

基于定向扩散的双向路由协议

王卫亚

(长安大学信息工程学院, 西安 710064)

摘要: 根据高速公路气象监测无线传感器网络线形部署、数据接收点多和气象监测信息双向传输的特点, 提出基于定向扩散路由协议的双向无线传感器网络路由协议, 实现了高速公路气象监测数据的多点传输。经仿真测试, 该路由协议实现简单、工作可靠稳定, 能满足高速公路气象监测数据双向传输的要求。

关键词: 无线传感器网络; 路由协议; 定向扩散

Bidirectional Routing Protocol Based on Directed Diffusion

WANG Wei-ya

(Academy of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064)

【Abstract】 Based on linear distribution, multi destination node and bidirectional information transfer of freeway weather monitor wireless sensor network, this paper proposes a bidirectional routing protocol based on directed diffusion. The simulation proves that this bidirectional routing protocol is easy to be implemented and stable in working, and it can satisfy the demand of bidirectional information transfer of freeway weather monitor wireless sensor network.

【Key words】 wireless sensor network; routing protocol; directed diffusion

1 问题描述

高速公路气象监测对保障高速公路行驶车辆安全有着非常重要的作用。传统的高速公路气象监测系统采用沿道路两边设置传感器, 并通过有线网络进行监测信息的数据传输。这种方式费用高, 施工难度大, 对于老线路改造非常困难。而无线传感器网络一般采用随机部署的方式进行部署, 各节点之间自组织形成网络^[1], 施工简单, 费用相对低廉, 所以采用无线传感器网络进行高速公路气象监测是高速公路气象监测系统构造的主要发展方向。

高速公路气象监测无线传感器网络主要由传感器节点、基站和可变情报板组成, 如图 1 所示。

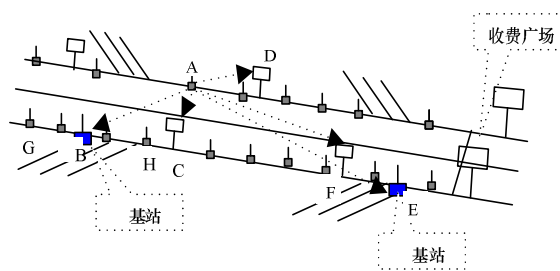


图 1 高速公路气象监测系统示意图

传感器节点主要由传感器、处理器和通信模块组成, 沿公路两侧分布, 用来监测高速公路的气象信息并将信息传送到对该信息感兴趣的信息处理节点, 如图 1 中的 A。

基站是气象信息的汇聚节点, 分别设立在高速公路的收费匝道和收费广场中, 如图 1 中的 B 和 E。

可变情报板设立在高速公路两侧, 如图 1 中的 C 和 F。为了让高速公路上的行使车辆和驾驶人员及时掌握沿路的气象条件和限速变化, 可变情报板必须具备接收沿线传感器的监测信息并做出相应交通控制和显示的能力。

与典型的传感器网络相比, 高速公路气象监测网络有如下特性:

(1) 高速公路气象监测网络的传感器节点分布是线性的, 位于高速公路两侧, 而一般传感器网络节点的分布则是分散的。

(2) 高速公路气象监测网络的数据传输目的节点有多个, 既有汇聚节点, 也有可变情报板节点, 而且汇聚节点和可变情报板节点都是多个, 这些节点分别在同一个传感器的 2 个不同方向上。

(3) 由于高速公路气象监测系统的监测对象是影响高速公路通行的恶劣天气, 而大多数天气情况良好, 不需要传感器网络进行数据传输, 因此大部分时间传感器网络处于休眠状态, 一旦监测到天气变化, 再立即进行数据传输。

2 定向扩散路由协议

无线传感器网络路由协议的目的是在传感器节点和 Sink 节点寻找一条数据传输的路径, 根据路由协议采用的通信模式、路由结构、路由建立时机、状态维护、节点标识和投递方式等, 可以将无线传感器网络路由协议划分为多种类型^[2]。

但是对于高速公路气象监测系统而言, 由于同一数据要发送到多个 Sink 节点(至少 2 个)和可变情报板节点, 因此大部分现有的路由协议不能满足这样的传输需求。能满足多目的数据传输要求的只有 Flooding 协议。Flooding 协议向所有的邻节点发送数据, 邻节点收到数据后同样向自身的所有邻节点发送数据, 数据包直到过期或到达目的地才停止传播。这种方式虽然可以把同一个数据发送到多个目的地, 但是,

基金项目: 陕西省自然科学基金资助项目(2005F19)

作者简介: 王卫亚(1964-), 男, 副教授、在职博士研究生, 主研方向: 计算机网络技术, 网络信息处理

收稿日期: 2008-06-17 **E-mail:** weiwang@chd.edu.cn

因为发送是盲目的,所以会导致网络中充斥了大量无用报文,严重消耗网络能源,影响整个网络的生存期^[3],因此,不适合用于高速公路气象监测网络。

定向扩散路由协议(Directed Diffusion, DD)是专门为无线传感器网络设计的一种路由协议,由加州大学洛杉矶分校计算机科学系的 Deborah Estrin 等人在 DARPA 的 1997-98 ISAT 项目完成后提出^[4]。在 DD 协议中, Sink 节点向整个网络发送传感任务,任务被称为“兴趣”。沿途节点对“兴趣”进行保存、合并和计算,创建“兴趣”梯度。其主要特点是在数据传送过程中,会计算出几条代价较低的数据通路,进行比较直接的、方向明确的数据传输。DD 协议可以分为查询扩散、目标感测和数据传播 3 个过程^[5],如图 2 所示。

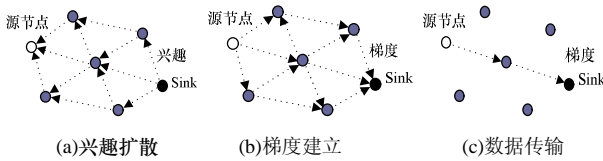


图 2 定向扩散路由协议工作原理示意图

在查询阶段, Sink 节点创建一个查询“兴趣”,并周期性地向邻节点广播,搜寻是否有适当的响应节点。网络的每个节点都有一个任务缓冲区 interest cache。当一个节点收到从邻节点传送过来的一个“兴趣”后,搜寻自己的 interest cache 是否存在与之对应的任务入口 interest entry。如果匹配,搜集环境信息,然后发送;否则,创建任务。

在目标感测阶段,传感节点收到 interest 之后,就启动自己的功能系统,收集环境信息,然后搜寻 interest cache,寻找匹配的 interest entry,找到后计算所有输出梯度中的最高数据发送率,然后以这个速率向 interest entry 中记录的梯度所指的目标邻节点发送观测到的事件。

在数据传输阶段,当节点收到邻节点某条数据后,在 cache 中寻找一条与该数据相匹配的 interest entry。若找不到,说明该节点已经不再需要这个数据了,就将该条数据扔掉;若找到,则再查看与该 interest entry 相关联的数据 cache,将接收的数据添加到相应的数据 cache 中,并将其转发给匹配 interest entry 的梯度中记录的目标邻节点。

DD 协议采用多路径传输,健壮性好,并采用了数据聚合,可以减少数据通信量。也可以根据实际情况采取增强或减弱方式有效利用能量,同时使用查询驱动机制按需建立路由,也避免了保存全网信息。但是由于 Gradient 的建立开销很大,因此不适合多 Sink 节点网络,而且数据聚合过程要采用时间同步技术,会带来较大开销和时延。

3 基于定向扩散的双向路由选择协议及实现

由于定向扩散路由协议不适合多 Sink 节点网络,因此 DD 协议不能直接用于高速公路气象监测系统,必须对其进行改进。

观察图 1 可以看出,对于 Sink 节点 B 来说,要接收的数据既有来自传感器节点 G 的,也有来自传感器节点 H 的。这 2 个节点对于 Sink 节点 B 来说是来自 2 个不同的方向;同样,对于传感器节点 H 来说,其监测数据既要传送到 Sink 节点 B,又要传送到 Sink 节点 E,也就是说传感器节点数据要传送到 2 个不同的方向。这样对于传感器节点来说需要建立通向 2 个 Sink 节点的路由,而 Sink 节点需要向 2 个相反方向广播“兴趣”。改进的定向扩散路由协议包括 2 个过程:路由建立和数据传输。

3.1 路由建立

路由建立阶段采用定向扩散协议进行,其中定向扩散协议的查询“兴趣”用路由建立申请来代替。每个基站独立向网络广播“兴趣”,要求中间传感器节点建立通向本基站的路由,中间节点收到请求后,不需要创建“兴趣”梯度,但是创建通向该基站的路由记录,记录通向该目的基站的邻节点编号,每个传感器节点会收到 2 个不同基站的路由广播,所以就有 2 个不同的路由记录,其实现如下。

路由的建立由基站,也就是 Sink 节点发起, Sink 节点向网络广播建立路由申请,申请建立路由的数据包格式如图 3 所示。

包类型	源站 ID	发送站 ID	信息位	跳数	校验位
-----	-------	--------	-----	----	-----

图 3 路由建立包格式示意图

其中,包类型为 0 说明该分组是路由建立分组,为 1 是数据查询分组或者数据分组;源 ID 用来指明发送分组的基站编号;信息位对于路由分组为空。

基站将路由申请广播到传感器网络,由于无线网络的特性,基站周围的传感器节点都将收到该分组,这些节点根据收到的路由分组修改或建立自己的路由表,路由表的格式如图 4 所示。

目的基站	邻节点编号	时间戳
------	-------	-----

图 4 传感器节点路由表格式示意图

建立路由表的代码大致如下:

A: 基站分组格式定义

Struct sourcepackage

```
{
    int packageType[1]; //包类型
    int sourceID[4]; //源站编号
    int sendsensorID [4]; //发送节点编号
    char packageInfo[512]; //信息位
    int metric[4]; //跳数
    int chkInfo[1]; //校验位
}
```

source_package;

B: 传感器节点路由创建或修改

strcut

```
{
    int destSink[4]; //目的基站编号
    int neighborID[4]; //邻节点编号
    char createTime[14]; //时间戳
} route_table[2]; //路由表格式
Recv source_package; //接收邻节点发送的数据
read routetable; //读取路由文件
if(source_package.packageType==0) //判断是否为路由申请
if(route_table[0].destSink==NULL) //第 1 条路由记录是否为空
{
    route_table[0].destSink=source_package.sourceID;
    route_table[0].neighborID=source_package.sendsensorID;
    route_table[0].createTime=SYSTEM; //用系统时间确定时间戳
    write routetable; //将结果写入路由文件
}
else if(route_table[1].destSink==NULL and
        route_table[0].destSink!=source_package.sourceID)
//第 2 条路由记录是否为空以及源地址是否与第 1 条重复
{
    route_table[1].destSink=source_package.sourceID;
```

```

route_table[1].neighborID=source_package.sendsensorID;
route_table[1].createTime=SYSTEM_TIME;
write routetable;
}

```

3.2 数据发送

发送数据的分组格式和 Sink 节点的数据格式基本相同, 只是 sendsensorID 改为 neighborsensorID, 并增加了条数项。数据发送有 2 种情况: 自身的监测数据和数据转发。对于自身的监测数据, 在构造数据包时, 要将数据包中的源站 ID 和发送站 ID 都设为自身的节点编号。

```

Recv data_package; //接收邻节点发送的数据
if(data_package.packageType==1) //判断是否为数据发送
if(data_package.neighborsensorID==SELF_ID or data_package.
neighborsensorID== data_package.sourceID)
//判断自己是否为转发节点
{
read routetable; //读取路由文件
if(data_package.sourceID==route_table[0].neighborID)
//路由选择
{
data_package.neighborsensorID=route_table[1].neighborID;
//指明接收节点
data_package.sourceID=SELF_ID;
//用自身编号替换分组中的源站编号
data_package.metric++;
send(source_package); //发送数据
}
else if(data_package.sourceID==route_table[1].neighborID)
{
data_package.neighborsensorID=route_table[0].neighborID;
//指明接收节点
data_package.sourceID=SELF_ID;
//用自身编号替换分组中的源站编号
data_package.metric++;
send(source_package); //发送数据
}
else //发送节点不在路由表中
{
data_package.neighborsensorID=SELF_ID;
data_package.sourceID=SELF_ID;
//用自身编号替换分组中的发送站编号
send(source_package); //发送数据
}
}

```

4 仿真测试

为了检验该双向路由协议的可靠性和实际应用效果, 在实际投入使用之前, 对其进行了仿真分析。分别选取 15 km,

50 km, 100 km 和 150 km 路段进行仿真, 无限传感器间距为 40 m 和 80 m 2 种, 主要分析路由收敛时间、路由的可靠性和数据的传输时延^[5]。仿真结果如表 1 所示。

表 1 高速公路气象监测无线传感器网络双向路由仿真结果

路段/km	传感器间距 40 m			传感器间距 80 m		
	路由收敛 时间/s	传输最大 时延/s	数据丢失 率/(%)	路由收敛 时间/s	传输最大 时延/s	数据丢失 率/(%)
15	0.48	1.85	15	0.38	1.23	0
50	0.46	1.82	30	0.38	1.22	0
100	0.45	1.84	35	0.39	1.22	0
150	0.45	1.82	20	0.37	1.24	0

通过上述结果可以看出, 网络路由的收敛时间和传感器在高速公路部署的距离无关。这是因为虽然整体网络规模扩大了, 但路由仍然只在 2 个收费站之间的网络建立, 所以路由收敛时间仅仅和 2 个收费站之间的网络规模有关。而一般来说, 高速公路 2 个出入口之间的距离大约在 10 km 左右。

当传感器之间的间距为 40 m 时, 出现了严重的数据丢失。经过分析, 发现由于传感器密度过大, 造成一个传感器可能收到多个邻节点的路由申请转发, 而这个传感器只选择其中一个作为路由, 从而形成了部分传感器节点是单向路由的现象, 经过在程序中增加斜体字部分, 该现象消除。

另外就是当传感器密度比较大时, 由于要经过的传感器节点比较多, 使得网络的延时比较大。

根据收到的数据包中的跳数信息, 可以大致确定发送信息传感器节点的地理位置, 从而确定气象异常的起始位置, 便于确定采取交通控制的路段。

5 结束语

根据上述仿真效果可以得出, 针对高速公路气象监测无线传感器网络的特殊要求, 设计基于定向扩散路由协议的双向通信路由协议是可行的, 可以实现高速公路监测网络的双向数据传输要求, 协议的原理和实现相对都比较简单。经仿真证明, 路由收敛时间基本确定, 传输延时相对固定, 数据传输可靠。

参考文献

- [1] 彭 静, 刘光祜, 谢世欢. 无线传感器网络路由协议研究现状与趋势[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(2): 4-9.
- [2] 唐 勇, 周明天, 张 欣. 无线传感器网络路由协议研究进展[J]. 软件学报, 2006, 17(3): 410-421.
- [3] 唐杜平, 骆俊英. 无线传感器网络洪泛路由算法的研究[J]. 微计算机信息, 2007, 2(1): 175-176.
- [4] 姚 兰, 桂 勋, 王保强. 无线传感器网络路由协议的研究和仿真[J]. 计算机应用与软件, 2006, 23(9): 128-130.
- [5] 屠燕春, 郭爱煌. 无线传感器网络的路由算法与仿真实现[J]. 计算机工程, 2006, 32(10): 124-126.

(上接第 122 页)

- [4] 何 凯, 杨学刚, 杨鲁鲁. 给定平均连接度的无标度网络演化模型[J]. 计算机工程, 2006, 32(17): 181-183.
- [5] Jesus G G, Yamir M. From Scale-free to Erdos-Renyi Networks[J]. Physical Review E, 2006, 73(4): 124-126.
- [6] Dorogovtsev S N, Mendes J F F. Scaling Properties of Scale-free Evolving Networks: Continuous Approach[J]. Physical Review E, 2001, 63(5): 125-128.
- [7] Li Xiang, Chen Guanrong. A Local-world Evolving Network Model[J]. Physica A, 2003, 328(1/2): 274-286.
- [8] Jost J, Joy M P. Evolving Networks with Distance Preferences[J]. Physical Review E, 2002, 66(6): 126-130.
- [9] Yukio H. A Review of Recent Studies of Geographical Scale-free Networks[J]. Special Issue on Network Ecology, 2006, 47(3): 776-785.