



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102065575 A

(43) 申请公布日 2011.05.18

(21) 申请号 200910219797.3

(22) 申请日 2009.11.11

(71) 申请人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街
114 号

(72) 发明人 梁炜 张晓玲 于海斌 曾鹏
徐伟杰 杨淼 郑萌

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限
公司 21002

代理人 李晓光

(51) Int. Cl.

H04W 84/18(2009.01)

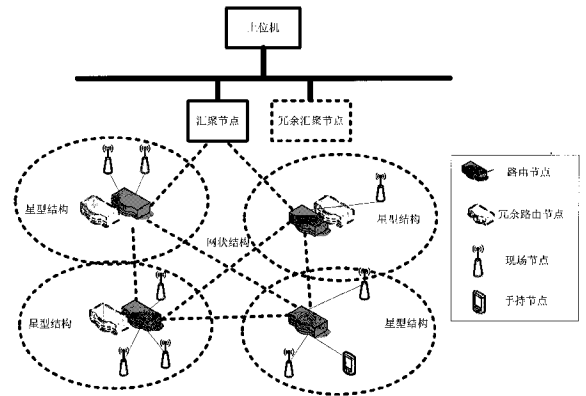
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 4 页

(54) 发明名称

基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑
无线传感器网络构建方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法,包括以下步骤:搭建网状及星型混合拓扑结构;建立基于 IEEE 802.15.4 的无线传感器网络通信协议栈模型;定义基于 IEEE 802.15.4 的超帧结构;定义基于 IEEE 802.15.4 的网络层的加入请求、指示、响应和证实原语;定义基于 IEEE 802.15.4 的网络层的加入请求命令包格式和加入响应命令包格式;基于上述超帧结构、原有 IEEE 802.15.4 的介质访问控制层加入原语和命令帧以及网络层加入原语和命令包,实现网络中节点的加入过程。本发明方法一方面通过星型结构简化了网络结构,降低了维护和管理难度,提高了系统的灵活性,另一方面,利用网状结构,提高了网络的可靠性,充分利用了 IEEE 802.15.4 的优势,满足系统的兼容性和工业应用的要求。



1. 一种基于 IEEE 802. 15. 4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法,其特征在于包括以下步骤:

将无线传感器网络中的各种节点搭建成网状及星型混合拓扑结构;

在上述拓扑结构基础上建立基于 IEEE 802. 15. 4 的无线传感器网络通信协议栈模型;

基于上述拓扑结构和协议栈模型定义基于 IEEE 802. 15. 4 的超帧结构;

定义基于 IEEE 802. 15. 4 的网络层的加入请求、指示、响应和证实原语;

定义基于 IEEE 802. 15. 4 的网络层的加入请求命令包格式和加入响应命令包格式;

基于上述超帧结构、原有 IEEE 802. 15. 4 的介质访问控制层加入原语和命令帧以及网络层加入原语和命令包,实现网络中节点的加入过程。

2. 按权利要求 1 所述的基于 IEEE 802. 15. 4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法,其特征在于所述网状及星型混合拓扑结构包括:

星型网络,由路由节点和传感器节点构成,又称为簇;传感器节点之间不直接通信,传感器节点只和一个路由节点通信;

网状网络,由路由节点、汇聚节点及上位机构成;路由节点至少和一个传感器节点通信,路由节点和汇聚节点通信,或者路由节点至少和一个其它路由节点通信,上位机和汇聚节点通信;

所述上位机为用户及管理者提供与无线传感器网络交互的平台;汇聚节点提供无线传感器网络与其它无线传感器网络之间的接口;路由节点完成网络互连、传感器节点数据的简单处理和局部的网络管理功能;传感器节点将传感器或执行器接入无线传感器网络。

3. 按权利要求 2 所述的基于 IEEE 802. 15. 4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法,其特征在於:还具有手持节点,是用户临时访问无线传感器网络的接入节点,用于现场维护与网络配置。

4. 按权利要求 1 所述的基于 IEEE 802. 15. 4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法,其特征在於:

所述通信协议栈模型包括物理层、介质访问控制层、数据链路子层、网络层和应用层,其中物理层和介质访问控制层分别采用 IEEE 802. 15. 4 的物理层和介质访问控制层,数据链路子层对介质访问控制层的超帧进行扩展,负责控制节点的加入过程。

5. 按权利要求 1 所述的基于 IEEE 802. 15. 4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法,其特征在於:

所述超帧结构包括信标帧阶段、CAP 阶段、CFP 阶段、簇内通信阶段、簇间通信阶段和休眠阶段;其中信标帧用于时隙同步和发布超帧信息;CAP 阶段用于节点加入和簇内管理;CFP 阶段用于紧急通信和移动节点与簇首间通信,由路由节点自主分配;簇内通信阶段用于相对稳定的簇内通信;簇间通信阶段用于簇间通信和管理。

6. 按权利要求 5 所述的基于 IEEE 802. 15. 4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法,其特征在於:在 CAP 阶段中路由节点、传感器节点和手持节点采用 CSMA 方式竞争加入网络。

7. 按权利要求 6 所述的基于 IEEE 802. 15. 4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法,其特征在於:传感器节点和手持节点的加入需要已在网的路由节点转发该节点的加入请求和加入响应;路由节点在无法一跳到达汇聚节点的情况下,也需要其它路由节点

转发该节点的加入请求和加入响应；将一跳范围内用于转发加入请求和加入响应的在网路由节点称为代理路由节点；代理路由节点转发加入请求和加入响应的过程是在网络层实现的，包括网络层的加入原语、加入请求命令包和加入响应命令包。

8. 按权利要求 1 所述的基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法，其特征在于：超帧长度为基本超帧长度的 $2N$ 倍， N 为正整数，其中定义基本超帧长度为 32 个时隙；传感器节点的超帧长度由应用的数据更新速率决定，路由节点的超帧长度由星型网络内所有传感器节点的最小超帧长度决定，汇聚节点的超帧长度取其邻居路由节点的最小超帧长度。

9. 按权利要求 1 所述的基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法，其特征在于：

网络层的通用命令包格式包括网络层包头和网络层有效载荷，其中：网络层包头包括包控制、目的地址、源地址、路由 ID、时间戳、分段序列号和载荷长度；网络层有效载荷包括网络层命令包标识符和网络层命令包载荷。

10. 按权利要求 9 所述的基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法，其特征在于：

所述包控制字段包括包类型、路由方式和分段标志。

11. 按权利要求 1 所述的基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法，其特征在于：

所述网络层的加入请求命令包格式包括网络层包头、命令标识符、待加入节点物理地址和节点类型，其中命令标识符为 0。

12. 按权利要求 1 所述的基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法，其特征在于：

所述网络层的加入响应命令包格式包括网络层包头、命令标识符、加入状态、待加入节点物理地址和待加入节点短地址。

13. 按权利要求 1 所述的基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法，其特征在于：

所述节点加入网络的一般过程如下：

1) 网络发现：待加入网络的节点持续扫描网络中的可用信道，直到成功收到已加入路由节点或汇聚节点发出的信标；

2) 时间同步：待加入网络的节点选择信标发出节点作为代理路由节点，使用信标中的时间信息完成时间同步；

3) 发送加入请求：待加入网络的节点向代理路由节点发出加入请求，代理路由节点将此加入请求转发到汇聚节点；

4) 返回加入响应：汇聚节点收到加入请求后，完成安全认证，且返回加入响应；

5) 响应处理：待加入网络的节点收到代理路由节点转发来的加入响应，如果加入响应是负响应，待加入网络的节点将重新开始加入过程；如果确认信息是正响应，加入过程成功，结束；

6) 广播信标：如果待加入网络的节点加入成功且为路由节点，则广播信标。

14. 按权利要求 1 所述的基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络

构建方法,其特征在于:

所述基于介质访问控制层加入原语和命令帧以及网络层加入原语和命令包实现节点的加入过程,具体为:

待加入网络的节点利用原有 IEEE 802.15.4 协议的 MAC 层加入原语 MLME-ASSOCIATE.request() 生成 MAC 层加入请求报文,发送给代理路由节点;

代理路由节点的 MAC 收到加入请求后,指示给本地管理进程;

代理路由节点的本地管理进程调用原语 NLME-JOIN.request() 在本地网络层生成加入请求命令包后,利用 MAC 层的 MCPS-DATA.request() 原语将网络层生成的加入请求报文以 MAC 层数据报文的形式发送出去,经过在网其它路由节点的转发后,最后到达汇聚节点;

汇聚节点生成网络层的加入响应报文,调用 MAC 层的原语 MCPS-DATA.response() 将其以数据报文的形式发送给代理路由节点;

代理路由节点收到汇聚节点的加入响应后,调用 MAC 层的 MLME-ASSOCIATE.request() 原语,在 MAC 层生成加入响应报文后,返回给待加入网络的节点;

收到加入响应后,如果待加入网络的节点加入成功且加入类型为路由节点,则开始发送 Beacon 帧,用于其他路由节点或者传感器节点的加入。待加入网络的传感器节点和手持节点不发送 Beacon 帧。

基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法

技术领域

[0001] 本发明涉及无线通信组网技术,具体地说明是一种基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法。

背景技术

[0002] 人类进入二十一世纪以来,微机电系统 (Micro-Electro-Mechanism System, MEMS)、计算机、通信、自动控制和人工智能等学科的飞速发展孕育了一种新型的测控网络——无线传感器网络 (Wireless Sensor Network, WSN)。

[0003] 无线传感器网络是由大量无处不在的,具有通信与计算能力的微小传感器节点密集布设在无人值守的监控区域而构成的能够根据环境自主完成指定任务的“智能”自治测控网络系统。无线传感器网络是一种超大规模、无人值守、资源严格受限的全分布系统,采用多跳对等的通信方式,其网络拓扑动态变化,具有自组织、自治、自适应等智能属性。无线传感器网络是继因特网之后,将对二十一世纪人类生活方式产生重大影响的 IT 热点技术。如果说因特网改变了人与人之间交流、沟通的方式,那么无线传感器网络则将逻辑上的信息世界与真实物理世界融合在一起,将改变人与自然交互的方式。无线传感器网络的出现引起了全世界范围的广泛关注。

[0004] 在目前的无线通信标准中,IEEE 802.15.4 以其低功耗、低成本和简单灵活等特点,最有希望地成为无线传感器网络底层通信协议的无线标准。无线传感器网络,特别是工业无线网络已经成为 IEEE 802.15.4 的主要市场对象。网状及星型混合拓扑结构网络是无线传感器网络经常采用的一种拓扑结构。而现有无线传感器网络构建方法对 IEEE 802.15.4 不兼容,且目前基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑结构无线传感器网络的构建方法尚未见报道。

发明内容

[0005] 针对现有无线传感器网络构建方法对 IEEE 802.15.4 不兼容的缺陷,本发明要解决的技术问题是提供一种可提高系统兼容性的基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:

[0007] 本发明基于 IEEE 802.15.4 的网状及星型混合拓扑无线传感器网络构建方法包括以下步骤:

[0008] 将无线传感器网络中的各种节点搭建成网状及星型混合拓扑结构;

[0009] 在上述拓扑结构基础上建立基于 IEEE 802.15.4 的无线传感器网络通信协议栈模型;

[0010] 基于上述拓扑结构和协议栈模型定义基于 IEEE 802.15.4 的超帧结构;

[0011] 定义基于 IEEE 802.15.4 的网络层的加入请求、指示、响应和证实原语;

[0012] 定义基于 IEEE 802.15.4 的网络层的加入请求命令包格式和加入响应命令包格式；

[0013] 基于上述超帧结构、原有 IEEE 802.15.4 的介质访问控制层加入原语和命令帧以及网络层加入原语和命令包，实现网络中节点的加入过程。

[0014] 所述网状及星型混合拓扑结构包括：

[0015] 星型网络，由路由节点和传感器节点构成，又称为簇；传感器节点之间不直接通信，传感器节点只和一个路由节点通信；

[0016] 网状网络，由路由节点、汇聚节点及上位机构成；路由节点至少和一个传感器节点通信，路由节点和汇聚节点通信，或者路由节点至少和一个其它路由节点通信，上位机和汇聚节点通信；

[0017] 所述上位机为用户及管理者提供与无线传感器网络交互的平台；汇聚节点提供无线传感器网络与其它无线传感器网络之间的接口；路由节点完成网络互连、传感器节点数据的简单处理和局部的网络管理功能；传感器节点将传感器或执行器接入无线传感器网络。

[0018] 本发明还具有手持节点，是用户临时访问无线传感器网络的接入节点，用于现场维护与网络配置。

[0019] 所述通信协议栈模型包括物理层、介质访问控制层、数据链路层、网络层和应用层，其中物理层和介质访问控制层分别采用 IEEE 802.15.4 的物理层和介质访问控制层，数据链路层对介质访问控制层的超帧进行扩展，负责控制节点的加入过程。

[0020] 所述超帧结构包括信标帧阶段、CAP 阶段、CFP 阶段、簇内通信阶段、簇间通信阶段和休眠阶段；其中信标帧用于时隙同步和发布超帧信息；CAP 阶段用于节点加入和簇内管理；CFP 阶段用于紧急通信和移动节点与簇首间通信，由路由节点自主分配；簇内通信阶段用于相对稳定的簇内通信；簇间通信阶段用于簇间通信和管理；在 CAP 阶段中路由节点、传感器节点和手持节点采用 CSMA 方式竞争加入网络；传感器节点和手持节点的加入需要已在网的路由节点转发该节点的加入请求和加入响应；路由节点在无法一跳到达汇聚节点的情况下，也需要其它路由节点转发该节点的加入请求和加入响应；将一跳范围内用于转发加入请求和加入响应的在网路由节点称为代理路由节点；代理路由节点转发加入请求和加入响应的过程是在网络层实现的，包括网络层的加入原语、加入请求命令包和加入响应命令包。

[0021] 所述超帧长度为基本超帧长度的 2^N 倍，N 为正整数，其中定义基本超帧长度为 32 个时隙；传感器节点的超帧长度由应用的数据更新速率决定，路由节点的超帧长度由星型网络内所有传感器节点的最小超帧长度决定，汇聚节点的超帧长度取其邻居路由节点的最小超帧长度。

[0022] 网络层的通用命令包格式包括网络层包头和网络层有效载荷，其中：网络层包头包括包控制、目的地址、源地址、路由 ID、时间戳、分段序列号和载荷长度；网络层有效载荷包括网络层命令包标识符和网络层命令包载荷；所述包控制字段包括包类型、路由方式和分段标志。

[0023] 所述网络层的加入请求命令包格式包括网络层包头、命令标识符、待加入节点物理地址和节点类型，其中命令标识符为 0。

[0024] 所述网络层的加入响应命令包格式包括网络层包头、命令标识符、加入状态、待加入节点物理地址和待加入节点短地址。

[0025] 所述节点加入网络的一般过程如下：

[0026] 1) 网络发现：待加入网络的节点持续扫描网络中的可用信道，直到成功收到已加入路由节点或汇聚节点发出的信标；

[0027] 2) 时间同步：待加入网络的节点选择信标发出节点作为代理路由节点，使用信标中的时间信息完成时间同步；

[0028] 3) 发送加入请求：待加入网络的节点向代理路由节点发出加入请求，代理路由节点将此加入请求转发到汇聚节点；

[0029] 4) 返回加入响应：汇聚节点收到加入请求后，完成安全认证，且返回加入响应；

[0030] 5) 响应处理：待加入网络的节点收到代理路由节点转发来的加入响应，如果加入响应是负响应，待加入网络的节点将重新开始加入过程；如果确认信息是正响应，加入过程成功，结束；

[0031] 6) 广播信标：如果待加入网络的节点加入成功且为路由节点，则广播信标。

[0032] 所述基于介质访问控制层加入原语和命令帧以及网络层加入原语和命令包实现节点的加入过程，具体为：

[0033] 待加入网络的节点利用原有 IEEE 802.15.4 协议的 MAC 层加入原语 MLME-ASSOCIATE.request() 生成 MAC 层加入请求报文，发送给代理路由节点；

[0034] 代理路由节点的 MAC 收到加入请求后，指示给本地管理进程；

[0035] 代理路由节点的本地管理进程调用原语 NLME-JOIN.request() 在本地网络层生成加入请求命令包后，利用 MAC 层的 MCPS-DATA.request() 原语将网络层生成的加入请求报文以 MAC 层数据报文的形式发送出去，经过在网其它路由节点的转发后，最后到达汇聚节点；

[0036] 汇聚节点生成网络层的加入响应报文，调用 MAC 层的原语 MCPS-DATA.response() 将其以数据报文的形式发送给代理路由节点；

[0037] 代理路由节点收到汇聚节点的加入响应后，调用 MAC 层的 MLME-ASSOCIATE.request() 原语，在 MAC 层生成加入响应报文后，返回给待加入网络的节点；

[0038] 收到加入响应后，如果待加入网络的节点加入成功且加入类型为路由节点，则开始发送 Beacon 帧，用于其他路由节点或者传感器节点的加入。待加入网络的传感器节点和手持节点不发送 Beacon 帧。

[0039] 本发明具有以下有益效果及优点：

[0040] 1. 本发明方法采用网状及星型 (Mesh+Star) 混合拓扑结构，一方面通过星型 (Star) 结构简化了网络结构，降低了维护和管理的难度，提高了系统的灵活性，另一方面，利用网状 (Mesh) 结构，提高了网络的可靠性。

[0041] 2. 本发明方法设计了基于 IEEE 802.15.4 的通信协议栈和超帧结构，一方面充分利用了 IEEE 802.15.4 的优势，提高了系统的兼容性，保护了已有投资，另一方面通过扩展满足了工业应用的要求。

[0042] 3. 本发明方法设计了网络层的加入原语和命令包格式，支持路由节点的多跳加入，以及路由节点转发传感器节点的加入请求；一方面待加入的节点不需要位于汇聚节点

的接收范围内,扩大了网络规模;另一方面可以实现汇聚节点对网络节点的统一管理。

[0043] 4. 本发明方法设计了路由节点的多跳加入过程,一方面充分利用了 IEEE 802. 15. 4 协议的 MAC 层所支持的加入机制,另一方面在原有 IEEE802. 15. 4 协议的基础上扩展了网络节点的多跳加入方式。

附图说明

- [0044] 图 1 为一个典型的混合网状及星型拓扑结构的无线传感器网络示意图;
- [0045] 图 2 为基于 IEEE 802. 15. 4 的通信协议栈示意图;
- [0046] 图 3 为基于 IEEE 802. 15. 4 的超帧扩展结构示意图;
- [0047] 图 4 为基于 IEEE 802. 15. 4 的网络层的通用命令包格式示意图;
- [0048] 图 5 为基于 IEEE 802. 15. 4 的网络层的通用命令包中包控制字段的格式示意图;
- [0049] 图 6 为基于 IEEE 802. 15. 4 的网络层的命令包的标识符示意图;
- [0050] 图 7 为基于 IEEE 802. 15. 4 的网络层的加入请求命令包格式示意图;
- [0051] 图 8 为基于 IEEE 802. 15. 4 的网络层的加入响应命令包格式示意图;
- [0052] 图 9 为节点一般的加入过程示意图;
- [0053] 图 10A 为节点具体的加入时序图(待加入节点到网路由节点端);
- [0054] 图 10B 为节点具体的加入时序图(在网路由节点到汇聚节点端)。

具体实施方式

- [0055] 下面结合附图对本发明进一步详细说明。
- [0056] 本发明方法包括以下步骤:
- [0057] 将无线传感器网络中的各种节点搭建成网状及星型混合拓扑结构;
- [0058] 在上述拓扑结构基础上建立基于 IEEE 802. 15. 4 的无线传感器网络通信协议栈模型;
- [0059] 基于上述拓扑结构和协议栈模型定义基于 IEEE 802. 15. 4 的超帧结构;
- [0060] 定义基于 IEEE 802. 15. 4 的网络层的加入请求、指示、响应和证实原语;
- [0061] 定义基于 IEEE 802. 15. 4 的网络层的加入请求和加入响应命令包格式;
- [0062] 基于上述超帧结构、原有 IEEE 802. 15. 4 的介质访问控制层加入原语和命令帧以及网络层加入原语和命令包,实现网络中节点的加入过程。
- [0063] 如图 1 所示,所述网状及星型(mesh+star)混合拓扑结构包括:
- [0064] 第一层为星型(star)(mesh)网络,由路由节点和传感器节点构成,又称为簇;传感器节点之间不直接通信,传感器节点只和一个路由节点通信;
- [0065] 第二层为网状(mesh)网络,由路由节点、汇聚节点及上位机构成;路由节点至少和一个传感器节点通信,路由节点和汇聚节点通信,或者路由节点至少和一个其它路由节点通信,上位机和汇聚节点通信;
- [0066] 本发明方法定义了以下节点:上位机、汇聚节点、路由节点以及传感器节点,其中,上位机为用户及管理者提供与无线传感器网络交互的平台;汇聚节点提供无线传感器网络与其它无线传感器网络之间的接口;路由节点完成网络互连、传感器节点数据的简单处理和局部的网络管理功能;传感器节点将传感器或执行器接入无线传感器网络。

[0067] 上述节点中还可具有手持节点,是用户临时访问无线传感器网络的接入节点,用于现场维护与网络配置。

[0068] 同时,汇聚节点完成网络管理和安全管理的功能。其中,网络管理功能负责通信资源分配等,安全管理功能负责路由节点及传感器节点的密钥管理与安全认证。

[0069] 如图 2 所示,所述通信协议栈模型包括物理层、介质访问控制层(MAC 层)、数据链路子层、网络层和应用层,其中物理层和 MAC 层分别采用 IEEE802.15.4 的物理层和 MAC 层,数据链路子层对 MAC 层的超帧进行扩展,负责控制节点的加入过程。

[0070] 如图 3 所示,为了兼容 IEEE 802.15.4 和构建网状及星型混合拓扑结构的网络,本发明提出了基于 IEEE 802.15.4 的扩展超帧结构,具体包括:信标(Beacon)帧阶段、CAP 阶段、CFP 阶段、簇内(Intra-cluster)通信阶段、簇间(Inter-cluster)通信阶段和休眠阶段,其中:

[0071] (1) 信标帧阶段,用于时隙同步和发布超帧信息;

[0072] (2) CAP 阶段,主要用于节点加入和簇内管理;

[0073] (3) CFP 阶段,用于紧急通信和移动节点与簇首间通信,由路由节点自主分配;

[0074] (4) 非活动期,包括簇内通信阶段、簇间通信阶段以及休眠阶段,用于簇内通信、簇间通信以及休眠,由汇聚节点统一分配,其中 Intra-cluster 阶段用于相对稳定的簇内通信,Inter-cluster 阶段用于簇间通信和管理。

[0075] 考虑到本发明在 IEEE 802.15.4 超帧非活动期的时隙用于簇内通信、簇间通信以及休眠,本发明的基本超帧长度为 32 个时隙,本发明的超帧长度为基本超帧长度的 2^N 倍, N 为正整数;传感器节点的超帧长度由应用的数据更新速率决定,路由节点的超帧长度取其星型网络内所有传感器节点的最小超帧长度,汇聚节点的超帧长度取其邻居路由节点的最小超帧长度。

[0076] 本发明主要是利用基于 IEEE 802.15.4 超帧的 CAP 段用于路由节点、传感器节点和手持节点的加入。在 CAP 阶段中路由节点、传感器节点和手持节点采用 CSMA 方式竞争加入网络。

[0077] 传感器节点和手持节点的加入需要已在网的路由节点转发该节点的加入请求和加入响应;路由节点在无法一跳到达汇聚节点的情况下,也需要其它路由节点转发该节点的加入请求和加入响应。将一跳范围内用于转发加入请求和加入响应的在网路由节点称为代理路由节点。代理路由节点转发加入请求和加入响应的过程是在网络层实现的,包括网络层的加入原语、加入请求命令包和加入响应命令包。

[0078] 本发明定义了网络层的加入请求、指示、响应和证实原语。其中,网络层的加入请求原语用于代理路由节点代表待加入网络的节点向汇聚节点申请加入网络。网络层的加入指示原语用于收到加入请求的路由节点或者汇聚节点向本地的管理进程汇报。网络层的加入响应原语用于收到加入请求的汇聚节点返回申请加入的结果及相关参数。网络层的加入证实原语用于代理路由节点在收到来自汇聚节点的加入响应后,向本地的管理进程汇报加入的结果。具体包括:

[0079] 网络层的加入请求原语语义如下:

[0080]

```

NLME-JOIN.request (
    JoinAddr,
    PhyAddr,
    DeviceType
)

```

[0081] 其中,参数 JoinAddr 为 16 位目的地址,表示汇聚节点的地址。参数 PhyAddr 为待加入网络的节点的 64 位长地址。参数 DeviceType 为待加入网络的节点的类型,当 DeviceType 为 0 时表示路由节点,DeviceType 为 1 表示传感器节点,DeviceType 为 2 表示手持节点,其它值保留。

[0082] 网络层的加入指示原语语义如下:

[0083]

```

NLME-JOIN.indication (
    ProxyAddr,
    PhyAddr,
    DeviceType
)

```

[0084] 其中,参数 ProxyAddr 为代理路由节点的地址;参数 PhyAddr 和 DeviceType 的含义与 NLME-JOIN.request() 中参数 PhyAddr 和 DeviceType 的含义相同。

[0085] 网络层的加入响应原语语义如下:

[0086]

```

NLME-JOIN.response (

```

[0087]

```

    PhyAddr,
    ShortAddr,
    Status
)

```

[0088] 其中,参数 PhyAddr 的含义与 NLME-JOIN.request() 中参数 PhyAddr 的含义相同。参数 ShortAddr 为待加入网络的节点获得的 16 位短地址。参数 Status 为布尔量,表示待加入节点请求加入的结果,当 Status 的值为 0 时表示加入成功,当 Status 的值为 1 时表示加入失败。

[0089] 网络层的加入证实原语语义如下:

[0090]

```

NLME-JOIN.confirm (
    ShortAddr,
    Status
)

```

[0091] 其中,参数 ShortAddr 和 Status 的含义与 NLME-JOIN.response() 中参数 ShortAddr 和 Status 的含义相同。

[0092] 本发明方法中,为了支持网络中节点的加入过程,定义了网络层的加入请求命令包和加入响应命令包。具体包括:

[0093] 网络层的通用命令包格式如图 4 所示,包括网络层包头和网络层有效载荷,其中:网络层包头包括包控制、目的地址、源地址、路由 ID、时间戳、分段序列号和载荷长度;网络层有效载荷包括网络层命令包标识符和网络层命令包载荷。

[0094] 如图 5 所示,包控制字段包括包类型、路由方式和分段标志。

[0095] 网络层通用命令包格式中各个字段的含义如下:

[0096] 包类型:占 2 位,其中 00 表示非聚合数据包,01 表示聚合数据包,11 表示命令包,其余保留;

[0097] 路由方式:占 2 位,保留;

[0098] 分段标志:占 1 位,其中 0 表示非分段包,1 表示分段包;

[0099] 目的地址:包的最终目的地址(16 位);

[0100] 源地址:包发起者的地址(16 位);

[0101] 路由 ID:表示路由标识符(16 位),用于指定包传输路径;

[0102] 时间戳:为 4 个字节长,且以毫秒(ms)为单位;

[0103] 分段序列号:为 1 个字节长,表示分段包的序列号。如果分段标志位为 0,则该字节无效;

[0104] 载荷长度:表示网络层报文有效载荷的长度;

[0105] 如图 6 所示,网络层命令包标识符,表示命令报文的类型,其中 0 表示加入请求报文,1 表示加入响应报文;

[0106] 网络层命令包载荷:表示网络层命令包中需要传递的参数内容。

[0107] 网络层的加入请求命令包格式如图 7 所示,包括网络层包头、命令标识符、待加入节点物理地址和节点类型,其中命令标识符为 0。

[0108] 网络层的加入响应命令包格式如图 8 所示,包括网络层包头、命令标识符、加入状态、待加入节点物理地址和待加入节点短地址,具体含义如下:

[0109] 加入状态字段:表示节点申请加入网络的结果。如果加入成功,则加入状态子域返回 0,待加入节点短地址子域值有效;如果加入失败,则加入状态子域返回 1,待加入节点短地址子域值无效;

[0110] 命令标识符字段:网络层加入响应命令包的命令标识符为 1;

[0111] 待加入节点短地址字段:如果节点加入成功,表示给待加入节点分配的 16 位短地址;如果节点加入失败,该字段的值无效。

[0112] 在节点开始加入网络前,应该已经通过预配置(如手持节点设置、厂商设置等)取得了网络认证所需密钥。如图 9 所示,所述节点加入网络的一般过程如下:

[0113] 1) 网络发现:待加入网络的节点持续扫描网络中的可用信道,直到成功收到已加入路由节点或汇聚节点发出的信标;

[0114] 2) 时间同步:待加入网络的节点选择信标发出节点作为代理路由节点,使用信标中的时间信息完成时间同步;

[0115] 3) 发送加入请求:待加入网络的节点向代理路由节点发出加入请求,代理路由节点将此加入请求转发到汇聚节点;

[0116] 4) 返回加入响应:汇聚节点收到加入请求后,完成安全认证,且返回加入响应;

[0117] 5) 响应处理:待加入网络的节点收到代理路由节点转发来的加入响应,如果加入

响应是负响应,待加入网络的节点将重新开始加入过程;如果确认信息是正响应,加入过程成功,结束;

[0118] 6) 广播信标:如果待加入网络的节点加入成功且为路由节点,则广播信标。

[0119] 本发明在具体实现路由节点的加入过程中,根据路由节点和汇聚节点之间的跳数,将路由节点加入过程区分为路由节点的一跳加入过程和路由节点的多跳加入过程。如果路由节点可以通过一跳加入到汇聚节点,则启动一跳加入过程入网;如果路由节点需要通过在网其他路由节点的转发才能加入到汇聚节点,则启动多跳加入过程入网。传感器节点和手持节点的加入过程与路由节点的多跳加入过程相同。

[0120] 路由节点的一跳加入过程完全采用原有 IEEE 802.15.4 协议的 MAC 层的加入原语,在此不再详述。

[0121] 路由节点多跳加入过程、传感器节点和手持节点的加入过程如图 10A 和图 10B 所示:

[0122] 待加入网络的节点(包括路由节点、传感器节点和手持节点)利用原有 IEEE 802.15.4 协议的 MAC 层加入原语 MLME-ASSOCIATE.request() 生成 MAC 层加入请求报文,发送给代理路由节点。

[0123] 代理路由节点的 MAC 收到加入请求后,指示给本地管理进程。

[0124] 代理路由节点的本地管理进程调用原语 NLME-JOIN.request() 在本地网络层生成加入请求命令包后,利用 MAC 层的 MCPS-DATA.request() 原语将网络层生成的加入请求报文以 MAC 层数据报文的形式发送出去,经过在网其它路由节点的转发后,最后到达汇聚节点。

[0125] 汇聚节点生成网络层的加入响应报文,调用 MAC 层的原语 MCPS-DATA.response() 将其以数据报文的形式发送给代理路由节点。

[0126] 代理路由节点收到汇聚节点的加入响应后,调用 MAC 层的 MLME-ASSOCIATE.request() 原语,在 MAC 层生成加入响应报文后,返回给待加入网络的节点。

[0127] 收到加入响应后,如果待加入网络的节点加入成功且加入类型为路由节点,则开始发送 Beacon 帧,用于其他路由节点或者传感器节点的加入。待加入网络的传感器节点和手持节点不发送 Beacon 帧。

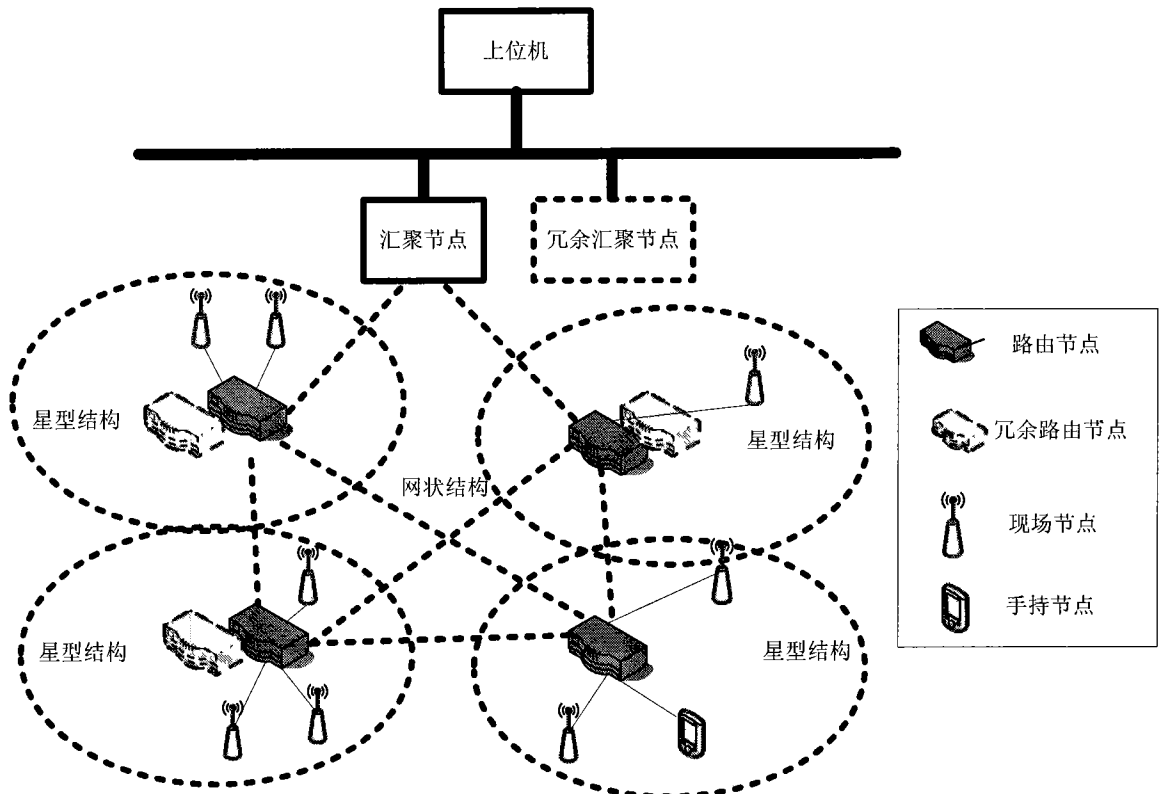


图 1

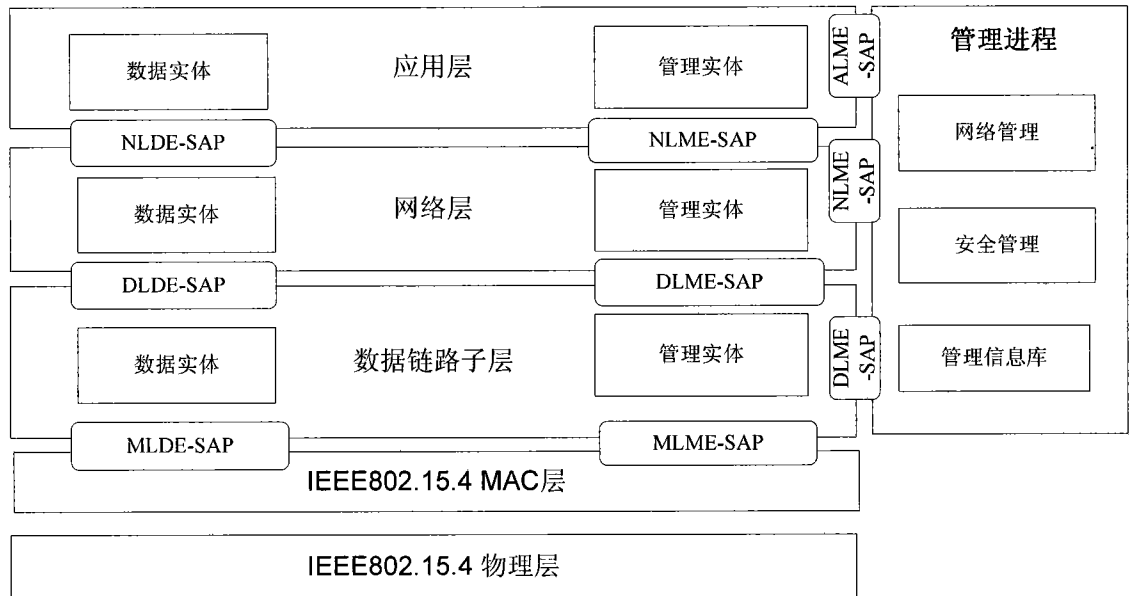


图 2

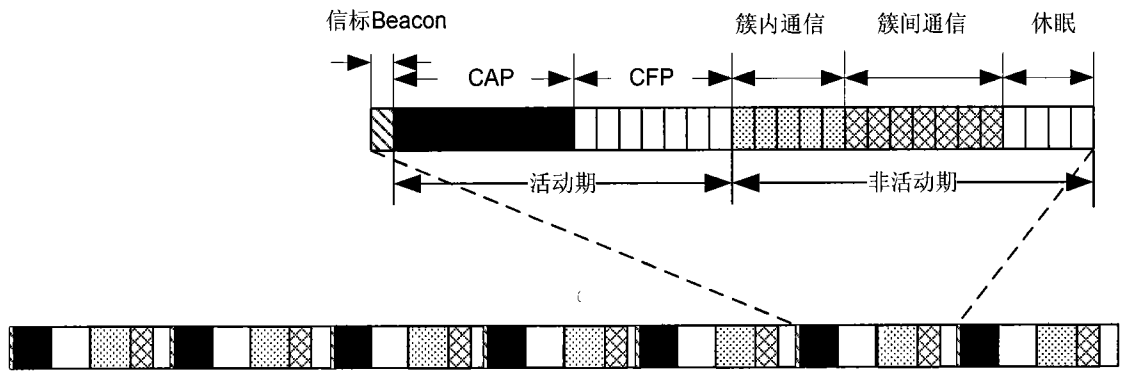


图 3

1 字节	2 字节	2 字节	2 字节	4 字节	0/1 字节	2 字节	1 字节	可变长
包控制	目的地址	源地址	路由ID	时间戳	分段序列号	载荷长度	网络层命令包标识符	网络层命令包载荷
	路由字段							
网络层包头							网络层有效载荷	

图 4

位: 0-1	2-3	4	5-7
包类型	路由方式	分段标志	保留

图 5

命令包标识符	命令名称	使用者
0	加入请求	路由节点
1	加入响应	汇聚节点

图 6

13/14 字节	1 字节	8 字节	1 字节
网络层包头	命令标识符	待加入节点物理地址	节点类型

图 7

13/14 字节	1 字节	1 字节	8 字节	2 字节
网络层包头	命令标识符	加入状态	待加入节点物理地址	待加入节点短地址

图 8

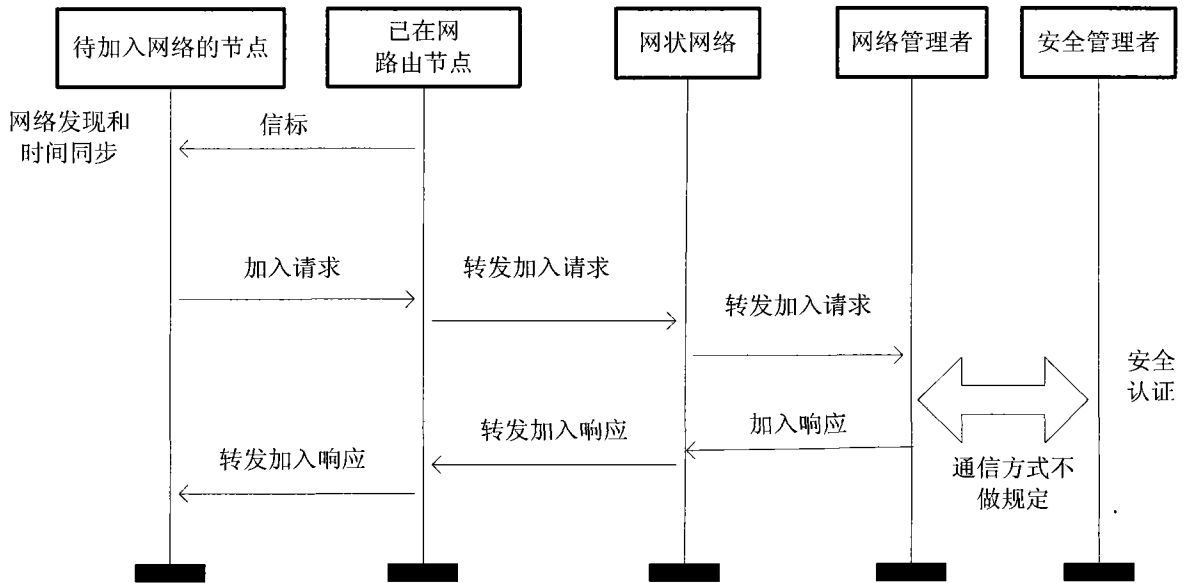


图 9

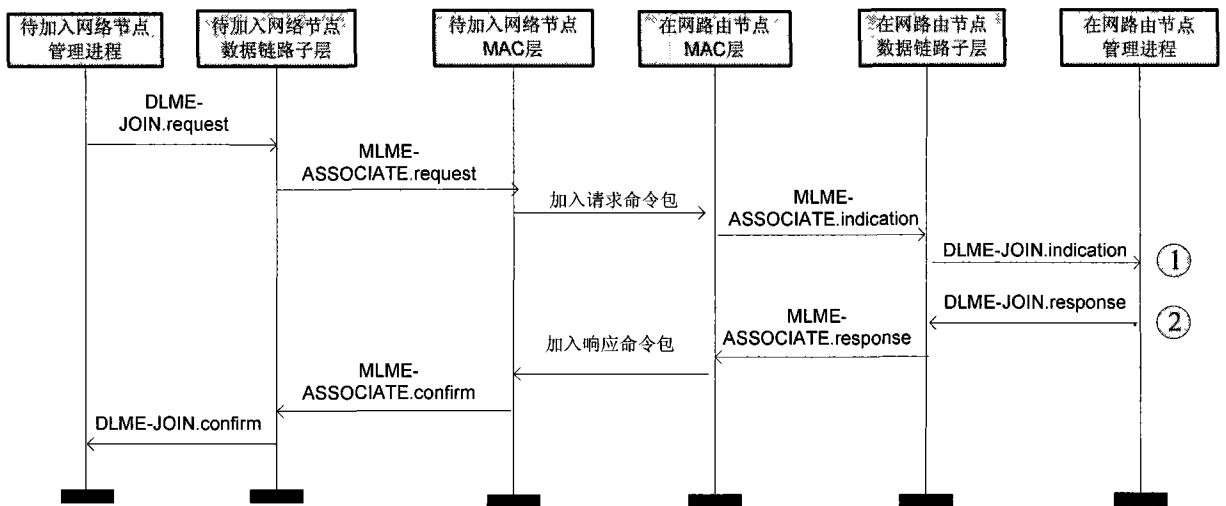


图 10A

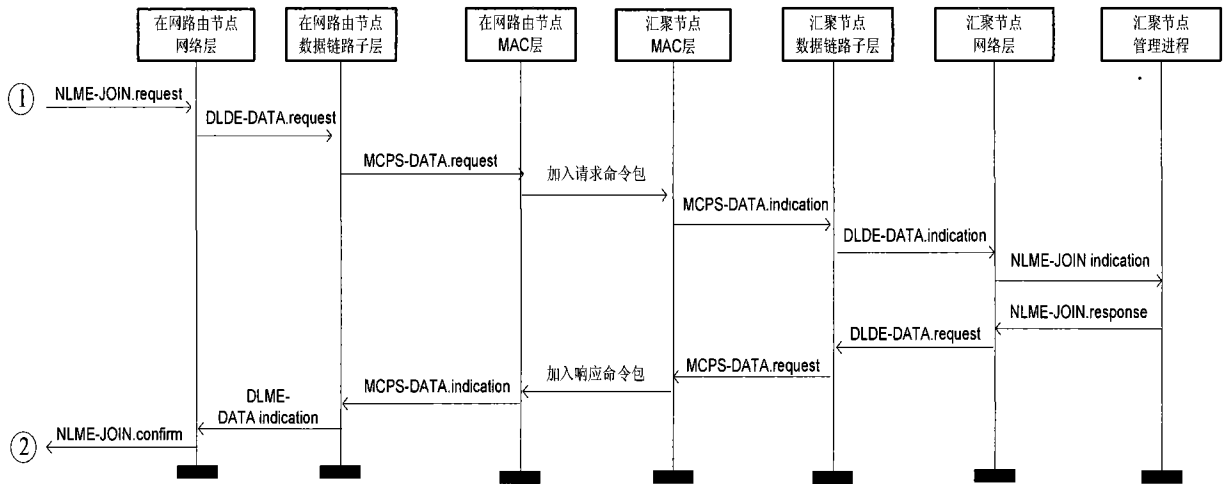


图 10B