

# 无线传感网中 SMACS 协议的节能改进算法<sup>①</sup>

许金清, 蒋念平

(上海理工大学 计算机应用技术, 上海 200090)

**摘要:** 无线传感器网络通常由大量微型传感器节点组成, 可以在各种环境下收集数据, 它通过携带能量有限的电池来供应能量, 通常部署在区域环境复杂, 甚至工作人员不能到达的场合, 所以, 传感器网络节点往往能量有限, 而且不能更换, 如何高效使用能量是传感器网络面临的首要挑战。MAC 协议处于传感器网络协议的底层, 对传感器网络的性能有很大影响。文中讨论了无线传感器网络中的一种自组织无线传感器网络协议—SMACS 协议的基本思想, 研究了造成节点能量浪费的主要原因, 并提供了一种新的更节能的 SMACS 协议超帧的改进算法。

**关键词:** 无线网络; 节点; SMACS 协议; 节能的

## SMACS Protocol for Wireless Sensor Networks Energy-Saving Algorithm

XU Jin-Qing, JIANG Nian-Ping

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** Wireless sensor network usually consists of a large number of tiny sensor nodes, it can collect data in a variety of environment, it is limited by the battery to carry the energy to supply energy, usually deployed in a complex regional environment, and even the staff can not reach an occasion. Therefore, sensor networks nodes have limited capacity, and can not be replaced, how the efficient use of energy is the primary challenge faced by sensor networks. MAC protocol is the bottom of sensor network protocol for sensor network have a great impact on performance. The paper discusses wireless sensor network in a self-organizing wireless sensor network protocol--the basic idea of SMACS protocol, to study the main reasons for energy waste caused by the nodes, and provides a new, more energy efficient SMACS agreement improved algorithm for super-frame.

**Keywords:** wireless sensor; node; SMACS Protocol; energy-efficient;

## 1 引言

无线传感器网络<sup>[1]</sup>是由大量传感器节点构成的一种特殊 AdHoc 网络,主要用于数据的采集和传输,有着广泛的应用前景。由于传感器节点一般由电池供电,且节点的体积微小,而电池能够携带的能量非量有限<sup>[2]</sup>,因此,节省能耗是无线传感器网络中的一个研究热点。人们提出了许多有效的 MAC 层协议,其中以 SMACS 协议最具有代表性。它一方面继承了 IEEE802.11 MAC 协议中的基本机制,另一方面采用周期性睡眠工作方式,有效降低了能耗,因此成为传感器网络中广受关注的 MAC 协议之一。本文将详细分析以 SMACS 的基本思想及关键技术,在此基础上提出更为节能的 MAC

协议的研究和设计。

## 2 SMACS 协议

### 2.1 SMACS 协议<sup>[2]</sup>的基本思想

SMACS(Self-Organizing Medium Access Control for Sensor Networks)协议是一种分配型 MAC 协议,可以完成网络的建立和通信链路的组织分配。SMACS 是一种分布式协议,允许一个节点集发现邻居并进行信道的分配,不需要全局节点来进行分配。为了实现这种机制,SMACS 协议将邻居发现和信道分配进行了组合。传统的链路分簇算法首先要在整个网络执行发现邻居的步骤,然后分配信道是写给相邻节点之间的

<sup>①</sup> 收稿时间:2010-06-21;收到修改稿时间:2010-08-01

通信链路。SMACS 协议在发现相邻节点之间存在链路后立即分配信道,当所有节点都发现邻居后这些节点就组成一个互联的网络,网络中节点两两之间至少存在一个多跳路径。由于邻近节点分配的时隙有可能产生冲突,为了减少冲突的可能性,每个链路都分配一个随机选择的频点,相邻链路都有不同的工作频点。

### 2.1.1 周期性监听和睡眠<sup>[3]</sup>

周期性监听和睡眠是 SMACS 协议的最精华部分。在许多传感器网络应用中,大多都是小数据量应用,即周期内只有少量数据,而其它很长的时间内都没有数据。因此,SMACS 协议通过让节点进入周期性睡眠模式来减少监听时间。例如,如果每秒钟让节点休眠半秒,而另半秒进入空闲监听,那么该节点的 radio 工作的占空比数(duty cycle)就减少到 50%,即能够节省近 50%的能量。

周期性监听和睡眠的基本机制是侦察→睡眠→侦察→睡眠,每个节点在一段时间内睡眠,然后在醒过来后立即进入空闲监听状态来监听信道;在睡眠时,节点关闭它的射频,并使用一个定时器来定时唤醒。监听和睡眠的持续时间可以根据不同应用场景来选择。一般为了同步方便,所有节点可以设置相同的睡眠和唤醒时间。每个节点通过向邻居广播自己的调度信息来实现邻居节点间的调度信息的共享,同时每个节点都要为邻居维护一张调度表,里面记录了各个邻居节点的调度信息。

### 2.1.2 消息传递

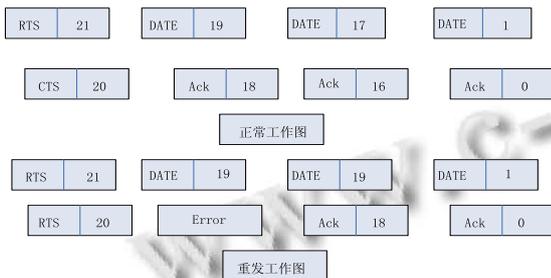


图 1 消息传递

SMACS 的方法<sup>[4]</sup>是把长信息分割为许多小的片断,然后传输它们。但是只在一开始使用一个 RTS 分组和一个 CTS 分组。每次传输一个数据片断分组,发送者等待接收者送来 ACK。每个数据片段和其 ACK 都附带有剩余时间域,其意义是告知邻居节点还需占用信道多长时间,即相当于预约了信道整个消息发送所需要的时间。因此如果没有能够接收到 ACK,节点可以

扩展传输时间,并迅速重传现有的片断,如图 1 所示。

## 2.2 SMACS 协议的关键技术

### 2.2.1 链路建立

SMACS 协议引入了超帧的概念,用一个固定参数 Tframe 表示。网络中所有节点的超帧都有相同的长度。节点在上电后先进行邻居发现,没发现一个邻居,这一对节点就形成一个双向信道,即一个通信链路。在两个节点的超帧中为该链路分配一对时隙用于双向通信。随着邻居的增加,超帧慢慢被填满。每对时隙都会选择一个随机的频点,减少邻近链路冲突的可能。这样全网很快就能在初始化后建立链路。

### 2.2.2 邻居发现和信道分配

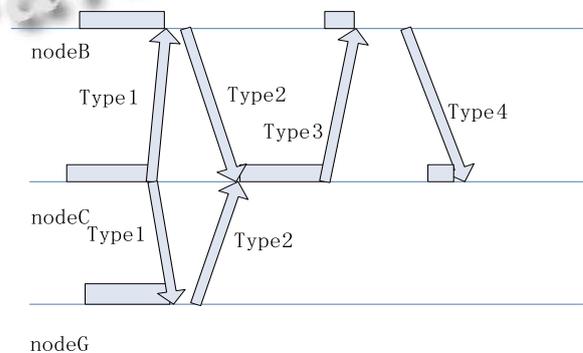


图 2 节点建立连接过程中的消息发送

为了比较清楚地阐述 SMACS 协议中的邻居发现机制,下面以举例的形式来说明。如图 2 所示<sup>[5]</sup>,假设节点 B,C,G 进行邻居发现。这些节点在随机的时间段内打开射频部分,在一个固定的频点监听一个随机长度的时间。如果在此监听事件内节点没有接受到其他节点发出的邀请消息,那么随后节点将发送一个邀请消息。图中节点 C 就是在监听结束后广播一个邀请消息 Type<sub>1</sub>。节点 B 和 G 接收到 C 发出的 Type<sub>1</sub> 消息后,等待一个随机的时间,然后各自广播一个应答消息 Type<sub>2</sub>。如果两个应答消息不冲突,C 将接收到 B 和 G 发来的邀请应答。C 在这里要进行一个选择,可以选择最早到达的应答者,也可以选择接收信号强度最大的应答者。在选择了应答者后 C 将立即发送一个 Type<sub>3</sub> 消息通知哪个节点被选择。此处选择最早到达的 B 做为应答者,节点 G 将关闭射频部分进行睡眠<sup>[6]</sup>,并在一个随机的时间后重新进行邻居发现。

### 2.3 SMACS 协议的缺点分析

如果节点 C 已经选择了邻居,将在 Type<sub>3</sub> 消息后

携带分配信息, 该信息包含节点 C 的下一个超帧的起始时间。在收到该分配消息后, 节点 B 将和本地的超帧时间进行比较, 得到一个时间偏移, 并找出两个共同的空闲时间段作为时隙对, 分配给 B 和 C 之间的链路。在确定了时隙对后, 节点 B 选择一个随机的频点, 将时隙对在超帧中的位置信息以及选择的频点通过 Type4 发送给节点 C。经过这些测试信息的成功交换后, B 和 C 之间就完成了时隙分配和频率选择。

### 3 更节能的SMACS协议的研究和设计

#### 3.1 设计思路

传感器节点<sup>[7]</sup>是一个具有信息收集和处理能力的微系统, 集成了传感器模块、无线通讯模块、处理器模块与能量供应模块, 具有感知、通信、计算以及睡眠四个状态。传感器节点消耗能量的模块主要是传感器模块、处理器模块和无线通信模块, 而绝大部分的能量消耗集中在无线通讯模块上, 约占整个传感器节点能量消耗的 80%。无线通讯模块<sup>[8]</sup>有传输、接收、空闲和睡眠四种状态, 其中传输状态的能量消耗最大。因此, 设计传感器网络的工作模式时, 应尽量减少传输和接收次数, 并使节点在没有通信需要时尽快进入最省电的睡眠状态。

在 SMACS 协议中, 如果在节点 C 已经选择了邻居节点 B, 并成功建立链路后, 通信过程中发现 B 节点所持有的能量有限, 一旦电池耗尽时, 传感器节点就会失效。传感器节点的失效将会导致监测区域出现盲区, 降低网络的覆盖范围、使用寿命及实用性。此时 C 节点只有放弃并寻找其他节点来建立链路, 从而造成传输过程中大量能量的损失。为了克服不足, 本文提出了一种基于 SMACS 的协议改进, 如图 2 所示, C 节点进行邻居发现时, 不论是 C 节点发出的广播消息 Type1, 还是 B、G 节点送回的应答消息 Type2, 消息中都应携带相关能量信息。Type1 信息中应该包括与 C 节点通信所需要的能量  $E_c$ , Type2 应包括发出此消息节点的能量, B 节点发送的应答消息中包括  $E_b$ , G 节点发送的应答消息中包括  $E_g$ , 对 B 节点而言, 当  $E_c > E_b$  时, C 节点将自动放弃与 B 节点的通信, B 节点将关闭射频部分进行睡眠, 并在一个随机的时间后重新进行邻居发现; 当  $E_c < E_g$  时, 表明 G 节点所具有的能量足以跟 C 节点建立链路连接。合理选择节点, 从而达到节省传输过程能量的目的。

### 3.2 实验及仿真结果

本文采用了由 UC Berkeley 开发的、面向对象的、离散事件、驱动的网络环境模拟器 NS-2 对改进的 SMACS 协议进行了仿真实验<sup>[9]</sup>, 分别对 SMACS 协议和基于数据流量自适应调整占空比的新 MAC 协议的网络性能进行比较, 这里的性能主要指数据收发比、平均占空比以及能耗。数据收发比<sup>[10]</sup>是指目的节点总的收到的数据包数与源节点总的发包数的比值, 能耗指的是每成功传送 1bit 的数据所消耗的能量。仿真中有关参数设置如下: 无线设备带宽 100kbps, 节点数为 100, 节点分布的密度为 0.05, 传输范围 250m, 干扰范围 550m, 包长度 100 字节, 传输功率 0.66 瓦, 接收功率 0.395 瓦, 空闲监听时耗电 0.35 瓦, 休眠时耗电忽略不计设为 0。

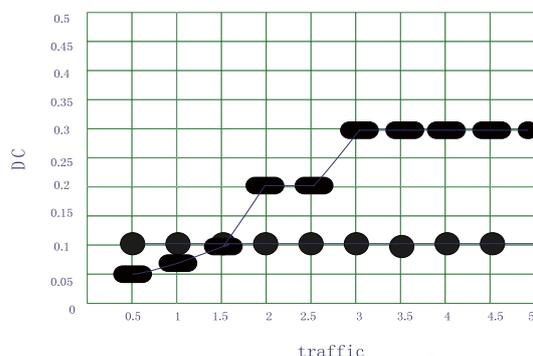


图3 原 SMACS 协议和新的 SMACS 协议占空比对比

图 3 中, 圆形代表原 SMACS 协议, 椭圆形代表的是改进后的协议, 对比的是在不同大小的业务量下, SMACS 和新 SMACS 协议的数据收发比。X 轴坐标就是业务量, 其 1 个单位为网络重传次数为 5 时的业务量大小。可以看出随着业务流量的增大, 新协议体现出对业务流量的自适应, 性能远远优于 SMACS 协议。

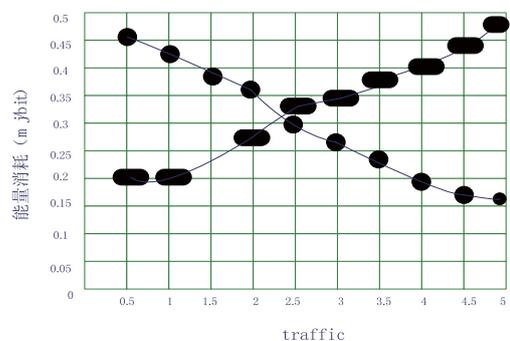


图4 成功收发 1bit 数据消耗能量的对比

从图4中,圆形代表原SMACS协议,椭圆形代表的是改进后的协议,改进的协议与改进前的SMACS协议在成功收发1bit数据消耗能量的对比中可以看出,由于减少了节点失效的能量消耗。SMACS协议中传输状态下的能量浪费远远大于改进后的传输能耗。

#### 4 结束语

我们知道,传输模块能量的消耗在传感器节点能量中占的比例最大,改进前的SMACS协议算法往往会造成传输状态的能量浪费,然而改进后的SMACS协议算法利用能量对比,剔除那些能量不足以完成本次通信的节点,解决了节点失效导致能量耗费,从而达到提高整个无线传感网络的能量效率的目的。

#### 参考文献

- 1 孙利民,李建中,陈渝,等.无线传感器网络.北京:清华大学出版社,2005.
- 2 张大踪,杨涛,魏东梅.无线传感器网络低功耗设计综述.传感器与微系统,2006,(5):141-144.
- 3 郑增威,吴朝晖,金水祥.无线传感器网络及其应用.计算机科学,2003,8-1:138-140.

- 4 Callaway EH. Wireless Sensor Networks Architectures and Protocols. Auerbach publications, 2004.
- 5 Steere DC, Baptista A, McNamee D, Pu C, Walpole J. Research Challenges in Environmental Observation and Forecasting systems. Proc. of the 6th ACM/IEEE MobiCOM. 2000. 292-299.
- 6 Johnson P, Andrews DC. Remote continuous physiological monitoring in the home. Journal of Telemedicine and Telecare, 1996,2(2):107-113.
- 7 Cali F, Conti M, Gregori E. IEEE 802. 11 protocol: Design and performance evaluation of an adaptive backoff mechanism. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000,18(9):1774-1786.
- 8 Ganeriwal S, Ganesan D, Shim H, Tsiatsis V, Srivastava MB. Estimating clock uncertainty for efficient duty-cycling in sensor networks. Proc. of the 3rd ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems. November 2005.
- 9 Werner-Allen G, Tewari G, Patel A, Welsh M, Nagpal R. Firefly-inspired sensor network synchronicity with realistic radio effects. Proc. of the 3rd ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems. November 2005.
- 10 Chan H, Luk M, Perrig A. Using Clustering Information for Sensor Network Localization. International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems. June 2005.

(上接第140页)

查询自身是否存储此终端对应的有效的密钥,如果有,直接与客户端进行认证鉴权,如果没有,平台需要组织好BIR消息,把BIR发送到Diameter模块中的发送消息队列,Diameter模块会对BIR消息进行相应的处理,最终从BSF得到有效的密钥及有效期,最后平台用此密钥与客户端进行认证鉴权。

#### 4 结束语

在数据业务中,客户端与应用服务器认证鉴权的方式多种多样。目前许多业务采取HTTP Digest进行认证鉴权,采用的共享密钥的方式一般都比较简单,造成安全级别及通用度的降低。本文基于GBA架构,引入BSF网元,为共享密钥提供了一种比较通用的实现方法。整个基于GBA的认证鉴权流程已经在3G院线项目中得到了实际的应用,客户端与院线平台使用此流程顺利完成了双方互相鉴权的安全流程。本文对应用服务器端的Diameter模块的实现进行了详细的阐述,Diameter模块是可以单独抽象出来,为各种业务

从BSF获取密钥提供公共服务。

#### 参考文献

- 1 王文强,崔媛媛.移动增值业务安全框架研究.电信网络技术,2010,(2):28-34.
- 2 3GPP. TS 33.220 GAA; Generic bootstrapping architecture (Release8). 3GPP,2008,(12):49-62.
- 3 徐鹏,廖建新,朱晓民,武家春.移动IP与SIP集成应用中优化的AAA过程.通信学报,2006,(1):7-13.
- 4 Camarillo G, Garcia-Martin MA.张同须,等译.3G IP媒体子系统IMS—融合移动网与因特网.北京:人民邮电出版社,2006.136-180.
- 5 贾玉忠,纪传浩.Diameter协议及其在IMS中的应用.电子与电脑,2006,(12):115-120.
- 6 3GPP. TS 29.109 GAA; Zh and Zn Interfaces based on the Diameter protocol; Stage 3 (Release 8). 3GPP, 2008,(12):11-26.
- 7 IETF AAA Working Group. Diameter Base Protocol. RFC3588. 2003,(9):22-80.