

# 利用探测器网状网络解决 RFID 通信中的阴影区域问题

苟浩淞<sup>1</sup> 苟镜淞<sup>2</sup>

(釜山国立大学计算机工学院 韩国釜山 609-735)<sup>1</sup> (重庆大学电气工程学院 重庆 401331)<sup>2</sup>

**摘要** 在当今社会的各个领域,无线探测器网络被认为是一种十分有效的环境探测和信息收集工具,因此如何使用和如何提高探测网络的性能成为了研究热点。在装载和使用 RFID 电子探测器(Tag)集装箱的物流港口和物流仓库里,对读取器(Reader)和电子探测器(Tag)的通信范围以外存在阴影区域的问题进行观察和研究后,提出通过网状网络的特性来解决这一问题。不仅对解决读取器(Reader)和电子探测器(Tag)之间不能通信的阴影区域有很大的帮助,同时与通常增加读取器(Reader)的方式相比较,这一方案还可以减少安装基础设施的费用。更重要的一点是,对于不适合安装读取器这样的网络基础设施的地方,只能安装电子探测器(Tag),利用这一方案快速地构建覆盖整个区域的无线网络。实验结果及其分析表明,该方案能够在解决 RFID 通信中产生的阴影区域问题上获得理想的效果。

**关键词** 阴影区域,读取器,探测器,智能探测器,探测器-探测器,读取器-探测器

## Tag Mesh Networking to Resolve Shadow Area in the RFID Communication

GOU Hao-song<sup>1</sup> GOU Jing-song<sup>2</sup>

(School of Computer Science and Engineering, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea)<sup>1</sup>

(School of Electric Engineering, Chongqing University, Chongqing 401331, China)<sup>2</sup>

**Abstract** Wireless Sensor Network (WSN) has been considered as a promising method for reliably monitoring both civil and military environments under hazardous and dangerous conditions. Research in WSNs performance improvement is very important burgeoning field in our daily life. This paper was formed after studying the problem ‘Shadow area in the RFID Communication’ in the port which the sensors are widely deployed in. The problem exists in the communication of Reader to Tag. It shows us the out of range communication area of Reader to Tag communication. Through the proposed solution, we can not only resolve shadow area in the RFID communication, but also can save the cost of the network infrastructure comparing with the common method which just adds the Reader. What’s more, our proposed solution can apace establish the network in some special area where is not suitable for placing Readers. The simulation results and analysis show that our solution could achieve a perfect performance of WSN in terms of the shadow area in the RFID communication.

**Keywords** Shadow area, Reader, Tag, Smart tag, Tag-to-Tag, Reader-to-Tag

条形码系统和磁卡系统已经与我们的生活极度密切。但是随着我们生活方式的变化、科学技术的进步,条形码和磁卡系统的诸多缺点和不便日益凸显。这些因素促进了无线射频识别技术(RFID)系统的诞生和发展。RFID 作为一个以无线方式来认识、追击和识别物体的无线识别技术正在被物流、车辆控制、仓库管理等诸多领域使用。

近年来,许多科研机构都在密切关注无线射频识别技术(RFID)产业。例如美国政府近几年拟利用 RFID 技术在美国各州的高速公路网建立这种车辆自动识别和信息登记系统,更加轻易地掌握和控制路况信息。另外,韩国港口物流也拟在近几年内建立起完全以 RFID 技术为基础的尖端、快速的港口物流信息采集和控制系统。

现在 RFID 系统备受瞩目。在港口物流系统中使用的有代表性的 RFID 技术,就是在各个港口存在的物品上装载

RFID Tag,然后 Reader 从各个 Tag 中收集情报的无线网络技术。通过这种方式来快速地掌握整个港口的物流情况。

在现有的无线探测器网络中,基本都是采用一个中心读取器节点和多个探测器节点相结合的网络拓扑结构。读取器是一个网络的中心,担负着管理、控制整个探测器网络和采集、处理来各个探测器的信息的工作,一般都是有较强运算处理能力的固定节点。而对于探测器,由于本身工作的性质需要,它一般都是只具备基本信息处理和通信能力,并且都自带独立供电能力的移动节点。同时,在这个网络中,所有无线探测器都只能和这个固定的读取器建立连接和通信。也就是说,读取器必须完全覆盖探测器所在的区域。如果读取器通信距离有限或者探测器部署较为分散的话,就需要增加设置足够的读取器来覆盖整个网络。

但是在实际的应用中,由于读取器设置位置和设置成本

到稿日期:2009-02-09 返修日期:2009-04-09

苟浩淞(1984-),男,硕士,研究员,主要研究方向为网状网络、自适应网络、Zigbee 技术、无线射频识别、无线移动网络, E-mail: gouhaosong@gmail.com; 苟镜淞(1988-),男,本科生。

的制约,不能像探测器那样随意地改变位置和增加部署,因此它就会产生通信阴影区域。

## 1 RFID 中读取器和探测器的通信问题

根据上面对探测器网络的描述,具体讨论在港口物流实际应用中存在的问题。在港口物流的应用中,构建基础网络的基本情况是:首先在港口固定点和大型仓库设置大量的读取器(Reader),然后在车辆、集装箱和物品上装载各类的探测器(Tag),通过读取器与探测器的通信和信息交换,这样,整个港口的物流状况就很容易掌握。

然而在现实中,由于港口的空间巨大,这就需要很多的探测器采集信息。随着网络覆盖范围的扩展,加之探测器有限的通信距离,那么读取器的数量也就意味着同样增加。同时港口环境复杂,货物、车辆流量大,这就导致了我们不能随心所欲地部署读取器节点,而且读取器的价格一般相对很昂贵,导致成本的上升。另外,即使尽可能地部署大量的读取器,但是由于集装箱的金属外壳在很大程度上会对读取器和探测器通信的电波造成干扰,很多时候以致于不能通信。尤其是在当货柜成堆垒砌的时候,通信电波遭遇多层金属屏蔽,读取器和探测器之间很难建立通信连接,由此就产生了通信阴影区域。

由于通信阴影区域的存在,不能准确地识别和追击所有物流状况的信息,造成了统计遗漏和货物的损坏乃至丢失的情况,从而产生不必要的经济损失。

## 2 解决方案

在上面提及的现存的 RFID 基础网络构建方式中,作为通信阴影区域解决方案,有 3 种解决方法:增设固定型无线读取器,设置移动型无线读取器和本文提出的通过探测器网状网络 Tag-to-Tag Mesh Network(T2T-MN)中 Tag 与 Tag 间的 multi-hop 通信来解决通信阴影问题。

### 2.1 增设固定型读取器

为了减少通信的阴影区域,最简单的方法就是增设固定型读取器。但是固定型读取器的增设也受到很多的限制。在港口物流系统的应用中,由于环境的复杂性,增设读取器并不是可以按想象实现的。也就是说,通过增加设置读取器来覆盖整个网络的想法很多时候是不现实的。即使增设足够的读取器来覆盖整个网络,由于金属集装箱对通信电波的干扰,通信阴影区域可能依然存在。

### 2.2 增设移动型读取器

为了减少与上面类似的固定型读取器通信不可能的状态,可以通过部署移动型读取器来解决固定型读取器所产生的问题。但是这样的移动型读取器也存在问题。首先是港口环境的复杂和货物的非固定堆放,很多时候探测器位于很难接触的区域。在这种情况下,移动型读取器同样不能覆盖全部探测器,同样存在通信阴影区域。其次是这样的移动型读取器还处于研发阶段,投入实际应用的话,存在很多不稳定的因素。然后是移动型读取器具有较高的造价成本和维护费用。最后就是由于移动型读取器是不断移动的,其作为核心要素的网络安全性得不到保证。

### 2.3 Tag-to-Tag mesh networking

在现存的基础 networking 方式中,为了减少通信阴影区域发生的问题,最后的一个方法就是现在所研究的 Tag-To-Tag 的通信方式。对于所谓的 Tag-To-Tag 的通信,就是在读

取器(Reader)不能够与探测器(Tag)直接通信的情况下,通过周围的其他 Tag 向读取器转发数据,实现 Tag-To-Tag 的 multi-hop 通信,进而减少和消除通信阴影区域。

这样便可以弥补固定型读取器通信阴影的发生问题和移动型读取器的高价格和安全性问题。

下面将详细阐述解决通信阴影问题的 Tag-to-Tag mesh networking(如图 1 所示)通信方式。

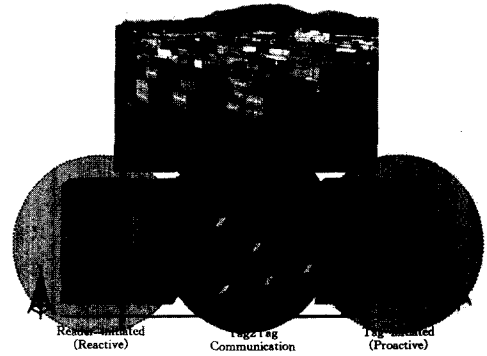


图 1 Tag-to-Tag mesh networking

## 3 Tag-to-Tag mesh networking

现阶段在港口物流的实际应用中,RFID 基本网络通信构建方式是以 433MHz 为基础的。我们知道,这个频率的有效识别通信距离大约是 60~100m。但是由于金属集装箱以及此外的许多装备对通信电波的干扰,实际的有效通信距离要短很多。以此金属质地的集装箱为代表的许多物品的干扰,产生的阴影区域使实际的平均通信距离变成不过 30~40m。这就使得以预计通信距离为 60~100m 而构建的无线网络中固定型读取器无法识别在阴影区域中的探测器,无法完全掌握整个网络的信息,造成物品损害和丢失等不必要的经济损失。

针对这个问题,本文提出在 Tag 与 Reader 能够通信的情况下,通过现存的固定型 Reader 构建探测器网络,而在 Tag 不能与 Reader 直接通信的情况下,利用周围的其他 Tag 用 multi-hop 的方式,构建使自身的数据包能传达给 Reader 的双通信模式网络,以此解决上面所存在的问题。

现在我们所开发的 T2T-MN 引擎可以作为减少 RFID 基础网络中出现的通信阴影区域问题的 software 引擎,具体的特性如下。

### 3.1 硬件特性

图 2 是在 T2T-MN 中使用的 Smart Tag 的构成图。Smart Tag 是在一般的 Tag 基础上添加了数据接收和转发功能的、价格低廉的 Tag。

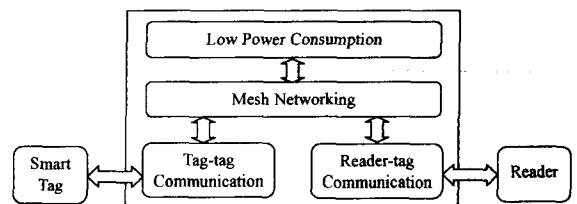


图 2 T2T-MN 中 Smart Tag 的构成图

如图 2 所示,Smart Tag 把 Tag-to-Tag 的通信部分、Reader 和 Tag 的通信部分分开了。

在我们现在所开发的 T2T-MN 里,为了实现 Reader 和

Tag 间的 433MHz 通信,选择了 CC1100。为了实现 2.4GHz 的 Tag-to-Tag 的通信,选择 CC2420。另外,作为 main processor 选择 AT91SAM7S256,作为 co-operator 选择 Atmega128L。图 3 是这个 project 所使用的实际的 Smart Tag。

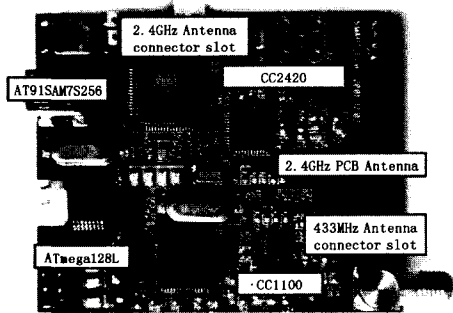


图 3 T2T-MN 中 Smart Tag 的实际图

### 3.2 双通信模式(dual mode)

在 Tag-to-Tag mesh networking 中,作为最重要的 Smart Tag 部分的通信,存在两种通信模式:一个是 Reader 和 Tag 间的通信,一个是 Tag-to-Tag 的通信。Reader 和 Tag 间的通信模式以 433MHz 的频率进行通信,按照 ISO/IEC18000-7 的标准执行;Tag-to-Tag 通信模式是以 204GHz 的频率进行通信,按照 Zigbee/IEEE802.15.4 的标准执行。

Smart Tag 基本是在 Reader-Tag 的通信模式中运作。在 Reader-Tag 的通信模式中,Smart Tag 如果能从 Reader 那里直接收到命令,那么也就直接在 Reader 和 Tag 之间传送数据。但是,如果 Smart Tag 在预先规定的一定的时间内不能够从 Reader 中接到信号和命令,就转换成 Tag-to-Tag 通信模式。在 Tag-to-Tag 的通信模式里,Tag 把 2.4GHz 作为通信基础,利用和通过其他的 Smart Tag 的 multi-hop(多跳)通信方式,给 Reader 传送数据。

Tag-to-Tag 的通信模式中,在 Tag 能再次从 Reader 那里直接收到新的信号和命令之前,用现在的通信模式继续传送数据。通过 Tag-to-Tag 的通信方式,往其他的 Smart Tag 传送数据就比较容易。如果遵守 IEEE 802.15.5 的标准,则通过核查自身的邻节点列表(nodes list)就能够找到下一跳的节点(Next-Hop node),最终到达 Reader,从而实现向 Reader 的数据传送。

Smart Tag 在以 433MHz 的频率进行 Reader-Tag 通信模式运作期间,可能收到从其他的 Smart Tag 送来的 2.4GHz 的信号。为此使用 CC2420 的中断信号。CC2420 如果收到某个数据信号,就利用 FIFOP pin 往 AT91SAM7S256 传送高电平的中断信号。AT91SAM7S256 如果从 CC2420 那里收到中断信号,芯片组(chipset)就把当前数据存到 CC2420 内存卡里。一旦 Smart Tag 那里收到中断数据就马上传送。

使用 2.4GHz 的 Tag-to-Tag 通信模式运作一段时间后,如果再从 Reader 中收到信号,就转换为使用 433MHz。因为这个网络的基本运作模式是 Reader-Tag 的通信模式,为此在 2.4GHz 的模式运作过程中需要持续监视频率为 433MHz 且从 Reader 得到的信号。这个工作只需要核查一下 433MHz CC1100 的状态就可以了。如果 433MHz CC1100 处于休眠状态,则说明从 Reader 传来的其他的中断信号不存在;如果不是休眠状态,则可以用 Reader 传送数据。

图 4 是 Smart Tag OS 的运作流程顺序图。首先设定 timer,在起初设定的 timer 结束之前从 Reader 那里得到信

号,利用 Reader-Tag 通信模式进行运作。如果没有收到信号,就转换成 Tag-to-Tag 通信模式,尝试与周围的 Tag 进行通信。在 Tag-to-Tag 的通信中,如果能再次收到 Reader 的信号或者命令,那么就又转换成 Reader-Tag 的通信模式。

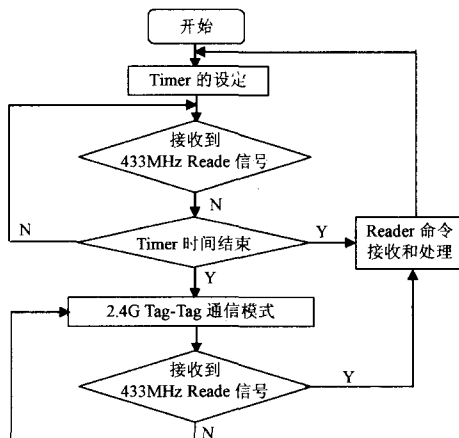


图 4 T2T-MN 中 Smart Tag OS 的运作流程图

### 3.3 Tag-To-Tag 通信的路由方法

在本文里,为了构建作为实现 Tag-to-Tag 通信 routing protocol 的基础,采用了 Gossiping routing protocol。

首先为了确认在 1-hop 里周围节点是否存在,周期性地转送 advertising packet,然后在从其他的节点中收到需要“转发数据包的请求”的情况下,从周围的节点中随机地选择一个节点,用 unicast 的方式传送 data。图 5 给出了 Gossiping routing protocol 的形式。

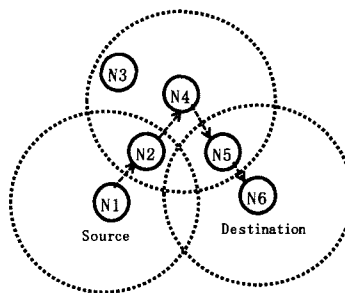


图 5 利用 Gossiping routing protocol 从 N-1 传送数据到 N-6

Gossiping routing 具有代表性的长处就是由于参与数据传送的节点的数量很少,能源的消磨或者额外的开销就相对较少。

但是,由于参与数据转发的节点是随机选择的,很多时候形成的路径不是最佳路径。另外,如图 6 所示,如果不是使用最佳路径的节点去传送数据包,则使数据包出现损失的概率增大。但是考虑到实现的简单性和能量的消耗控制等方面,在实际的应用中,从综合效果来看,还是比较稳定和可靠的。

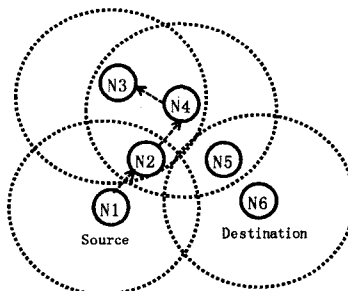


图 6 从 N-1 到 N-6 非最佳路径

### 3.4 T2T-MN 通信的优点

由于使用了 T2T-MN 通信方式,所获得的好处如下。

首先便是能够减少 RFID Reader-Tag 通信的阴影区域,所以在港口这些大规模使用探测器网络的地方可以起到弥补基本网络存在问题点的作用。利用 Tag-to-Tag multi-hop 通信,向 Reader 传送其覆盖范围以外存在的 Tag 数据信息,作为一种探测器网络结构的主要辅助通信方式。

接下来,扩大了港口集装箱或者野外作业场所的无线网络的服务范围,因为通过这种手段可以比较容易地扩大网络的覆盖范围和通信以及提高扩大后网络的通信可靠性。

并且,在以后需要低价的临时无线网络的环境里,RFID Tag-to-Tag 网络通信模式可以作为一种基础网络的机能,因为通过这些成本低廉且易于移动和部署的探测器(Tag),可以快速地构建和拆卸网络。在恶劣的科学考察环境和复杂的战争环境条件下,应用这种通信模式的意义同样重大。

## 4 实验结果

在港口的实际使用测试中,通过在 200m×200m 的环境中部署 16 个 Tag,同时大多数的 Tag 置于上述的认为容易成为通信阴影的区域中。

首先,只采用 Reader-Tag 的单通信模式。在这种模式下,经过多次的测试,只能与 7 个 Tag 建立通信连接和传送数据。

然后换用 Reader-Tag 和 Tag-to-Tag 的双通信模式。经过多次测试,能够与全部 16 个 Tag 建立直接和间接的通信连接和传送数据。

**结束语** 本文针对在现有的港口里正在构建的 RFID 的基本网络中发生的通信阴影区域问题,进行了一定的分析和论述。作为这个问题的解决方案,提出了 Reader-to-Tag 和

Tag-to-Tag 双通信模式的 T2T-MN 的网络结构。

T2T-MN 存在需要克服的几个问题。

首先,便是与国际标准的不一致性。433Hz 的 Reader-Tag 国际通信标准的 ISO/IEC 18000-7 是作为 Reader 成为 master 的 master-slave 形式的通信方式使用的。但是在 T2T-MN 中,Reader 对自身不能够认识的 Tag 的情报和单独要求的命令口令没有一定的标准。在这种情况下,需要添加上有关怎样向 Reader 传送数据的事项。

接下来,便是电池寿命的缩短。现存的 RFID 网络里,为了实现与 Reader 间一对一的通信的 Tag-to-Tag mesh networking 机能,电量的消磨量就会增大,寿命就会变短。如果实行这样的网络机能,需要开发一个可以最少限度地减少电量消磨的简单的 routing 和拓扑结构构成方法。

最后,就是在狭窄的区域里存在信号的干扰和冲突严重的问题。在狭窄的区域里,存在许多的 RFID Tag,因此与其他的无线网络相比,可以预想到信号干扰和冲突的问题会不断地加深。为了实现流畅的网络通信,必须解决这个问题。

## 参考文献

- [1] ISO18000-7 "Information technology-Radio frequency identification for item management-Part: Parameters for active air interface communications at 433MHz"[S]. ISO/IEC. Aug 2004
- [2] Sinem Coleri Ergen "ZigBee/IEEE802.15.4 Summary"[S]. Sep 2004
- [3] "IEEE Standard 802.15.4- Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)" [S]. IEEE, 2006

(上接第 56 页)

格计算在网络计算的各种不同的模式(其他的模式如:企业计算、对等计算和普及计算等)中脱颖而出,并逐步进入科学研究、制造业信息化、电子政务、企业协同、教育信息化甚至娱乐空间。这种协同性要求也可推动网格计算中可管理性和安全性的发展。

第三,网格网络需具有非常高的智能性。网格计算是一种复杂程度非常高的处理过程,它在虚拟的层面上构建一个统一的计算平台,形成具有超强计算能力的计算机群的集合体,而且在充分利用资源的前提下进行处理。因此,某一个用户若要在网格网络的某一个端点进入网格网络来解决一个具体的设定的计算问题,则首先应组建一个能高效解决这个计算问题的虚拟超强计算机,也就是选择网格系统中的结点子集,使它们都能高效地协同计算,即每个网格结点的计算能力与本身的资源供给相适配。它是一个资源配置的最优化问题,引进一个选择计算资源的函数  $F(m_1, \dots, m_l)$ , 其中  $m_i, i=1, 2, \dots, l$  是所需资源构成的变量要求,那么建构虚拟的超强计算机的问题就转化为如何在已有的网格系统中寻求与  $F(m_1, \dots, m_l)$  相匹配的函数。这个过程就需要网格系统具有很高的智能;其次,每一个所选的网格结点在进行具体计算时,整个计算进程中就有许多信息传输数据的处理和资源共享,其中的协调也需要网格系统具备很高的智能;其三,实现网格系统的高可用性的应用,打破了传统的强加在“资源”之上的种种限制,为用户提供一种前所未有的网格计算的“高级

服务”:它将资源从特定的地理位置的束缚中解放出来,使得资源可以通过网格网络传输到其任何角落。由于实现了网格计算的“高级服务”,对任何网格资源来说,在一定的规则约束和管理下都可以实现相互协作,不但打破了不同资源之间在广泛共享与协作方面的障碍,更打破了原来在资源能力和资源类型方面的限制。这些同样需要网格系统具备很强的智能性。

**结束语** 网格计算通过网络连接地理上分布的各类计算机、数据库、各类设备和存储设备等,形成对用户相对透明的虚拟的高性能计算环境,以构建“网络虚拟超级计算机”或“元计算机”来获得超强的计算能力。其应用包括了分布式计算、协同工程、重大的科学计算中的数据查询等功能。这是一种新颖的计算机科学的发展方向,通过对网格系统中网格互联以及网格系统的重要性能的分析,可从根本上认识网格计算技术的本质,并有望在网格互联和协议等方面获得新的成果。

## 参考文献

- [1] Douglas F, Foster I. The Grid Grows Up [J]. IEEE Internet Computing, 2003
- [2] 洪学海,许卓群,丁文魁. 网格计算技术及应用综述[J]. 计算机科学, 2003, 30(8): 1-5
- [3] El-Rewini H, Abd-El-Barr M. 先进计算机体系结构与并行处理 [M]. 陆鑫达,林新华,翁楚良,译. 北京:电子工业出版社, 2005: 127