

# 无线传感器网络接入 IPv6 网络方式的研究

郝中波, 景 博

(空军工程大学工程学院, 西安 710038)

**摘要:** 无线传感器网络与 IPv6 网络的接入方式研究是一个研究热点。从研究代理接入方式和直接接入方式出发, 讨论使用直接方式接入 IPv6 网络的全 IP 方式, 结合单兵作战系统对其做分析。指出全 IP 接入方式是实现 WSN 与 IPv6 网络互联的一种非常重要的思路, 对于未来信息化战争具有重大的军事意义, 值得进一步展开深入研究。

**关键词:** 无线传感器网络; IPv6 网络; 互联方式; 全 IP 接入方式; 单兵系统

## Research on IPv6 Network Access Mode for Wireless Sensor Networks

HAO Zhong-bo, JING Bo

(Engineering College, Air Force Engineering University, Xi'an 710038)

**【Abstract】** It is a hot research field to interconnect Wireless Sensor Network(WSN) with the next generational network(IPv6). This paper starts the research from agent-access mode and direct access mode, discusses the all-IP access mode, which belongs to direct access mode, and analyzes the all-IP access mode in the application of single-soldier system. A conclusion is drawn from the analysis. It is believed that all-IP access mode is an important viewpoint to interconnect WSN with IPv6 network, and there is some important military significance in the future info-war, so it is worth carrying out some further work.

**【Key words】** Wireless Sensor Networks(WSN); IPv6 network; mode of interconnection; all-IP access mode; single-soldier system

### 1 概述

无线传感器网络是由部署在监测区域内部或附近的大量廉价微型传感器节点通过自组织方式构成的网络<sup>[1]</sup>。无线传感器网络具有低成本、低能耗、灵活性高、可扩展等优点, 可以广泛地应用于国防军事、环境监测和预报、农业监测控制、智能家居、医疗卫生等众多领域。

在实际应用中, 无线传感器网络所处的监测环境往往十分恶劣, 用户无法在现场收集数据。对于某些用于监测环境监测的网络, 人在监测现场还会干扰被测对象, 影响测试结果的可靠性。类似的需求与特点决定了只有将无线传感器网络与现有信息网络互联, 让用户在远端实时共享传感器网络的监测结果, 实现物理世界与逻辑世界的互联, 才能充分发挥无线传感器网络的作用。而 IPv6<sup>[2]</sup>为下一代网络的核心协议, 将无线传感器网络与 IPv6 网络互联起来已是当前的一个研究热点。

### 2 2种互联接入方式

无线传感器网络的接入技术是指: 采用何种结构设计 Sink, 何种通信技术与终端用户进行信息交互, 以及何种形式提交监测信息, 以实现无线物理世界和虚拟的世界的无缝互联。

目前对 Sink 还没有一个公认的定义<sup>[1]</sup>, 为了便于分析和总结, 先给出 Sink 定义: 当无线传感器网络部署完成后, 能够与传感器节点进行无线通信, 同时能够通过其他通信方式接入外部总线或网络, 实现信息交换的装置、设备或系统, 称为 Sink。

根据此定义, Sink 接入方式是指其采用何种手段接入外

部总线或网络, 将信息传送至终端用户。

#### 2.1 代理接入方式

代理接入方式是指 Sink 通过某种通信方式接入基站, 以基站作为代理, 接入到终端用户所在的互联网。

如图 1 所示, 传感器节点将采集到的数据传送给 Sink, 然后经由某种总线方式或专用网络传送给基站, 基站是一台可以和互联网相连的计算机, 它将数据通过互联网发送到数据处理中心, 同时它还具有一个本地数据库以缓存数据。终端用户可以通过授权接口连入网络访问数据中心, 或者向基站发出命令。

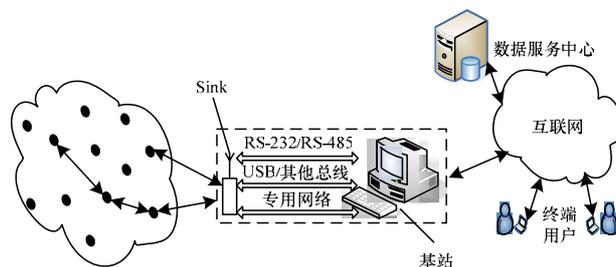


图 1 基于代理的 Sink 接入方式

这种接入方式适用于传感器网络工作在安全, 且距离用户较近的区域。其优点在于利用功能强大的 PC 作为网关执

**基金项目:** 陕西省自然科学基金资助项目(2005F22)

**作者简介:** 郝中波(1983-), 男, 硕士, 主研方向: 检测技术与自动化装置, 无线传感器网络; 景 博, 教授、博士生导师

**收稿日期:** 2009-01-13 E-mail: haozhongbo1983@163.com

行网络接入任务,减少 Sink 的软硬件复杂度,进而减小 Sink 的能耗;此外,这种结构还可将 Sink 收集的数据实时传输到基站,在基站存储、处理和决策。

代理方式的缺点也很明显,利用 PC 作为基站的代价和体积均较大,不便于布置,在恶劣的环境中无法正常工作,尤其在军事应用中不利于网络节点隐蔽,容易被敌方发现。

## 2.2 直接接入方式

直接接入方式是指 Sink 节点直接接入终端用户所在网络,这种方式是当前研究重点和发展趋势。

在图 2 所示的接入方式中, Sink 既可通过无线通信模块和监测区域内的节点无线通信,又可利用低功耗、小体积的嵌入式 Web 服务器接入 Internet,实现无线传感器网络内部和 Internet 的隔离。这样在传感器网络内部可以采用更加适合无线传感器网络特点的 MAC 协议、路由协议和拓扑控制等协议,实现网络的能量有效性、扩展性和简单性等目标。另外,在嵌入式 Web 服务器上可运行轻量级 TCP/IP 协议,并通过加入安全认证机制,提高传感器网络与 Internet 互联的可靠性。

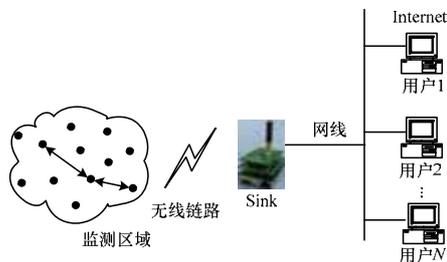


图 2 直接接入方式

## 3 基于 IPv6 的直接接入方式

IPv6 被广泛应用于互联网,它具有一些很好的特性,对于无线传感网络很有吸引力,尤其是其地址空间的规模。如果能够在 WSN 中实现和优化 IPv6 协议,发扬其长处,修正其短处,将能够更好地发展和推广 WSN 的应用。

IPv6 是为解决 IPv4 存在的一些问题和不足而提出的,同时它还在许多方面提出了改进,例如在路由方面、自动配置方面。对比 IPv4,IPv6 有如下的优点:简化的报头和灵活的扩展,层次化的地址结构,即插即用的连网方式,网络层的认证与加密,服务质量的满足,提供对移动通信更好的支持等<sup>[2]</sup>。

将 WSN 接入 IPv6 有着 3 种可行的方案:Peer to Peer 网关方式,重叠方式和全 IP 方式<sup>[3]</sup>。WSN 无论采用 Peer to Peer 网关方式还是重叠方式实现与 TCP/IP(v6)网络的互联,都必须经过某些特定节点进行内外网之间的协议转换或协议承载功能。为了方便地实现 WSN 与 IPv6 网络的互联,以及更为充分地利用 IPv6 协议的一些新的特征,近年又提出了全 IP 互联方式。该方式要求每个普通的传感器节点都支持 IPv6 协议,内外网通过采用统一的网络层协议(IPv6)实现彼此之间的互联,是 WSN 与 IPv6 网络之间的一种无缝结合方式。

IPv6 最初并没有考虑嵌入式应用,所以要想在 WSN 中实现 IPv6,就要在协议栈的裁减方面付出努力<sup>[4]</sup>。从 OSI 七层协议的角度来看,没有必要在每一个无线传感节点上都实现高层协议栈。对于与人交互的节点,例如智能手持终端等,需要实现高层协议以实现友好的人机界面。而在某些情况下,这些节点的功能可以融入已有设备,例如 PC 等,此时的协

议栈就不必考虑存储容量的问题。另外,对于那些不需要与人交互的节点,例如仅采集某种信息的终端节点,它们就不必实现高层协议,只要能够完成传输功能即可。

IPv6 最初不是为了嵌入式应用或者移动应用而设计的,所以 IPv6 中并没有考虑功耗问题。而为了能在无线传感网络中使用,就必须降低功耗。一个最直接的降低功耗的方法,就是像多数低功耗的无线协议那样,支持休眠模式,并采用非常低的占比比(duty-cycle,或称为忙闲度),在不需要采集和传输数据的时候转入休眠模式。

在 WSN 上实现全 IP 方式接入需要解决如下的问题:WSN 节点支持 IPv6 的程度,TCP/UDP/IP 头压缩,IPv6 地址自动配置,如何承载以数据为中心的业务,TCP/IP 协议栈剪裁,考虑节能的无线 TCP 机制等。

一些研究对全 IP 方式持赞同态度<sup>[5-6]</sup>。也有一些研究对全 IP 方式持反对态度<sup>[7]</sup>。当前,对全 IP 方式的争论仍在继续,需要以谨慎、细致的态度对其展开深入分析,以便得出更为科学合理的结论。

## 4 对全 IP 互联方式的分析

由于无线传感器网络是面向应用的网络,因此本节将结合单兵作战系统的应用背景,分析和探讨全 IP 方式互联方式在其中应用的可行性。

单兵综合作战系统<sup>[8]</sup>是以单兵为基本单元,人机环境统筹考虑,应用多种先进技术的高技术士兵装备系统,使士兵、武器、装备间形成了一个有机的整体,从而全面增强单兵的火力、机动、通信、观瞄和防护能力,使每一个士兵都成为有效的火力攻击单位,既能独立作战,又能协调行动,全面提高单兵作战效能,使士兵有条件在未来信息化战场上赢得优势。

在单兵作战系统中,无线传感器网络有如下的特点:移动性,通信安全性,网络自组织性等。这些特点都是 IPv6 的基本功能:移动 IP,安全认证加密机制,无状态地址自动配置及邻居发现协议等。因此,在单兵作战系统中实现 IPv6 具有一定的理论依据。

然而,IP 以地址为中心的工作机制与 WSN 以数据为中心的应用特点的不吻合,是当前一些研究<sup>[7,9]</sup>不赞成采用全 IP 方式的主要原因。具体体现在:在 WSN 的一些以数据为中心的应用中,由于用户一般不会单独寻址某一特定的 WSN 节点,因此,每个 WSN 节点是否具备全局 IP 地址标识不是必须的;由于 WSN 的数据载荷一般都比较小(约几个字节),采用标准 IPv6 封装格式势必带来很大的分组头开销,另外,标准的 IPv6 地址自动分配过程也带来许多控制消息开销,继而造成大量的网络通信能耗。于是这些研究更倾向于采用基于属性而非基于地址的路由寻址方式。

但是对于对单一节点非常关注的单兵作战系统,一个或一组传感器节点通常都对应着一个特定的士兵,而且这些士兵又处于不断的运动之中,此时,若要求单独地对每个士兵的生理参数或周围环境进行访问,即关注作战的个体士兵,以了解他们各自的信息,就要求每个士兵配置的 WSN 节点应具有一个全局 IP 地址,一则可以用来对每个士兵进行标识,二则可以根据该地址在 WSN 内部进行单播寻址,进而提高网络的能量效率。另外,对于某些具有特殊执行能力的节点(如班长)而言,由于指挥者通常需要对他们单独进行访问与控制,因此这些节点具有全局 IP 地址也是必要的。

对于空降兵来说,由于跳伞后,每个士兵的位置不确定,而且可能比较分散,如果按照事先分好的班级作战,则班员的集合需要一定时间,不如采用 IPv6 的无状态地址自动配置技术,即时划分班级,即时组成网络。因此在跳伞前需要为每个班长配备主协调器<sup>[1]</sup>。主协调器的主要功能是为建立和启动网络这一过程设置参数,其中包括选择一个射频信道、唯一的网络标识符以及一系列操作参数,并完成地址的自动配置、自组织成网及数据的融合处理等功能。从控制的角度看,对代码加载升级、地址更新、对特定节点实施控制等,寻址到特定 WSN 节点往往是必要的;从管理的角度来看,节点的配置管理、组网管理、状态管理以及鉴权认证、加密等问题,在没有节点地址支持的情况下,其实现也将会非常困难,或者效率将非常低下。但是若采用全 IP 方式将 WSN 节点和网络互联起来,这些问题将迎刃而解。

因此,在单兵作战系统中采用全 IP 方式实现互联是可行的,其结果将非常有助于对单个士兵的访问和控制,从而可及时掌握士兵的身体状况信息、了解战场的态势等,为取得未来信息化战争的胜利赢得优势。

## 5 结束语

如何实现 WSN 与 IPv6 网络的互联是当前的热点研究问题。本文从介绍分析 WSN 与网络互联的 2 种方式出发,重点对采用直接方式接入 IPv6 网络的全 IP 方式在单兵作战系统中的应用前景进行了分析探讨,得出结论:全 IPv6 方式是实现 WSN 与 IPv6 网络无缝互联最简单、最方便的方式,并且可以更充分地利用 IPv6 的一些新特性为 WSN 服务,在未

来信息化战争中,将会发挥深远的军事意义。

## 参考文献

- [1] 孙利民,李建中,陈渝,等. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [2] Davies J. 理解 IPv6[M]. 张晓彤,晏国晟,曾庆峰,译. 北京:清华大学出版社,2004.
- [3] 侯惠峰,刘湘雯,于宏毅,等. 无线传感器网络与 IPv6 网络的互联方式研究[J]. 电信科学,2006,22(6): 56-62.
- [4] 吴永祥,李黔蜀. IPv6 在无线传感网络应用中的关键技术[J]. 微计算机信息,2007,23(4): 115-116.
- [5] Dunkels A, Voigt T, Alonso J, et al. Connecting Wireless Sensor Nets with TCP/IP Networks[C]//Proc. of WWIC'04. Frankfurt, Germany: [s. n.], 2004.
- [6] Kushalnagar N, Montenegro G. 6LoWPAN: Overview, Assumptions, Problem Statement and Goals[EB/OL]. (2005-10-24). <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-6lowpan-problem-01>.
- [7] Marco Z Z, Krishnamachari B. Integrating Future Large-scale Wireless Sensor Networks with the Internet[EB/OL]. [2008-06-10]. [http://ccng.usc.edu/bkrishna/research/papers/ZunigaKrishnamachari\\_sensorIP.pdf](http://ccng.usc.edu/bkrishna/research/papers/ZunigaKrishnamachari_sensorIP.pdf).
- [8] 金纯,齐岩松. ZigBee 在单兵作战系统中的应用[J]. 现代电子技术,2006,29(1): 29-31.
- [9] Chen Dazhi, Deng Jing, Varshney P K. Efficient Data Delivery over Address-free Wireless Sensor Networks[C]//Proc. of CISS'05. Baltimore, MD, USA: [s. n.], 2005.

编辑 任吉慧

(上接第 92 页)

### 4.3.3 持久层

持久层主要用于对可重用反射式体系结构制品的文件及可重用资源库进行访问。它主要包括:MetaADL 解析器,ADL 解析器,数据库持久化和可重用资源库。其中,MetaADL 解析器用于在 MetaADL 文档中解析出元级元素,并且在元级元素模型发生变化时更新 MetaADL 文档;ADL 解析器则用于在 ADL 文件中解析出基级元素,在基级元素模型发生变化时更新 ADL 文档;数据库持久化部分用于对可重用资源库进行具体的访问操作,包括资源的注册和检索操作。

### 4.3.4 各层之间的协作过程

各个层之间通过协同工作可以完成体系结构制品的制作、修改及重用等各种操作,这些操作从微观上都通过对元级和基级元素的读取、修改、保存、检索等操作完成。

## 5 结束语

本文将元信息、元建模、反射和软件体系结构结合起来,给出了基于反射机制的软件体系结构重用方法 ArchBean,定义并构造了一种在设计阶段支持软件体系结构重用的反射机制 RMRSA,给出了基于反射机制的软件体系结构重用的支撑工具 ArchBean Studio 的设计和 implementation 过程。

本文研究工作与已有研究的不同之处是:(1)体系结构的反射技术,用于软件设计阶段。(2)按照组件重用的思想,提

供了一种重用软件体系结构及其组成元素的方法。(3)给出了基于反射机制的软件体系结构重用的支撑工具 ArchBean Studio 的设计和 implementation 过程。

今后的工作将对元级体系结构模型和基级体系结构模型进行丰富和完善,定义 Meta-ADL 语言,完善工具 ArchBean Studio 以及实现反射机制的因果关联 PMB 协议的定义,用形式化方法描述 PMB 协议,验证元级体系结构与基级体系结构之间因果关联的一致性和正确性。

## 参考文献

- [1] Bass L, Clements P, Kazman R. Software Architecture in Practice[M]. 2 ed. [S. l.]: Addison Wesley, 2003.
- [2] 黄罡,王千祥,梅宏,等. 基于软件体系结构的反射式中间件研究[J]. 软件学报,2003,14(11): 1819-1826.
- [3] Cuesta C, delaFuente P, Barrio-Solorzano M. Dynamic Coordination Architecture Through the Use of Reflection[C]//Proceedings of the 2001 ACM symposium on Applied Computing. Las Vegas, Nevada, USA: [s. n.], 2001: 134-140.
- [4] Cazzola W, Savigni A, Sosio A, et al. Explicit Architecture and Architectural Reflection[C]//Proceedings of the 2nd International Workshop on Engineering Distributed Objects. Davis, California, USA: Springer Verlag, 2000.

编辑 张正兴