

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2014年3月20日 (20.03.2014)



(10) 国际公布号  
WO 2014/040398 A1

- (51) 国际专利分类号:  
H04W 16/18 (2009.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/070326
- (22) 国际申请日: 2013年1月10日 (10.01.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201210345480.6 2012年9月17日 (17.09.2012) CN
- (71) 申请人: 中国科学院沈阳自动化研究所 (SHENYANG INSTITUTE OF AUTOMATION OF THE CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国辽宁省沈阳市东陵区南塔街114号, Liaoning 110016 (CN)。
- (72) 发明人: 梁炜 (LIANG, Wei); 中国辽宁省沈阳市东陵区南塔街114号, Liaoning 110016 (CN)。 刘帅 (LIU, Shuai); 中国辽宁省沈阳市东陵区南塔街114号, Liaoning 110016 (CN)。 张晓玲 (ZHANG, Xiaoling); 中国辽宁省沈阳市东陵区南塔街114号, Liaoning 110016 (CN)。 杨雨沱 (YANG, Yutuo); 中国辽宁省沈阳市东陵区南塔街114号, Liaoning 110016 (CN)。

(CN)。 于海斌 (YU, Haibin); 中国辽宁省沈阳市东陵区南塔街114号, Liaoning 110016 (CN)。

- (74) 代理人: 沈阳科苑专利商标代理有限公司 (SHENYANG PATENT & TRADEMARK AGENCY ACADEMIA SINICA); 中国辽宁省沈阳市和平区三好街24号, Liaoning 110004 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[见续页]

(54) Title: TDMA ACCESS METHOD AND DEVICE BASED ON MULTIPLE ACCESS POINTS

(54) 发明名称: 一种基于多接入点的TDMA接入方法及装置

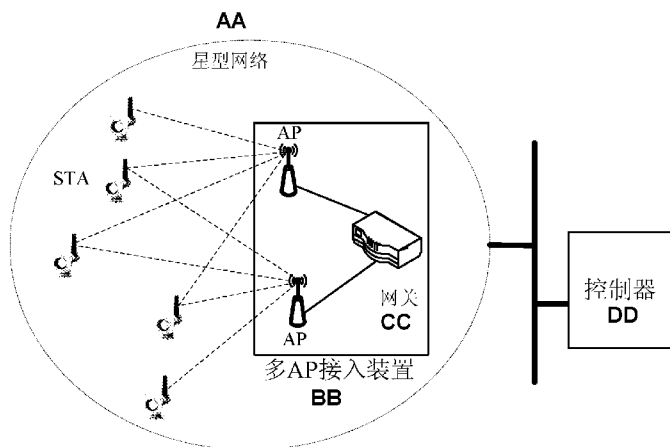


图 1 / Fig. 1

- AA Star network
- BB Multi-AP access device
- CC Gateway
- DD Controller

(57) Abstract: The present invention relates to a TDMA access method and device based on multiple access points. According to the problems that the existing method cannot simultaneously satisfy the demands of timeliness and reliability in actual industrial application and has low resource utilization rate, the present invention takes full consideration of the transmission characteristics and industrial automation application characteristics of wireless networks, and provides a TDMA access method and device based on multiple access points. The main ideas of the method in the present invention are: the multi-access point redundant communication manner is adopted to improve system reliability, beacon frames of multiple access points are utilized to perform time synchronization so as to improve synchronization precision, confirmation messages are fed back with regard to reliable access points to reduce the number of retransmissions, and a modularized multi-access point device design method is adopted to lower the difficulties of device maintenance and management.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2014/040398 A1

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **本国际公布:**

CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

---

本发明涉及一种基于多接入点的 TDMA 接入方法及装置。本发明根据现有方法不能同时满足实际工业应用中的实时性和可靠性需求，且存在资源利用率低等问题，充分考虑无线网络的传输特点以及工业自动化应用特点，提出一种基于多接入点的 TDMA 接入方法及装置。本发明方法的主要思想在于：采用多接入点冗余通信方式以提高系统可靠性；利用多个接入点的信标帧进行时间同步以提高同步精度；针对可靠的接入点回复确认消息以降低重传次数；采用模块化的多接入点装置设计方法以降低装置维护和管理难度。

## 一种基于多接入点的 TDMA 接入方法及装置

### 技术领域

5 本发明涉及工业无线网络技术，具体地说是一种基于多接入点的 TDMA 接入方法及装置。

### 背景技术

工业无线网络技术是继现场总线之后，工业测控领域的又一个热点技术，是降低工业测控系统成本、提高应用范围的革命性技术，也是未来几年工业自动化产品新的  
10 增长点。工业无线网络技术适用于恶劣的工业现场环境，具有抗干扰能力强、能耗低、实时通信等技术特征，是对现有无线技术在工业应用方向上的功能扩展和技术创新，并最终转化为新的无线技术标准。目前，工业无线网络技术逐渐应用于高速的工厂自动化领域，成为继面向过程自动化的工业无线网络技术之后，国际上无线网络技术竞争的又一焦点。面向工厂自动化的工业无线网络，即工厂自动化无线网络，不仅具有  
15 工业无线网络低成本、易安装、易维护的优势，而且能够避免工厂设备因移动导致的线缆易老化、线缆污染、滑环电力接触易失败等问题。然而，工厂自动化无线网络面临着更加苛刻的需求：（1）大网络规模，要求支持百点至千点的节点数量；（2）高通信速率，传输速率要求 Mbit/s 的量级；（3）高可靠性，端到端的传输成功率要求  $10e-9$ ；（4）高实时性，端到端的通信延迟要求低于 10ms。

20 基于工厂自动化无线网络的上述需求，时分多路访问（TDMA，Time Division Multiple Access）机制是工业无线网络较为理想的机制访问控制（MAC，Medium Access Control）层的接入机制。究其原因在于：首先，工业无线网络对性能具有确定性要求；其次，受工业应用环境的限制，现有大多数网络的拓扑结构相对固定且常为层次性结构；此外，工业现场中的数据大多具有周期性特征。

25 然而，采用 TDMA 机制的工厂自动化无线网络中仍存在下述问题：（1）由于无线介质的开放性以及工业电磁干扰环境的特殊性，数据包传输有较大的不可控、不确定性，甚至多次重传后也难以达到端到端的可靠性要求，特别是工厂自动化应用；（2）预先分配固定数目的重传时隙实现高可靠性是工业无线网络最为常用的方法，然而实际中多数重传时隙都得不到利用，导致资源利用率低，从而使得工业无线网络难以容  
30 纳大规模的节点。

目前的工厂自动化无线网络多采用单接入点（AP，Access Point）的星型网络拓扑，是单个 AP 成为整个网络的瓶颈。一旦单个 AP 出现故障，则网络崩溃；此外，此外，工厂环境中有许多诸如机器人、轨道挂载设备、无人搬运车（AGV，Automated Guided Vehicle）等移动设备，从而要求对其监控的工业无线网络节点具有移动能力。  
35 在这种应用场合下，网络节点可能移动到与单个 AP 无法通信的区域，导致报文传输失败，影响工业无线网络的可靠性。解决上述问题的一种直观而有效的方法是网络中布设多个 AP，其他站点可以与多个 AP 进行通信。

### 发明内容

40 针对现有静态网络中 AP 故障导致网络崩溃的问题，以及现有针对工业无线网络

的 TDMA 方法无法同时满足实际工业应用的实时性和可靠性需求的现状，本发明引入多个接入点，提出一种基于多接入点的 TDMA 接入方法及装置。

本发明为实现上述目的所采用的技术方案是：一种基于多接入点的 TDMA 接入方法，包括

5 令多 AP 接入装置作为整个网络的时间源，STA 利用多 AP 接入装置广播的信标帧进行时间同步；

将包含  $n$  个 AP 的多 AP 接入装置分成  $k$  组， $k$  为自然数，且  $1 \leq k \leq n$ ；

根据任意组  $B_i = \{AP_{i1}, AP_{i2}, \dots, AP_{ij}\}$  内 AP 的数量  $j$ ，将长度为  $m$  的超帧划分成  $k$  个子超帧，其中，第  $i$  个子超帧对应组  $B_i$ ；

10 任意组  $B_i$  在其对应的第  $i$  个子超帧内，从第  $i$  个子超帧开始预留时隙，预留时隙的数量等于组  $B_i$  内 AP 的数量  $j$ ；

对于任意组  $B_i$  ( $1 \leq i \leq k$ ) 内的  $AP_{ij}$ ，如果  $ASN \% m = (m/k) * (i - 1) + j$  为真，则  $AP_{ij}$  在时隙  $ASN$  内广播信标帧，否则不作任何响应，其中  $ASN$  为当前的绝对时隙号并从 1 开始计数。

15 所述信标帧是由 AP 发出的广播帧，包括网络编号、时隙戳和网络资源管理。

所述将包含  $n$  个 AP 的多 AP 接入装置分成  $k$  组的分组原则为：

(1) 组内各个 AP 传输范围的重叠部分最小；

(2) 组内所有 AP 的传输范围的并集能够覆盖整个网络。

所述任意组  $B_i = \{AP_{i1}, AP_{i2}, \dots, AP_{ij}\}$  内 AP 的数量  $j$  的计算方法为：如果  $n \% k = 0$ ，

20 则  $j = n/k$ ；否则， $1 \leq i \leq k-1$  时， $j = \lfloor n/k \rfloor$ ， $i = k$  时， $j = \lfloor n/k \rfloor + (n \% k)$ 。

当多 AP 接入装置收到 STA 的数据包后，网络管理模块给 STA 回复 ACK 的方法为：如果只有一个 AP 收到 STA 的数据包，则该 AP 直接回复 ACK；如果多个 AP 收到 STA 的数据包，则各个 AP 根据包接收成功率以及接受信号强度 RSSI 回复 ACK。

25 所述各个 AP 根据包接收成功率以及接受信号强度 RSSI 回复 ACK 的原则为：当多个 AP 收到 STA 的数据包时，搜索通信链路质量映射表，找到对应 STA 中包接收成功率最大的 AP，由该 AP 在对应的时隙发送 ACK；对于包接收成功率相同的多个 AP，则在这些 AP 中进一步搜索 RSSI 值最大的 AP，由该 AP 在对应的时隙发送 ACK；对于包接收成功率相同且 RSSI 值相等的多个 AP，随机选择一个 AP 回复 ACK。

30 所述通信链路质量映射表是网关中维护的一个关于网络中每个 STA 与所有 AP 通信链路质量的映射表，包括包接收成功率以及 RSSI 指标值，随着通信过程不断更新。

35 一种基于多接入点的 TDMA 接入装置，包括站点 STA、接入点 AP、网关和控制器，其中 STA 在工业现场连接现场设备，负责采集现场数据以及控制生产过程，STA 与多 AP 接入装置中的多个接入点 AP 无线连接；所述多个接入点 AP 与多 AP 接入装置中的一个网关有线连接；所述多 AP 接入装置用于将 STA 采集的现场设备的传感器数据转发到控制器，将控制器的控制信息转发给现场设备上的执行器。

所述多个 AP 共用一个地址，并行工作。

所述多 AP 接入装置包括：TDMA 模块、用户数据报协议通信模块、滤包模块、缓存区管理模块以及网络管理模块；其中，用户数据报协议通信模块采用 UDP 通信

协议，用于转发来自于多个 AP 的数据包；滤包模块连接用户数据报协议通信模块，用于过滤多余的重复包；缓存区管理模块连接用户数据报协议通信模块和滤包模块，用于管理存取缓存区；网络管理模块连接缓存区管理模块，用于将数据包发送给网关；TDMA 模块连接用户数据报协议通信模块和网络管理模块，用于组织 TDMA 超帧通信，包括 ACK 回复子模块。

5 本发明具有以下优点：

本发明提出的一种基于多接入点的 TDMA 接入方法及装置，是在充分考虑无线网络的传输特点以及工业自动化应用特点的前提下提出的，采用多接入点，可以极大地减少丢包率，提高系统可靠性，减少重传次数，提高资源利用率，增加网络容量，提高系统有效吞吐量，具体表现在：

1. 本发明方法采用多接入点冗余通信方式，对于某个站点（STA，STAction）发送数据，即使由于工业环境电磁干扰或遮挡导致部分 AP 没有接收到数据，但只要保证至少一个 AP 接收到数据即可，因此提高了系统的可靠性；

2. 本发明方法中，STA 在一个超帧周期内，可以接收来自多个 AP 的信标帧进行时间同步，提高了时间同步精度，进而可缩短时隙，提高了资源利用率；

3. 本发明方法设计根据通信链路质量选择 STA 对应的可靠 AP 回复确认消息（ACK，ACKnowledgement）方法，在保证 ACK 回复的高可靠性的前提下，避免了多 AP 情况下接入设备回复 ACK 的冲突，减少重传次数，提高资源利用率；

4. 本发明提出的多 AP 接入装置，基于模块化设计方法，针对多 AP 收到具有相同序列号的重复包与工业不同类型数据等情况特点，特别设计了滤包模块和缓存区管理模块，降低了整个装置维护和管理的难度，具有灵活、低能耗和易于实现等优点。

#### 附图说明

图 1 为一个典型的工业无线网络的星型拓扑结构示意图；

25 图 2 为 TDMA 超帧示意图；

图 3 为多 AP 接入装置的结构示意图；

图 4 为 UDP 通信模块的数据接收流程图；

图 5 为滤包模块的工作流程图。

#### 30 具体实施方式

下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

本发明提出的一种基于多接入点的 TDMA 接入方法及装置，建立在由多个 STA 设备和多 AP 接入装置搭建成的星型结构的工厂自动化无线网络的基础上，如图 1 所示。其中，STA 在工业现场连接传感器、制动器、执行器等设备，负责采集现场数据以及控制生产过程；多 AP 接入装置由多个 AP 和一个网关组成，负责现场设备与控制器的数据交互，具体说，是将现场设备上的传感器数据转发到控制器或者将控制器的控制信息转发给现场设备上的执行器。多 AP 接入装置和网关之间采用有线连接，多 AP 接入装置中的多个 AP 共用一个地址，并行工作。

网络组建后，多 AP 接入装置与 STA 之间的通信采用基于信标的 TDMA 超帧进行组织。TDMA 超帧是周期性重复的时隙集合，如图 2（a）所示为单 AP 超帧的示

意图。假设超帧的长度为  $m$ ，AP 利用超帧的第一时隙广播信标帧，经过  $m$  个时隙后，AP 再次广播信标帧表示下一个超帧的开始。信标帧是由 AP 发出的广播帧，包含网络编号、时间戳、网络资源管理等组织通信的信息。

在 TDMA 通信的整个过程中，网络要求进行严格的时间同步。网络中的多 AP 接入装置作为整个网络的时间源，网络中的 STA 利用多 AP 接入装置广播的信标帧进行时间同步。

对于包含  $n$  个 AP 的多 AP 接入装置，信标帧的发送过程采用分组管理模式。将  $n$  个 AP 分成  $k$  组， $k$  为自然数，且  $1 \leq k \leq n$ 。其中，对于任意组  $B_i$  ( $1 \leq i \leq k$ )，AP 的分组原则包括：

- 10 (1) 组内各个 AP 传输范围的重叠部分最小；
- (2) 组内所有 AP 的传输范围的并集能够覆盖整个网络。

将任意组  $B_i$  ( $1 \leq i \leq k$ ) 内的 AP 标记为  $B_i = \{AP_{i1}, AP_{i2}, \dots, AP_{ij}\}$ ，其中， $j$  的数值计算如下：

- (3) 如果  $n \% k = 0$ ，则  $j = n/k$ ；
- 15 (4) 否则， $1 \leq i \leq k-1$  时， $j = \lfloor n/k \rfloor$ ， $i = k$  时， $j = \lfloor n/k \rfloor + (n \% k)$ 。

分组后的 AP 对应的 TDMA 通信过程具体包括以下步骤：

- (1) 根据任意组  $B_i$  ( $1 \leq i \leq k$ ) 内 AP 的数量，将长度为  $m$  的超帧（满足  $m \gg n$ ）划分成  $k$  个子超帧。其中，第  $i$  个子超帧对应组  $B_i$  ( $1 \leq i \leq k$ )；
- (2) 任意组  $B_i$  ( $1 \leq i \leq k$ ) 在其对应的第  $i$  个子超帧内，从第  $i$  个子超帧开始预留时隙，预留时隙的数量等于组  $B_i$  ( $1 \leq i \leq k$ ) 内 AP 的数量；
- 20 (3) 假设当前的绝对时隙号为 ASN（从 1 开始计数），对于任意组  $B_i$  ( $1 \leq i \leq k$ ) 内的  $AP_{ij}$ ，如果  $ASN \% m = (m/k) * (i - 1) + j$  为真，则  $AP_{ij}$  在时隙 ASN 内广播信标帧，否则不作任何响应。

下面结合图 2 (b) 具体说明多 AP 接入装置分组广播信标帧的过程。假设多 AP 接入装置包含 6 个 AP ( $n = 6$ )，分别表示为  $AP_{11}$ 、 $AP_{12}$ 、 $AP_{13}$ 、 $AP_{21}$ 、 $AP_{22}$ 、 $AP_{23}$ ，分为两组 ( $k = 2$ )，分组结果为  $B_1 = \{AP_{11}, AP_{12}, AP_{13}\}$ ， $B_2 = \{AP_{21}, AP_{22}, AP_{23}\}$ ，则 B1 组和 B2 组内均包含 3 个 AP。假设超帧长度为 16 ( $m = 16$ )，并将该超帧划分为两个子超帧，分别对应 B1 组和 B2 组；预留两个子超帧的前三个时隙，分别用于 B1 组和 B2 组内 AP 广播信标帧。对于  $ASN = 2$ ，则  $i = 1$ ， $j = 2$  时，满足公式  $ASN \% m = (m/k) * (i - 1) + j$  为真，即此时  $AP_{12}$  发送信标帧。其他信标帧的广播情况类似，最后的结果如图 2 (b) 所示。

对 AP 信标帧的广播采取分组管理的方法，即采用多 AP 技术，对于每个 STA，只要保证在超帧周期内接收任意一个 AP 的信标帧，即可完成时间同步，且 STA 可能在超帧周期内进行多次时间同步，提高了时间同步精度；此外，该方法简单灵活，降低了维护和管理的难度。

所述多 AP 接入装置中的多个 AP 共用一个地址，并行工作，其具体机制在于当 STA 发送数据包的时候，多个 AP 同时接收。对于多个 AP 收到来自 STA 的同一个数据包的情况，网关通过序列号等方法过滤掉重复包。

多 AP 接入装置给 STA 回复 ACK 的方法如下：

- 40 (1) 如果只有一个 AP 收到 STA 的数据包，则该 AP 直接回复 ACK；

(2) 如果多个 AP 收到 STA 的数据包, 则各个 AP 根据包接收成功率以及接受信号强度 (RSSI, Received Signal Strength Indication) 回复 ACK, 具体原则包括:

当多个 AP 收到 STA 的数据包时, 搜索通信链路质量映射表, 找到对应 STA 中包接收成功率最大的 AP, 由该 AP 在对应的时隙发送 ACK;

5 对于包接收成功率相同的多个 AP, 则在这些 AP 中进一步搜索 RSSI 值最大的 AP, 由该 AP 在对应的时隙发送 ACK;

对于包接收成功率相同且 RSSI 值相等的多个 AP, 随机选择一个 AP 回复 ACK。

所述通信链路质量映射表, 是指为支持基于通信链路质量的 ACK 回复机制, 网关中维护的一个关于网络中每个 STA 与所有 AP 通信链路质量的映射表。其中, 通信链路质量主要包括包接收成功率以及 RSSI 指标值, 通信链路质量映射表随着通信过程不断更新。

为实现上述方法, 本发明提出了一种多 AP 接入装置, 如图 3 所示, 该多 AP 接入装置包括五个模块: TDMA 模块、用户数据报协议 (UDP, User Datagram Protocol) 通信模块、滤包模块、缓存区管理模块以及网络管理模块。其中, TDMA 模块负责组织 TDMA 超帧通信; UDP 通信模块采用 UDP 通信协议, 用于转发来自于多个 AP 的数据包; 滤包模块用于过滤多余的重发包; 缓存区管理模块用于管理存取缓存区; 网络管理模块是整个装置的核心, 负责管理、维护整个网络, 其中包括 ACK 回复子模块。

多 AP 接入装置的各个模块的功能和流程具体如下:

20 (1) TDMA 模块: TDMA 模块包含整个系统的时间源, 用于在时间域上划分时隙, 当触发“时隙开始”事件时, TDMA 模块查询网络管理模块提供的链路表, 判断在此时隙是否有通信业务。如果没有通信业务, 则不动作, 进入休眠状态。如果有通信业务, 则进一步判断是发送时隙还是接收时隙: 如果为接收时隙, 则将多个 AP 设置为接收状态; 如果为发送时隙, TDMA 模块调用 UDP 通信模块。

25 (2) UDP 通信模块: UDP 模块首先通过缓存区管理模块提供的接口取出发送缓存区中的数据包, 然后通过 UDP 通信协议转发给对应的 AP 进行发送, 选择原则同回复 ACK 的原则。在接收时隙中, 多 AP 接入装置中的多个 AP 可能同时接收到来自于同一个 STA 的数据包, 并通过 UDP 通信协议将其转发给 UDP 通信模块。此时, UDP 通信模块中可能包含多个重复包, UDP 通信模块调用滤包模块来过滤多余的重发包, 并通过缓存区管理模块提供的接口将过滤后的数据包放入接收缓存区, 网络管理模块通过缓存区管理模块提供的接口获取数据包, 并做相应的处理。

UDP 通信模块具有不需要保持连接、适合较短的控制信息传输等特点, 能够满足工业无线通信的高实时性、带宽要求。UDP 通信模块的数据接收流程如图 4 所示, 初始化部分包括 UDP 模块初始化、缓存区模块初始化以及滤包模块初始化。UDP 通信模块查询 AP 的 UDP 数据并返回数据长度, 如果数据长度大于 0, 则说明 AP 已经将数据通过 UDP 通信协议转发给了 UDP 通信模块, 并调用滤包模块中函数对数据进行处理; 否则切换到下一个 AP 进行处理。如此往复, 循环轮询每个 AP 的 UDP 数据。

40 (3) 滤包模块: 滤包模块内部维护一个滑动窗口, 用于记录最近接收的多个 UDP 数据包的序列号, 并且随着接收缓存区中数据包的增加而不断更新。滤包模块的输入

为数据包首地址、数据包长度、数据包的序列号。滤包模块的程序流程图如图 5 所示，首先判断滑动窗口中是否有此数据包的序列号，如果存在，则是重复包，丢弃此数据包；如果不存在，则进一步判断接收缓存区是否已满，若已满，则丢弃此数据包，否则将此数据包加入接收缓存区，然后更新滑动窗口。

- 5           (4) 缓存区管理模块：缓存区管理模块采用由数组实现的环形队列，构建和维护发送缓存区和接收缓冲区，不需要频繁调用内存分配函数，具有运行速度快、变化灵活、存取效率高等特点；同时针对实际工业通信中不同类型帧（一般可分为数据帧、命令帧、Beacon 帧、ACK 帧）的长度不同这一情况，在各个帧的缓存区，首先记录了其长度信息，使其存取程序能够自动正确处理不同类型的帧，保证了不同长度帧存取的一致性。
- 10

(5) 网络管理模块：网络管理模块根据接收到的数据包的内容，对网络进行管理和维护，并回复 ACK。

## 权 利 要 求 书

1. 一种基于多接入点的 TDMA 接入方法, 其特征在于, 包括  
令多 AP 接入装置作为整个网络的时间源, STA 利用多 AP 接入装置广播的信标  
5 帧进行时间同步;  
将包含  $n$  个 AP 的多 AP 接入装置分成  $k$  组,  $k$  为自然数, 且  $1 \leq k \leq n$ ;  
根据任意组  $B_i = \{AP_{i1}, AP_{i2}, \dots, AP_{ij}\}$  内 AP 的数量  $j$ , 将长度为  $m$  的超帧划分成  $k$   
个子超帧, 其中, 第  $i$  个子超帧对应组  $B_i$ ;  
任意组  $B_i$  在其对应的第  $i$  个子超帧内, 从第  $i$  个子超帧开始预留时隙, 预留时隙  
10 的数量等于组  $B_i$  内 AP 的数量  $j$ ;  
对于任意组  $B_i$  ( $1 \leq i \leq k$ ) 内的  $AP_{ij}$ , 如果  $ASN \% m = (m/k) * (i - 1) + j$  为真, 则  
 $AP_{ij}$  在时隙  $ASN$  内广播信标帧, 否则不作任何响应, 其中  $ASN$  为当前的绝对时隙号  
并从 1 开始计数。
2. 根据权利要求 1 所述的一种基于多接入点的 TDMA 接入方法, 其特征在于,  
15 所述信标帧是由 AP 发出的广播帧, 包括网络编号、时隙戳和网络资源管理。
3. 根据权利要求 1 所述的一种基于多接入点的 TDMA 接入方法, 其特征在于,  
所述将包含  $n$  个 AP 的多 AP 接入装置分成  $k$  组的分组原则为:  
(1) 组内各个 AP 传输范围的重叠部分最小;  
(2) 组内所有 AP 的传输范围的并集能够覆盖整个网络。
- 20 4. 根据权利要求 1 所述的一种基于多接入点的 TDMA 接入方法, 其特征在于,  
所述任意组  $B_i = \{AP_{i1}, AP_{i2}, \dots, AP_{ij}\}$  内 AP 的数量  $j$  的计算方法为: 如果  $n \% k = 0$ ,  
则  $j = n/k$ ; 否则,  $1 \leq i \leq k-1$  时,  $j = \lfloor n/k \rfloor$ ,  $i = k$  时,  $j = \lfloor n/k \rfloor + (n \% k)$ 。
5. 根据权利要求 1 所述的一种基于多接入点的 TDMA 接入方法, 其特征在于,  
当多 AP 接入装置收到 STA 的数据包后, 网络管理模块给 STA 回复 ACK 的方法为:  
25 如果只有一个 AP 收到 STA 的数据包, 则该 AP 直接回复 ACK; 如果多个 AP 收到  
STA 的数据包, 则各个 AP 根据包接收成功率以及接受信号强度 RSSI 回复 ACK。
6. 根据权利要求 1 所述的一种基于多接入点的 TDMA 接入方法, 其特征在于,  
所述各个 AP 根据包接收成功率以及接受信号强度 RSSI 回复 ACK 的原则为: 当多个  
AP 收到 STA 的数据包时, 搜索通信链路质量映射表, 找到对应 STA 中包接收成功率  
30 最大的 AP, 由该 AP 在对应的时隙发送 ACK; 对于包接收成功率相同的多个 AP,  
则在这些 AP 中进一步搜索 RSSI 值最大的 AP, 由该 AP 在对应的时隙发送 ACK; 对于  
包接收成功率相同且 RSSI 值相等的多个 AP, 随机选择一个 AP 回复 ACK。
7. 根据权利要求 6 所述的一种基于多接入点的 TDMA 接入方法, 其特征在于,  
所述通信链路质量映射表是网关中维护的一个关于网络中每个 STA 与所有 AP 通信链  
35 路质量的映射表, 包括包接收成功率以及 RSSI 指标值, 随着通信过程不断更新。
8. 一种实现权利要求 1-7 任一项所述方法的装置, 包括站点 STA、接入点 AP、  
网关和控制器, 其中 STA 在工业现场连接现场设备, 负责采集现场数据以及控制生  
产过程, 其特征在于, STA 与多 AP 接入装置中的多个接入点 AP 无线连接; 所述多  
多个接入点 AP 与多 AP 接入装置中的一个网关有线连接; 所述多 AP 接入装置用于将  
40 STA 采集的现场设备的传感器数据转发到控制器, 将控制器的控制信息转发给现场  
设备上的执行器。
9. 根据权利要求 8 所述的装置, 其特征在于, 所述多个 AP 共用一个地址, 并  
行工作。
10. 根据权利要求 8 所述的装置, 其特征在于, 所述多 AP 接入装置包括: TDMA

- 模块、用户数据报协议通信模块、滤包模块、缓存区管理模块以及网络管理模块；其中，用户数据报协议通信模块采用 UDP 通信协议，用于转发来自于多个 AP 的数据包；滤包模块连接用户数据报协议通信模块，用于过滤多余的重复包；缓存区管理模块连接用户数据报协议通信模块和滤包模块，用于管理存取缓存区；网络管理模块连接缓存区管理模块，用于将数据包发送给网关；TDMA 模块连接用户数据报协议通信模块和网络管理模块，用于组织 TDMA 超帧通信，包括 ACK 回复子模块。
- 5

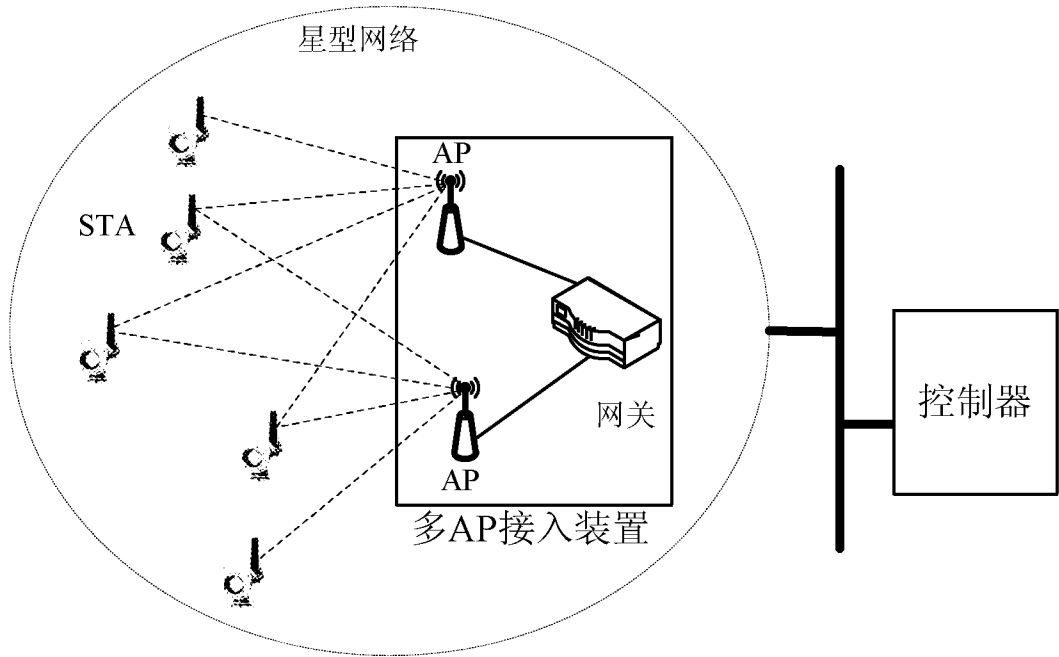


图 1

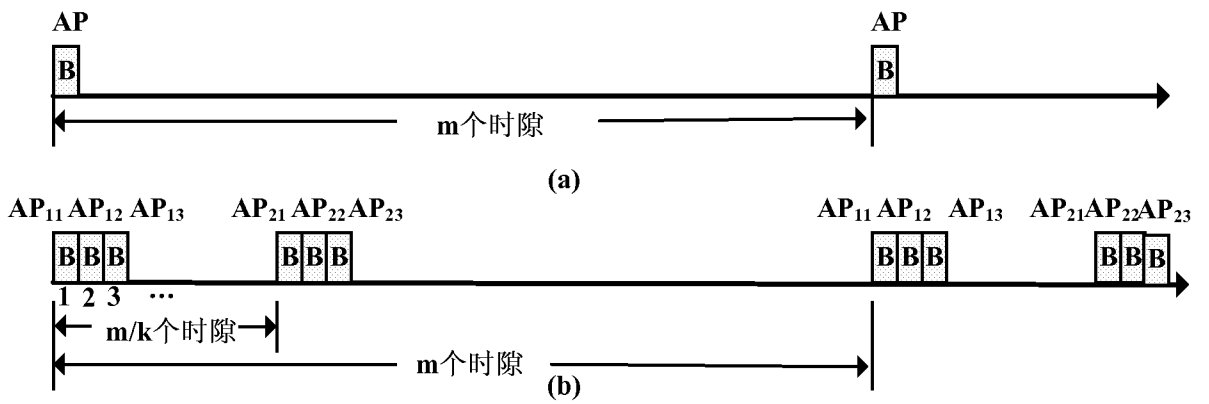


图 2

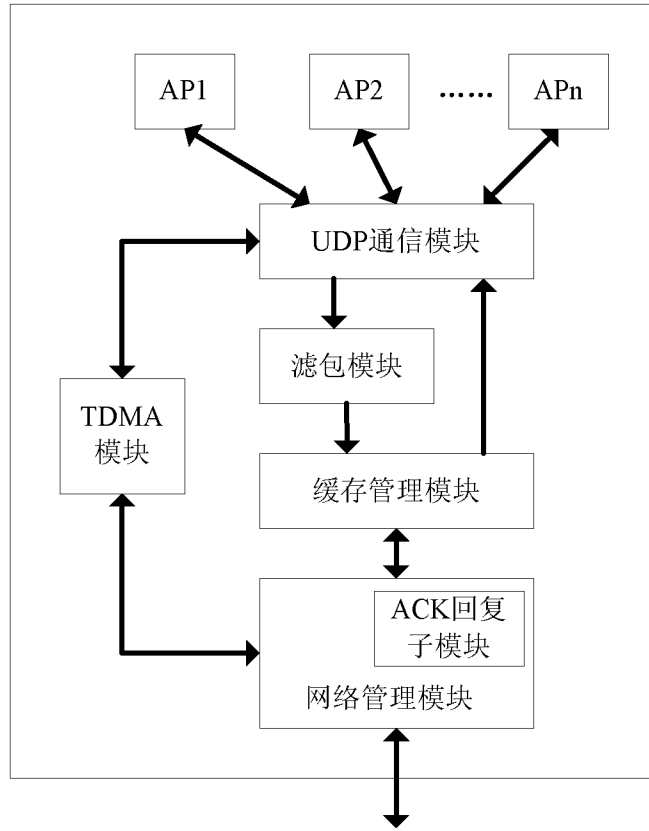


图 3

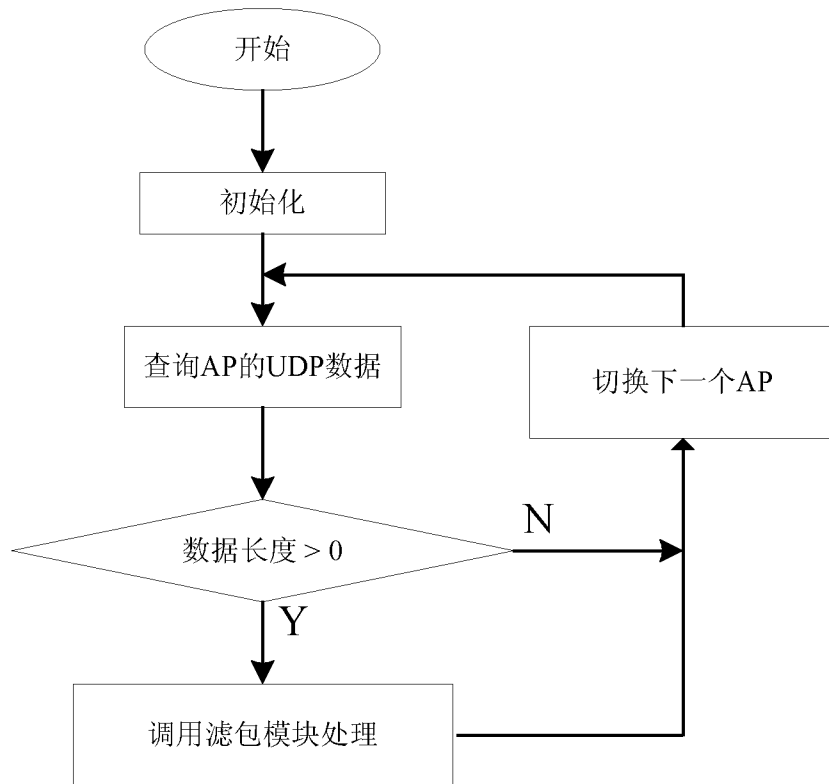


图 4

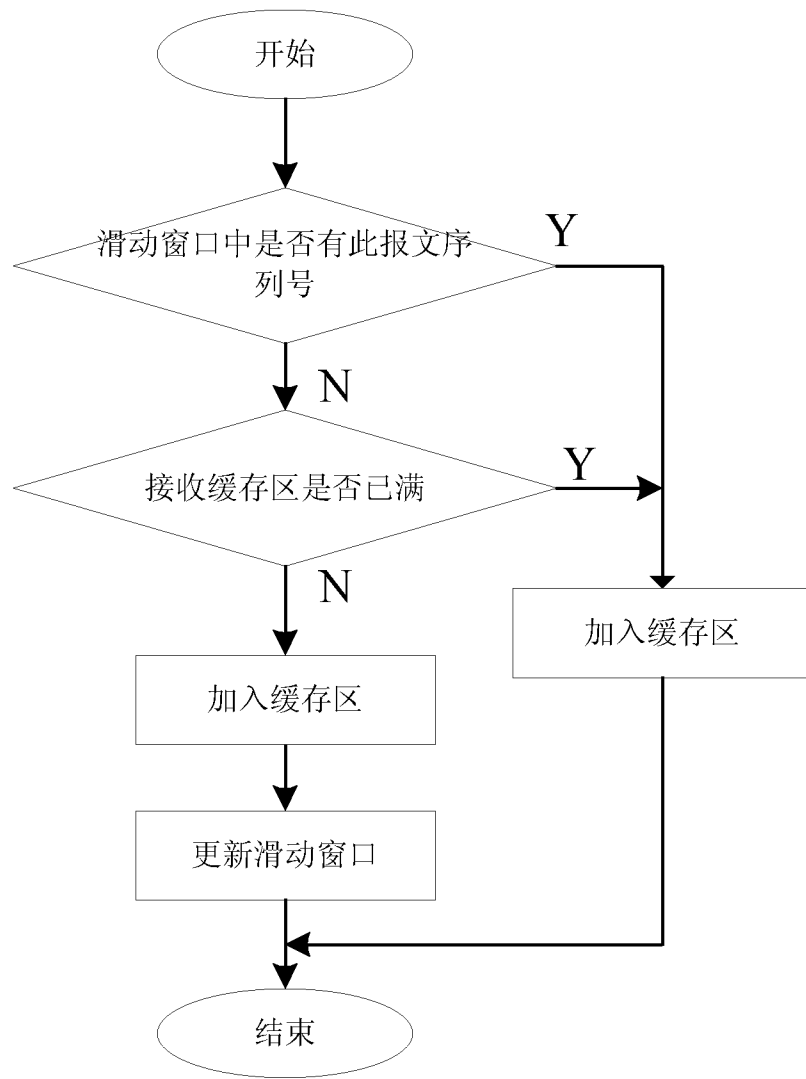


图 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2013/070326**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W 16/18 (2009.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H04W, H04L, H04Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CBNTXT, VEN: time slot, reserve, wireless sensor network, access point, AP, node, super frame, slot, beacon, time, obligate, synchronization, group, WSN

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102340819 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 01 February 2012 (01.02.2012), description, paragraphs 39-100	1-10
A	CN 102413581 A (ACADEMY OF TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY), 11 April 2012 (11.04.2012), the whole document	1-10
A	CN 102404855 A (SHANGHAI INSTITUTE OF PROCESS AUTOMATION INSTRUMENTATION), 04 April 2012 (04.04.2012), the whole document	1-10
A	CN 102118849 A (CHONGQING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS), 06 July 2011 (06.07.2011), the whole document	1-10
A	CN 101651969 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY), 17 February 2010 (17.02.2010), the whole document	1-10
A	CN 101500314 A (SOUTHWEST UNIVERSITY), 05 August 2009 (05.08.2009), the whole document	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  
24 February 2013 (24.02.2013)

Date of mailing of the international search report  
**21 March 2013 (21.03.2013)**

Name and mailing address of the ISA/CN:  
State Intellectual Property Office of the P. R. China  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao  
Haidian District, Beijing 100088, China  
Facsimile No.: (86-10) 62019451

Authorized officer  
**SUN, Rongrong**  
Telephone No.: (86-10) **62411361**

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
**PCT/CN2013/070326**

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102340819 A	01.02.2012	None	
CN 102413581 A	11.04.2012	None	
CN 102404855 A	04.04.2012	None	
CN 102118849 A	06.07.2011	None	
CN 101651969 A	17.02.2010	CN 101651969 B	04.01.2012
CN 101500314 A	05.08.2009	CN 101500314 B	29.09.2010

国际检索报告

国际申请号  
PCT/CN2013/070326

<b>A. 主题的分类</b>		
H04W 16/18 (2009.01) i		
按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
<b>B. 检索领域</b>		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
IPC: H04W, H04L, H04Q		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))		
CNABS, CBNTXT, VEN: 接入点, 节点, 超帧, 时隙, 预留, 信标, 时间, 同步, 组, 无线传感器网络, access point, AP, node, super frame, slot, beacon, time, obligate, synchronization, group, WSN		
<b>C. 相关文件</b>		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN102340819A (中国科学院深圳先进技术研究院) 01.2 月 2012 (01.02.2012) 说明书第 39-100 段	1-10
A	CN102413581A (电信科学技术研究院) 11.4 月 2012 (11.04.2012) 全文	1-10
A	CN102404855A (上海工业自动化仪表研究院) 04.4 月 2012 (04.04.2012) 全文	1-10
A	CN102118849A (重庆邮电大学) 06.7 月 2011 (06.07.2011) 全文	1-10
A	CN101651969A (西安交通大学) 17.2 月 2010 (17.02.2010) 全文	1-10
A	CN101500314A (西南大学) 05.8 月 2009 (05.08.2009) 全文	1-10
<input type="checkbox"/> 其余文件在 C 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 24.2 月 2013 (24.02.2013)		国际检索报告邮寄日期 21.3 月 2013 (21.03.2013)
ISA/CN 的名称和邮寄地址: 中华人民共和国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 传真号: (86-10)62019451		受权官员  孙蓉蓉  电话号码: (86-10) 62411361

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
**PCT/CN2013/070326**

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN102340819A	01.02.2012	无	
CN102413581A	11.04.2012	无	
CN102404855A	04.04.2012	无	
CN102118849A	06.07.2011	无	
CN101651969A	17.02.2010	CN101651969B	04.01.2012
CN101500314A	05.08.2009	CN101500314B	29.09.2010