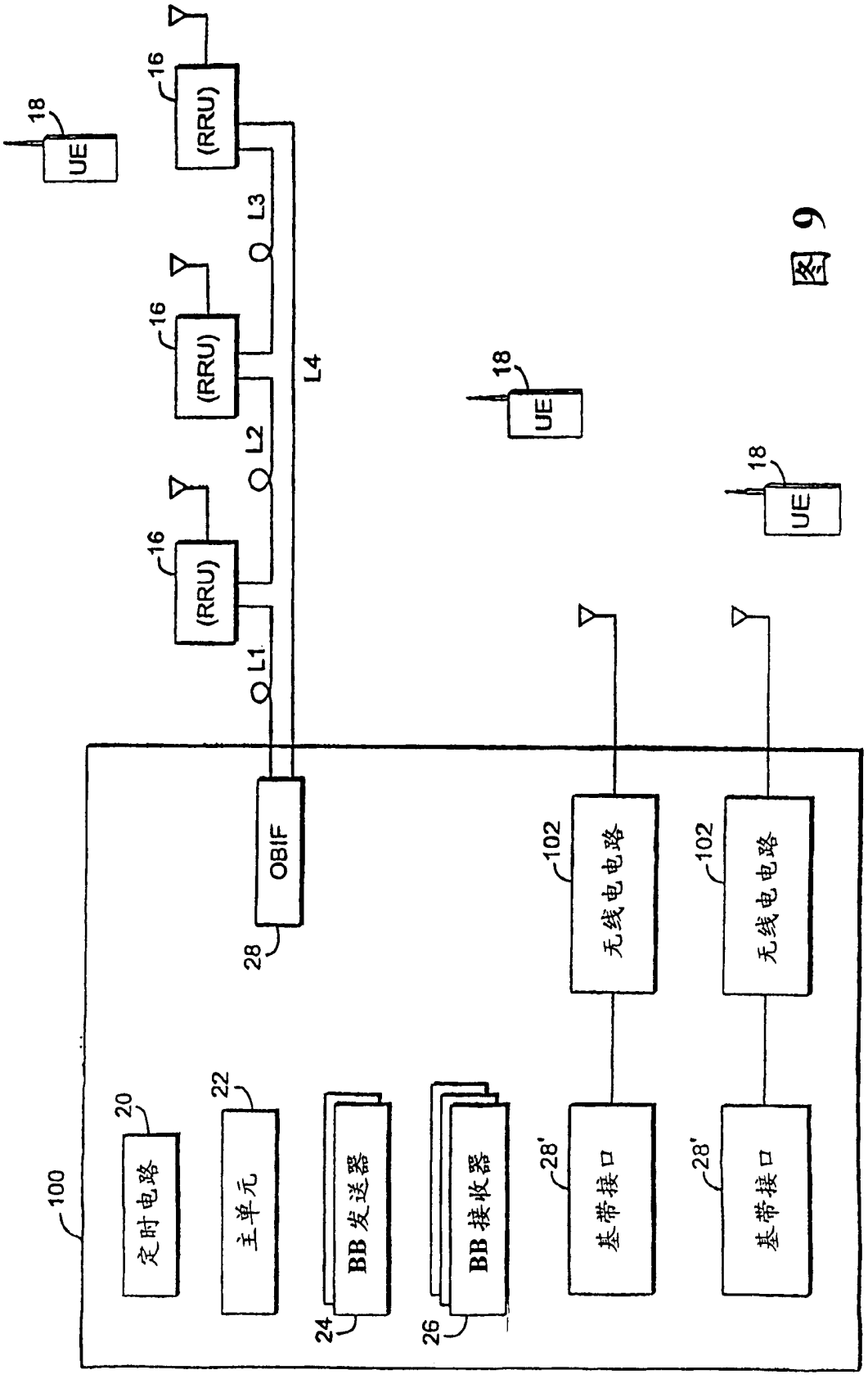

100
定时电路
20
主单元
22
BB 发送器
24
BB 接收器
26
基带接口
28'
基带接口
28'
无线电电路
102
无线电电路
102
OBIF
28
L1
L2
L3
L4
(RRU)
16
(RRU)
16
(RRU)
16
UE
18
UE
18
UE
18

图 9