



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200310122604.5

[43] 公开日 2005年6月29日

[11] 公开号 CN 1633054A

[22] 申请日 2003.12.22

[21] 申请号 200310122604.5

[71] 申请人 上海贝尔阿尔卡特股份有限公司

地址 201206 上海市浦东金桥出口加工区宁桥路388号

[72] 发明人 肖拯民 弗朗索瓦·赫特

皮埃尔·杜布埃尔 季利军

维雅纳·安德里 马克·费内特

曹 峥 塞利·丹泽尔 张建林

裴 民 陈 斌 王敬人

[74] 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

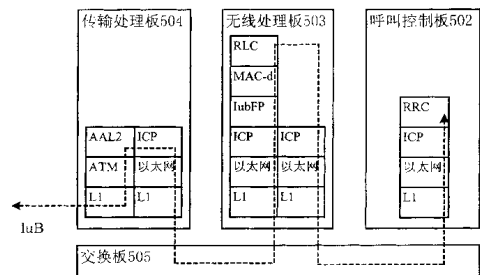
代理人 鄧 迅

权利要求书2页 说明书11页 附图3页

[54] 发明名称 宽带码分多址系统中的无线网络控制器

[57] 摘要

本发明提供一种无线网络控制器，其特征在于包括：至少一块操作维护控制板，用于实现操作维护子系统的功能；至少一块呼叫控制板，用于实现呼叫控制子系统的功能以及数据传输子系统中协议部分的功能；至少一块无线处理板，用于实现无线资源处理子系统的功能；至少一块传输处理板，用于实现数据传输子系统底层传输协议部分的功能；以及至少一块交换板，与所述操作维护控制板、所述呼叫控制板、所述无线处理板、所述传输处理板中的每一块板连接，用于提供连接到其上的各板之间的吉比特以太网交换能力。根据本发明的无线网络控制器，将软件资源合理地分配并映射到不同硬件板，提高了系统的容错性、稳定性、可靠性和扩展性，并实现了不同硬件板间的负载均衡。



1. 一种无线网络控制器，其特征在于包括：

至少一块操作维护控制板，用于实现操作维护子系统的功能，包括
5 用于对所述无线网络控制器其他子系统的资源使用进行控制的装置；

至少一块呼叫控制板，用于实现呼叫控制子系统的功能以及数据传输
10 传输子系统中协议部分的功能，包括用于管理所有无线和传输资源的装
置，和用于在所述无线网络控制器与另一网元传送数据时处理协议的装
置；

至少一块无线处理板，用于实现无线资源处理子系统的功能，包括
15 用于处理无线接口相关协议和底层帧协议的装置；

至少一块传输处理板，用于实现数据传输子系统底层传输协议部分
的功能，包括用于在所述无线网络控制器与另一网元传送数据时处理底
层传输协议的装置；以及

至少一块交换板，与所述操作维护控制板、所述呼叫控制板、所述
15 无线处理板、所述传输处理板中的每一块板连接，用于提供连接到其上
的各板之间的吉比特以太网交换能力。

2. 根据权利要求1的无线网络控制器，其特征在于所述操作维护控
制板和所述呼叫控制板上运行相同的软件，并且所述软件在所述操作维
20 护控制板上的配置与所述软件在所述呼叫控制板上的配置不同。

3. 根据权利要求2的无线网络控制器，其特征在于所述软件包括一个
用于实现各协议实体功能和实现无线资源管理和操作维护功能的应用
部分，以及一个用于实现所述无线网络控制器整体软硬件资源管理和
硬件适配的平台部分。

4. 根据权利要求1的无线网络控制器，其特征在于所述无线处理板
25 包括：

多个 ULL，用于实现 UMTS 底层协议的功能；以及

一个无线处理板控制器，用于实现所述多个 ULL 之间的资源分配和
消息路由，以及与所述无线处理板相关的操作维护。

5. 根据权利要求4的无线网络控制器,其特征在於多个所述无线处理板共享与一个节点-B相关的功能。

6. 根据权利要求5的无线网络控制器,其特征在於与同一个用户设备的业务相关的上下文是在同一块所述无线处理板上处理的。

5 7. 根据权利要求4的无线网络控制器,其特征在於每个所述 ULL 具有一个用于实现各种无线协议实体的应用部分, 以及一个用于为所述应用部分提供支持的平台部分。

8. 根据权利要求1的无线网络控制器,其特征在於所述传输处理板的所述用于处理底层传输协议的装置包括用于实现 AAL2/AAL5 终结的
10 装置。

宽带码分多址系统中的无线网络控制器

5 技术领域

本发明涉及移动通信系统，尤其涉及宽带码分多址系统（WCDMA）中的无线网络控制器（RNC）。

背景技术

10 图1是无线移动通信系统的示意图。如图1所示，该移动通信系统基本上包括三个部分，即标号103表示的核心网，标号104表示的无线接入网和标号105表示的用户设备。

核心网103至少包括两个域，即电路交换域和分组交换域（图1中均未示出），分别与公用电话交换网/综合业务数字网（PSTN/ISDN）101
15 和公用数据网（PDN）102连接。

无线接入网104包括至少一个无线网络控制器（RNC）1041和多个节点-B 1042。节点-B 1042在第三代移动通信系统中作为基站使用，与多个用户设备105进行通信。每个无线网络控制器1041通过地面线路或微波与相应的多个节点-B 1042连接，对与其连接的节点-B 1042进行
20 控制。因此，在某些网络中，无线网络控制器1041又称为基站控制器（BSC）。每个无线网络控制器1041，通过STM-1/E1/T1线路与核心网103连接。

现有的无线网络控制器中，软件功能模块划分不合理，软件到硬件的映射不合理，导致WCDMA通信系统的可靠性不高，业务的负载能力
25 不强，扩展性差。具体来说，现有的无线网络控制器具有以下缺点。

第一，扩展性差。现有无线网络控制器的软件结构划分太细，本来必须划分在一起的相关性很大的软件也重复分派在不同的硬件板上。这样，每次涉及一个变化（比如功能扩展），各个模块都要变动，直接导致设备扩展性很差。

第二，维护成本高。现有无线网络控制器硬件板的种类繁多，而对每种硬件板都要有相应的备份板，这将导致将来设备的硬件备份和维护成本较高。

5 第三，系统复杂。现有无线网络控制器软硬件过于分散，软件映射重复和不明晰，导致系统难于管理和控制复杂。

第四，通信容量低。由于硬件板过多，软件模块过于分散，导致内部模块间通信量过大。由于系统内部通信负载过大，难于提高系统整体性能，难于提高通信容量。

10 因此，在 WCDMA 系统中，急需一种扩展性强、维护成本低、系统简单和通信容量高的无线网络控制器。

发明内容

本发明的目的在于满足上述现有技术的需要，提供一种宽带码分多址系统中的无线网络控制器。

15 为了实现上述目的，本发明提供一种无线网络控制器，其特征在于包括：

至少一块操作维护控制板，用于实现操作维护子系统的功能，包括用于对所述无线网络控制器其他子系统的资源使用进行控制的装置；

20 至少一块呼叫控制板，用于实现呼叫控制子系统的功能以及数据传输子系统中协议部分的功能，包括用于管理所有无线和传输资源的装置，和用于在所述无线网络控制器与另一网元传送数据时处理协议的装置；

至少一块无线处理板，用于实现无线资源处理子系统的功能，包括用于处理无线接口相关协议和底层帧协议的装置；

25 至少一块传输处理板，用于实现数据传输子系统底层传输协议部分的功能，包括用于在所述无线网络控制器与另一网元传送数据时处理底层传输协议的装置；以及

至少一块交换板，与所述操作维护控制板、所述呼叫控制板、所述无线处理板、所述传输处理板中的每一块板连接，用于提供连接到其上

的各板之间的吉比特以太网交换能力。

根据本发明的无线网络控制器，采用了分布式软件结构。通过对通信软件需求的合理分解，完成对软件模块的功能定义。通过丰富的控制模块和平台软件的支持，实现软件资源的合理分配，并将软件模块合理地映射到不同硬件板。通过协调各功能模块，使得各个功能模块能实现有效的配合。与常规的无线网络控制器相比，本发明的无线网络控制器在容错性、稳定性、可靠性和扩展性上都有提高。同时，业务负载可以在不同硬件板上合理分配，实现了负载均衡。

结合附图阅读本发明实施方式的详细描述后，本发明的其他特点和优点将变得更加清楚。

附图说明

图 1 是无线移动通信系统的示意图；

图 2 是本发明的无线网络控制器中各功能子系统的示意图；

图 3 是本发明的无线网络控制器的控制板软件结构示意图；

图 4 是本发明的无线网络控制器的无线处理板软件结构示意图；

图 5 是用户设备与本发明的无线网络控制器之间的控制信令实例示意图。

具体实施方式

下面结合附图详细描述本发明的具体实施方式。

图 1 是无线移动通信系统的示意图。图 1 所示的无线网络控制器 1041 可以是通用移动通信系统 (UMTS) 中的无线网络控制器，可以是 GSM 系统、CDMA 系统中的基站控制器子系统，或其他移动通信系统中的无线网络控制器。无线网络控制器 1041 在某些移动通信系统中可以称为基站控制器。因此，本发明中的无线网络控制器 1041 具有上述的广义概念。

作为 W-CDMA (UMTS FDD) 无线网络系统中的重要节点，无线网络控制器 1041 起着至关重要的作用，它不仅将数百个节点-B 1042 连接

到同一个核心网 103 (未来可能是多个核心网), 而且负责无线信道的管理与控制、软切换、硬切换等功能。

由于无线网络控制器 1041 需要同大量的节点-B 1042 相连, 并对其进行管理与控制, 而且无线网络控制器 1041 本身也需要同相邻的无线网络控制器 (未示出) 相连, 以改善小区交叠覆盖区域的终端切换性能, 无线网络控制器 1041 将需要提供大量的 E1/T1/J1 或 STM-1 等中继能力。这不仅表现为连接数量大, 而且还表现为数据传输速率高。出于对大量用户信道管理的需要, 无线网络控制器 1041 还需要提供很高的处理能力, 主要表现在爱尔兰容量、数据吞吐量和忙时呼叫次数 (BHCA) 等指标上。另外, 作为电信系统, 高可用性、高可靠性以及灵活配置性、可扩展性等都是无线网络控制器 1041 应该具有的必不可少的特性。

本发明采用分布式软件结构。本发明人认为, 合理地划分无线网络控制器的系统功能模块并将软件实体合理地映射到硬件模块, 是提高系统性能的主要因素。在对无线网络控制器的功能进行划分和软硬件映射方面, 本发明主要考虑了以下几条原则:

- (1) 应用层软件与平台软件分离;
- (2) 控制平面与用户平面分离;
- (3) 公共部分与专用部分分离;
- (4) 操作维护部分与呼叫控制部分分离; 以及
- (5) 无线资源管理与有线资源管理分离。

在实现上述原则的基础上, 本发明中尽量考虑了软件划分的整体性, 尽量减少软件的过度分散, 同时保证各软件模块的独立性。

本发明中的另外一点考虑是, 不能盲目追求分布式, 而导致硬件种类繁多, 使得软件到硬件的映射过于复杂, 软件过度分散。

图 2 是本发明的无线网络控制器的功能子系统的示意图。图 2 中虚线框表示的部分为本发明的无线网络控制器。标号 201 表示呼叫控制子系统, 标号 202 表示操作维护子系统, 标号 203 表示无线资源处理子系统, 标号 204 表示传输处理子系统, 标号 205 表示其他的无线网络控制器 (RNC), 标号 206 表示节点-B, 标号 207 表示移动交换中心 (MSC),

标号 208 表示通用分组无线业务 (GPRS) 业务支持节点 (SGSN), 标号 209 表示操作维护中心 - 无线 (OMC-R)。

如图 2 所示, 本发明的无线网络控制器划分为四个功能子系统, 即呼叫控制子系统 201、操作维护子系统 202、无线资源处理子系统 203 和传输处理子系统 204。这四个子系统关联度很小, 所以图 2 所示的划分方式是合理的, 体现了操作维护部分与呼叫控制部分分离、无线资源管理

5 与有线资源管理分离的原则。下面对各子系统的功能做简要描述。

呼叫控制子系统 201 管理所有的无线和传输资源, 它负责给用户分配资源并负责对这些资源的使用进行管理。它的主要服务包括以下方面: 无线资源管理和控制 (RRC) 的建立与释放; 无线资源的分配和管理 (RRM); 有线传输资源的分配和管理等。

10

操作维护子系统 202 主要负责对其他子系统资源的使用和控制。其他子系统都有一个与操作维护子系统 202 的接口。因为操作维护子系统 202 通过公用对象请求代理体系结构 (CORBA) 接口与 OMC-R 209 相连, 所以操作维护子系统 202 起到一个与 OMC-R 209 连接的代理服务器的作用。CORBA 是对象管理组织 (OMG) 对应当今快速增长的软硬件的协同工作能力的要求而提出的方案。CORBA 允许应用程序和其他的应用程序通讯, 而不论它们在什么地方或者由谁来设计。操作维护子系统 202 主要包括以下功能: 根据控制台要求执行相关操作; 实现对各模块的配置管理工作; 错误管理, 告警管理, 性能报告等。

15

20

无线资源处理子系统 203 负责无线接口的数据处理, 从 3GPP 协议栈来看, 无线网络层用户平面部分主要在无线资源处理子系统 203 上实现。无线资源处理子系统 203 的主要服务包括以下方面: 无线层二的处理 (RLC, MAC, PDCP 和 BMC 协议), 帧协议和宏分集 (FP 协议, DHO 功能); 外环功率控制。

25

传输处理子系统 204 主要负责 RNC 和其他网元的数据传送, 从 3GPP 协议栈来看, 传输网络层主要在传输处理子系统 204 中实现。传输处理子系统 204 的主要服务包括以下方面: ATM 接口的实现和相关资源的分配; ATM AAL2/AAL5 到内部通信协议 (ICP) 的转换; SSCF/SSCOP/SCP/

MTP3b/SCCP 的实现; Iu-PS 接口的 IP 和 UDP 协议处理等。传输处理子系统 204 与移动交换中心 207、通用分组无线业务业务支持节点 208、其他无线网络控制器 205、节点-B 206 等其他网元连接, 实现各种相应的空中接口, 如 Iu-CS、Iu-PS、Iub、Iur 等。

5 图 2 中对无线网络控制器系统的划分, 没有太多地考虑软硬件的划分和映射, 纯粹是从功能上进行的分割。下面将更进一步讨论图 2 所示功能在无线网络控制器的硬件平台上的映射。

为了简化系统硬件种类, 本发明的无线网络控制器中只含有五种类型的硬件板, 即操作维护控制板, 呼叫控制板, 无线处理板, 传输处理
10 板和交换板 (参见图 5)。根据系统需求, 每种类型的硬件板可以包括多块, 并且可以采用备份的形式。每种类型的硬件板的数量, 不构对本发明的限制。

操作维护控制板, 用于实现操作维护子系统的功能, 包括用于对无线网络控制器其他子系统的资源使用进行控制的装置。为了 1+1 备份
15 的需要, 在整个无线网络控制器中, 有两块操作维护控制板, 其中一块是主用操作维护控制板, 另一块是备用操作维护控制板。

呼叫控制板, 用于实现呼叫控制子系统的功能以及数据传输子系统中协议部分的功能, 包括用于管理所有无线和传输资源的装置, 和用于在无线网络控制器与另一网元传送数据时处理协议的装置。为了 N+1
20 备份的需要, 在整个无线网络控制器中, 可以设置 N+1 块呼叫控制板, 其中 N 块是主用呼叫控制板, 另外一块是备用呼叫控制板。

无线处理板, 用于实现无线资源处理子系统的功能, 包括用于处理无线接口相关协议和底层帧协议的装置。为了 N+1 备份的需要, 在整个无线网络控制器中, 可以设置 N+1 块无线处理板, 其中 N 块是主用
25 无线处理板, 另外一块是备用无线处理板。

传输处理板, 用于实现数据传输子系统底层传输协议部分的功能, 包括用于在无线网络控制器与另一网元传送数据时处理底层传输协议的装置。由于需要同多个节点-B (基站) 相连, 需要很多条中继接口线 (如 E1、T1 等), 所以通过复用器将多个低速率的 E1 (最多 63 个) 变

换到 STM-1 接口，然后连入传输处理板。反之亦然（反复用）。根据自动保护切换（APS）的要求，可以对每一块传输处理板设置一块备用传输处理板。相对于备用传输处理板，另一块传输处理板称为主用传输处理板。这样，根据自动保护切换（APS）机制，由主用传输处理板和备用传输处理板的 1 + 1 备份结构提供 STM-1 保护。某些子架（机箱）要求必须将主用传输处理板和相应的备用传输处理板安插在相邻的板卡槽位中。在整个无线网络控制器中，设置 N 组 1 + 1 备份的传输处理板，分布在不同的子架中。本发明中，将传输处理板的这种备份设置方案称为 $N \times (1 + 1)$ 备份。

10 交换板，为操作维护控制板、呼叫控制板、无线处理板、传输处理板提供吉比特以太网连接，从而操作维护控制板、呼叫控制板、无线处理板、传输处理板组成一个灵活的大容量以太网交换网络。

各硬件板可以分别设置在两级结构的机架和子架中，从而组成一种双星型吉比特以太网交换网络拓扑结构。

15 本发明中，为了减少软件对硬件的依赖，让软件具有移植性，充分体现软硬件隔离的原则，将软件横向分为应用部分（RCO）和平台部分（PLATFORM）。应用部分主要实现各协议实体的功能，实现无线资源管理和操作维护的功能。平台部分主要实现整个无线网络控制器软硬件资源的管理和硬件的适配等功能。

20 下面详细描述操作维护控制板和呼叫控制板。这两种硬件板并称为控制板。从硬件的角度看，控制板分为操作维护控制板和呼叫控制板。但是，从软件的角度看，操作维护控制板和呼叫控制板上运行相同的软件，且它们的软件都是由应用软件和平台软件构成。操作维护控制板和呼叫控制板的区别仅在于上述软件在操作维护控制板和呼叫控制板上的配置不同。由于两种硬件板上装载同样的软件模块，使得测试环境得到简化，对于板的配置扩展也较容易进行。

下面对软件功能在操作维护控制板和呼叫控制板上的映射关系进行分析。

图 3 是本发明的无线网络控制器的控制板软件结构示意图。

应用部分 (RCO) 301

(一) 呼叫控制板上的应用部分主要激活呼叫控制子系统的相关功能, 主要包括以下实体的功能: NBAP, RANAP, RNSAP, ALCAP, RRC 等协议模块功能。

- 5 (二) 操作维护控制板上的应用部分主要激活操作维护子系统的相关功能模块。主要包括: ALCAP (维护过程), RANAP (维护过程), NBAP (公共信道), CORBA, 远端文件传输, 设备控制和监视等。

平台部分 (PLATFORM) 302

平台部分主要提供以下功能:

- 10 传输高层协议的实现 (SCCP/MTP3b/SSCOP);
CORBA 和 OMC 的接口实现;
整个无线网络控制器的软硬件的管理;
整个无线网络控制器的初始化、配置和重配置;
文件管理以太网络通信管理;
15 软硬件资源的管理等。

上述功能在操作维护控制板和呼叫控制板上的具体分配如下。

(一) 操作维护控制板和呼叫控制板的公共平台部分包括以下功能:

1. RNC 平台控制和配置:

- 20 平台初始化和 RCO 的激活和配置; 配置数据的在线配置和相关资源的计算等。当主用板出错后, 到备用板的自动倒换。

2. 文件管理

对硬盘文件的访问, 操作, 当磁盘出问题时自动相设备管理软件报告。

3. 节点管理

- 25 主要负责对 Iub, Iur 和 Iu 接口底层传输连接的管理和控制。

4. 平台软件内部跟踪管理

负责内部跟踪消息的收集和保存等。

5. 服务

时钟管理, 内存管理, CPU 负荷监控等功能。

6. 内部通信协议 (ICP) (见上文传输处理子系统 204 的功能)

(二) 操作维护控制板的平台部分软件包括以下功能:

1. 软件管理: 对软件的版本和数据库配置进行管理。
2. Bootp 服务: 提供软件下载服务。
- 5 3. 设备管理: 收集报告 RNC 内部各设备的状态, 设备诊断和硬件的增减的检测等。
4. 传输线路管理: 对 STM1 线路连接状态的检测管理。对 ATM(VP/VC)连接的检测和管理等。
5. CORBA: 实现 CORBA 接口的控制和管理。
- 10 6. SNMP 代理

(三) 呼叫控制板的平台部分软件包括以下功能:

1. 无线处理板资源管理: 无线资源的建立和释放以及呼叫控制实体和 RP 上下文的关联关系管理。
2. 传输处理板 AAL2 资源管理: AAL2 上下文的建立和释放。
- 15 3. 路径管理: 管理各上下文件路径的建立和释放。
4. 传输线路管理代理。
5. 设备管理代理。
6. SSCOP: 负责 SSCOP 连接的建立和释放。对于一个连接, SSCOP 功能实体可以实现在与呼叫控制功能部分不同的呼叫控制板上。也就是说, 每块呼叫控制板上都有 SSCOP, 只是有些 SSCOP 启动, 有些 SSCOP 不启动。这样的目的主要是系统的自我保护, 和负荷分担。
- 20

下面描述无线处理板。

图 4 是本发明的无线网络控制器的无线处理板软件结构示意图。如图 4 所述, 无线处理板包括一个无线处理板控制器 401 和多个 ULL 402。无线处理板控制器 401 用于实现多个 ULL 402 之间的资源分配和消息路由, 以及与无线处理板相关的操作维护。ULL 402 用于实现 UMTS 底层协议 (比如 RLC, MAC, FP, GTP-U 等) 的功能。

- 25

考虑到系统的可靠性, 与某个节点-B 相关的功能, 比如节点同步和 MAC-C 相关资源在不同无线处理板之间共享。这样, 当一块无线处理

板出故障后,其他无线处理板能够继续工作,尽量减少对业务的影响。对于同一个用户设备的业务,所有相关上下文是在一块无线处理板上处理的。在无线处理板上的 ULL 402 都实现同样的功能。

无线处理板控制器 401 的软件具有以下功能:

- 5 (1) ULL 402 的资源分配, ULL 402 的消息路由;
- (2) 操作和维护(OAM)代理:无线处理板软件初始化,软件管理,无线处理板监控和跟踪管理等;
- (3) 基本服务:系统资源管理,内部通信处理等。

ULL 402 的软件包括以下功能:

- 10 (1) ULL 平台:提供对无线处理板各种协议实体的支持;
- (2) 应用部分:3GPP 各无线协议实体均在这里实现,包括:Iub/Iur 帧协议,MAC,RLC,PDCP,GTP-U,UDP/IP 等。

在无线处理板中,ULL 402 包含了完整的软件包,也就是包含了所有的协议模块、算法、底层支持等。一般来说,在无线处理板上,需要强大的处理能力(MIPS)。通常的做法是设置多片相同的处理单元,比如 24 片 DSP 或者 CPU CORE。这是通常的硬件设计方法。这样,ULL 的这种通用设计就很重要。另外,ULL 402 本身的设计通常是同操作系统无关的。这样,ULL 402 即可以在 CPU 上运行,也可在 DSP 上运行。再有,由一个无线处理板控制器 401 完成多个 ULL 402 的协调、路由、资源分配等,是至关重要的。只有这样,无线处理板才能表现为一个单
20 独的硬件板,否则就是功能弱小的 24 块小板(如果使用 24 个 DSP 的话),使整个系统的控制和协调变得更加复杂。

下面描述传输处理板。

传输处理板上使用了网络处理器,以便实现 AAL2(2 类 ATM 适配层)/AAL5(5 类 ATM 适配层)的终结,所以通过软件即可实现
25 ATM 到 IP 的自由切换。因此,本发明的无线网络控制器是“IP 就绪”的,提供了对向 IP 演进的支持。

说明书中提到的英文缩写,如果未注明中文含义,请参见 3GPP(第三代伙伴项目)的有关规范,不在此赘述。

图 5 是用户设备与本发明的无线网络控制器之间的控制信令实例 (DCCH→DCH) 示意图。图 5 示出了至少一块呼叫控制板 502、至少一块无线处理板 503、至少一块传输处理板 504 和至少一块交换板 505。这些控制板和处理板与至少一块操作维护控制板 (图 5 中未示出) 构成了本发明的无线网络控制器。图 5 中带箭头的虚线表示 DCCH 上传送控制信令的传送路径图, IuB 表示无线网络控制器与节点-B 之间的接口。节点-B 和用户设备未在图 5 中示出。由图 5 可见, 控制信令在无线网络控制器内部的处理路径简单明确, 协议分配合理、清晰。图 5 的例子反映了无线网络控制器的软件功能被合理地映射到硬件上。

10 从图 5 的例子可以看到, 在本发明的无线网络控制器, 在软件结构的整体设计上, 充分体现了系统分散和功能集中的特点。软件功能的划分清晰合理, 大大降低了系统的复杂性和冗余度。对将来系统的进一步扩展和通信容量的扩充也是非常方便的。

15 虽然结合附图描述了本发明的实施方式, 但是本领域内熟练的技术人员可以在所附权利要求的范围内做出各种变形或修改。

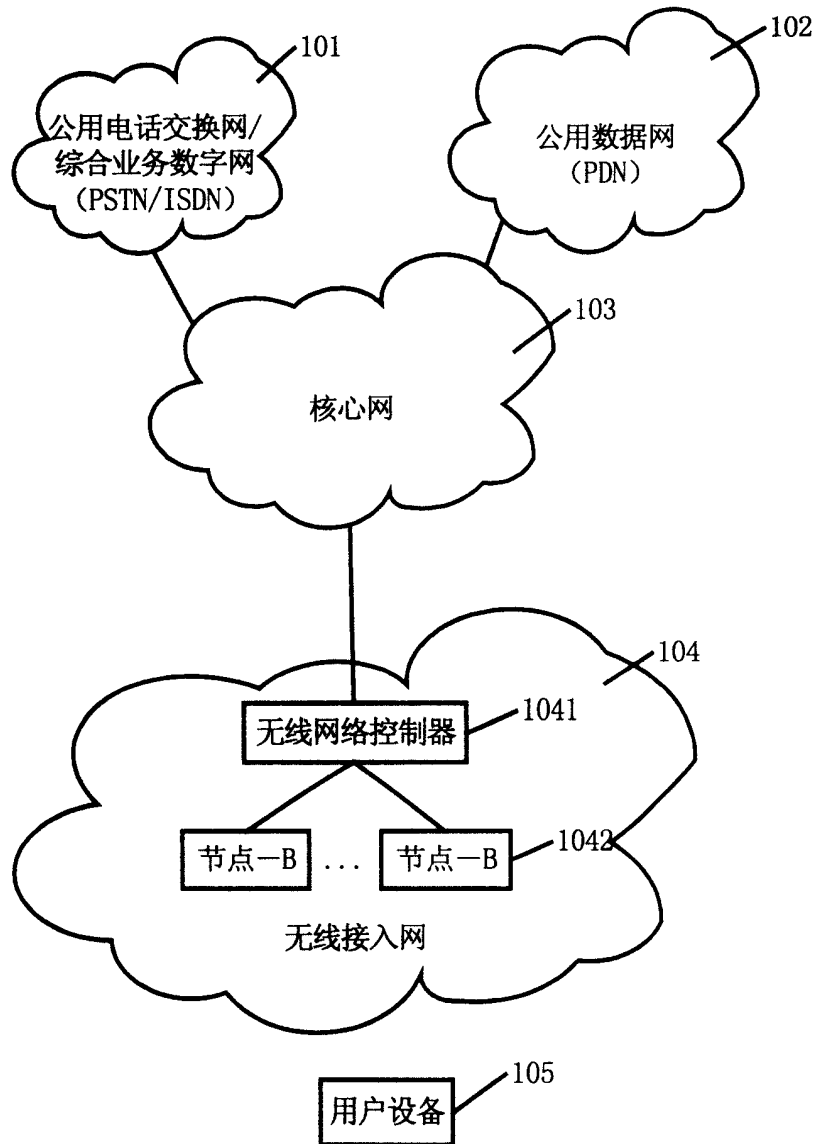


图1

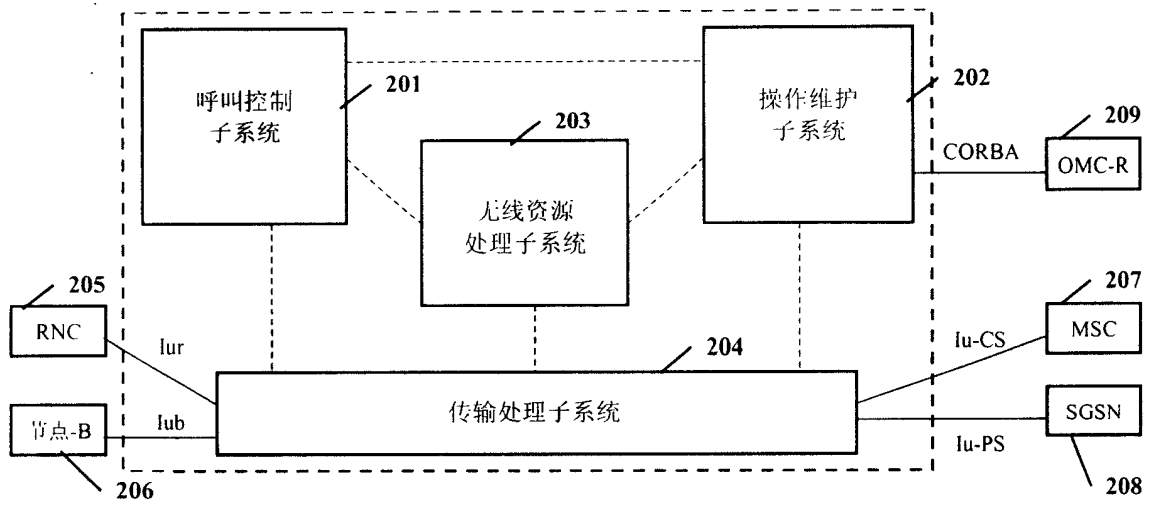


图 2

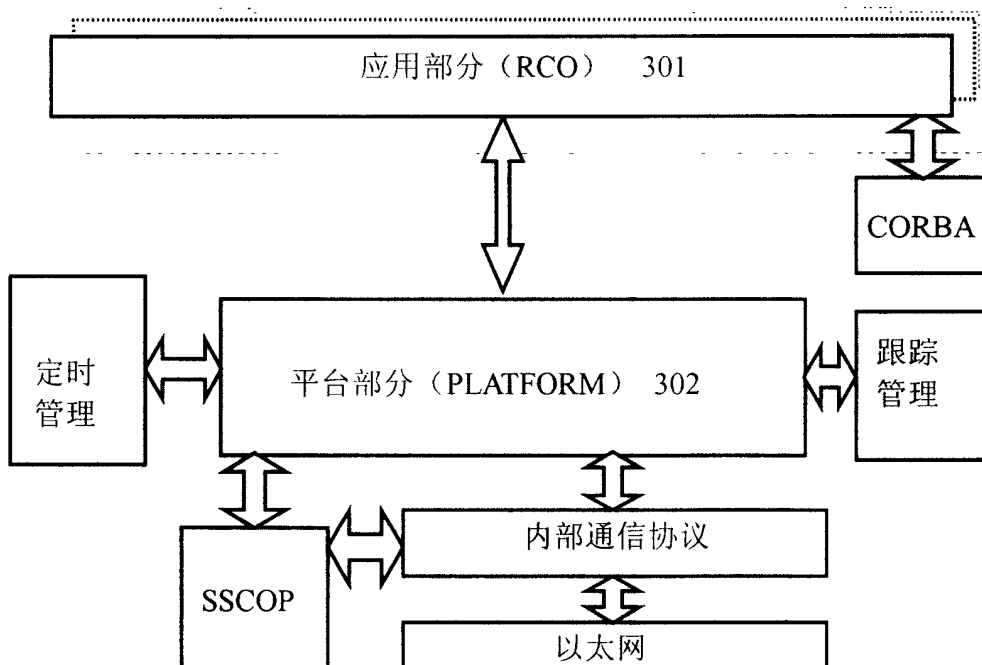


图 3

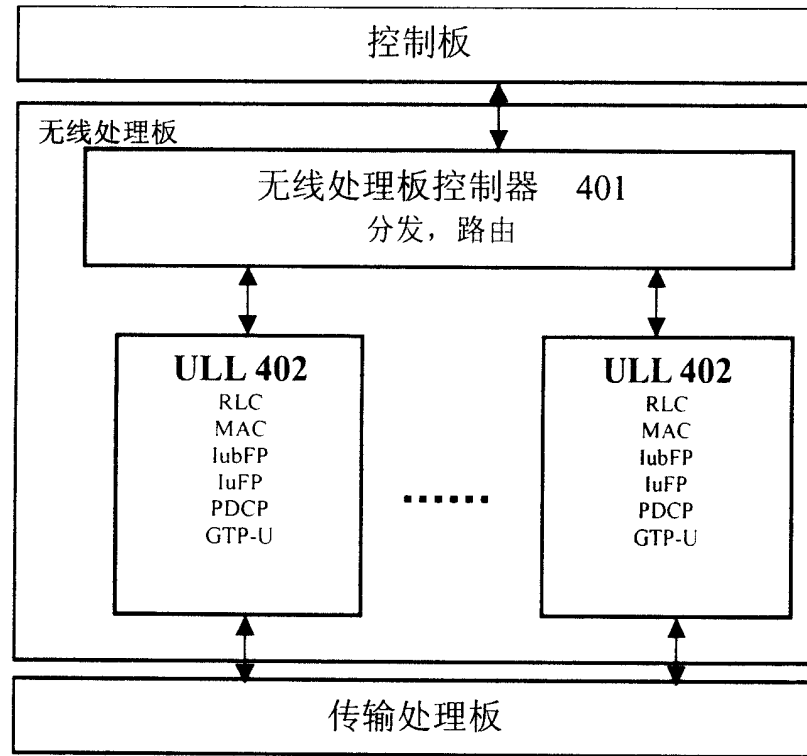


图 4

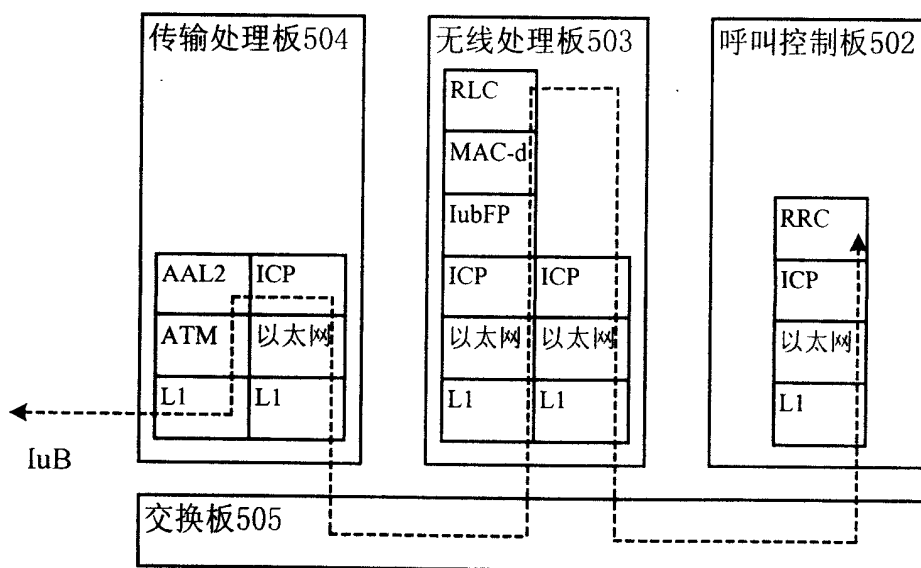


图 5