

## 无线传感器网络多查询的节能优化\*

申少辉, 王晓明

(暨南大学 计算机系, 广东 广州 510632)

**摘要:** 提出了一个无线传感器网络多查询的节能优化方案。该方案通过建立相似查询判断算法把多查询中的相似查询分为一组, 并在每一组找一个能使传输能耗达到最小的中继节点作为处理节点。组内节点的数据都传送到该处理节点, 并由该节点利用数据处理函数处理数据, 然后再传到基站。这样就减少了网络中数据的传输量, 从而有效地节省了网络的能量, 达到能量的最大化利用。

**关键词:** 无线传感器网络; 多查询; 相似查询; 处理节点; 能量

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)06-0056-03

## The energy-efficient of multi-query in wireless sensor network

Shen Shaohui, Wang Xiaoming

(Department of Computer, Ji'nan University, Guangzhou 510632, China)

**Abstract:** This paper judges the similar query in multi-queries by establishing the similar query algorithm, and divides the similar query into a group. In each group, a node that can make the minimum transmission consumption is selected as a relay node. The source data of all nodes within a group are translated to the relay node, and the relay node processes data using the data processing function and forward the result to the sink. As a result, the scheme can greatly reduce transmission energy consumption of multi-queries, effectively save energy, maximally use the energy of network.

**Key words:** wireless sensor networks; multi-queries; similar to the query; relay node; energy

无线传感器网络是由一组在地理上广泛分布、相互之间能够利用无线信道进行通信的传感器节点组成的。由于每个节点都可以作为接收节点也可以作为发送节点, 并可以与多个其他节点进行协作通信, 因此, 无线传感器网络广泛应用于商业、电信、环境、军事等领域。

从无线传感器中获得数据主要是靠查询, 通过查询才能得到想知道的数据。目前对查询的研究方案很多, 但是很少有考虑到多查询的相似性。这样传感器网络就会多收发很多数据, 造成能量消耗。由于能量是影响网络寿命的关键因素, 并且 CPU 的能耗要远远小于数据传输的能耗<sup>[1]</sup>。因此数据传输在无线传感器网络的能耗中占据主体地位。如何进行相似查询的处理, 如何减少数据传输的能耗都是急于解决的重要问题。

针对以上问题, 本文提出了一个无线传感器网络多查询的节能优化方案。在基站同时存在多个查询时, 提出的方案通过建立相似查询算法来判断相似的查询, 并

将相似的查询分为一组。然后在每一组中找一个能使传输能耗达到最小的中继节点作为处理节点。组内节点的数据都传送到该处理节点, 并在该节点利用已知的数据处理函数来处理数据。这样就减少了网络中数据的传输量。从而有效地节省了网络的能量, 达到能量的最大化利用。

## 1 相关研究

目前国内对这方面的研究很少, 参考文献[2]中针对多个查询频率的不同, 提出了一种节能的方法, 该方法虽然有效地减少了能量的消耗, 但是返回数据的准确性较差, 返回数据也不够及时, 同时也没有考虑查询的相似性。参考文献[3]和参考文献[4]都是以数据为中心的方法, 但都没有考虑到查询的相似性。参考文献[5]提出了一种低能耗的数据处理节点选取策略, 但是该策略只是在网络密度低时比较实用。参考文献[6, 7]则在多基站下来进行相似查询的分配。以上这些文献都没有考虑

\* 基金项目: 国家自然科学基金(60773083); 广东省自然科学基金(8151063201000022)

## 网络与通信 Network and Communication

在基站同时存在多个查询时的相似性。

### 2 无线传感器网络多查询的节能优化方案

在无线传感器网络中同时存在多个查询时<sup>[8-10]</sup>,为了减少数据的传输量,降低网络的能量消耗,提高数据传输效率,提出了一种通过在多查询中找相似查询和处理节点的高效节能方案。方案包括系统模型、相似查询的判断及分组和数据处理节点的选取几个部分。

#### 2.1 系统模型的建立

系统符合以下假设条件:

(1) 基站能量不受限制,并且知道网络中各节点的位置信息。网内节点也知道自己的坐标信息。

(2) 若节点  $i$  和  $j$  在相互通信范围内,则  $i$  和  $j$  可以直接传输数据,若二者不能直接通信,则其传输路径长度记为  $Dis(i, j)$ ,也就是  $i$  和  $j$  之间的跳数。

(3) 所有的查询都持续一段时间。

(4) 每个传感器节点都具有一定的处理能力,可以进行数据的处理。

(5) 把无线传感器网络看做规则的网状结构,并将这个网络抽象为图  $G=(V, E)$ ,其中  $V=v_1, v_2, \dots, v_n$  表示节点集合。节点  $v_i$  的位置为  $(x_i, y_i)$ ,  $E$  表示边集合,若  $v_i, v_j$  在通信范围内就构成了一条边。它们之间的距离表示为  $Dis(i, j)$ 。

如图 1 所示,基站 B 是坐标的原点  $(0, 0)$ , 横向右为  $X$  轴正向,向下为  $Y$  轴正向。图中基站有 3 个查询分布在网络中,分别是  $S_1, S_2$  和  $S_3$ , 根据算法判断出  $S_1$  与  $S_2$  相似,则把他们分为一组,再找到该组的数据处理节点  $P_1$ 。  $S_3$  表示没有相似的,自成一组,找到它的处理节点为  $P_2$ 。在进行数据传输时,因为数据处理函数根据实际情况而不同,所以这里只是假设函数已知并可以在所有的传感器节点上执行。

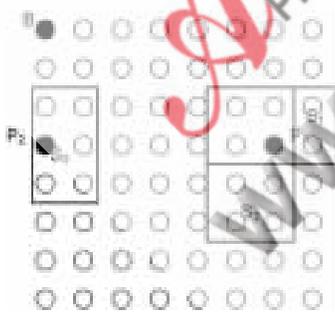


图 1 基站查询分布

#### 2.2 相似查询的判断及分组

##### (1) 查询相似的判断

每个查询都包括要查询的范围和要查询的信息(即属性)。判断两个查询相似是基于位置信息来判断相似的。

算法思想:对于包含  $m$  和  $n$  个节点的任意两个查询  $q_i$  和  $q_j$ ,扫描每个查询节点的坐标,然后进行比较,一旦这两个查询有相同的坐标,则这两个查询相似。

算法描述如下:

```
Similar( $q_i, q_j$ )
{
  Int  $i, j$ ; //  $i$  和  $j$  分别表示  $q_i$  和  $q_j$  中节点
  For( $i=1 \rightarrow m$ )
    For( $j=1 \rightarrow n$ )
      If( $i$  坐标= $j$  坐标)
        则  $q_i$  和  $q_j$  相似。
}
```

##### (2) 相似查询的分组

算法思想:先将  $k$  个查询  $(q_1, q_2, \dots, q_k)$  初始化为  $k$  个组,每个查询对应一个组,分别用  $b_1, b_2, \dots, b_k$  表示。然后比较这些组,将所有相似的查询都分为一组。

算法描述如下:

```
Group( $b_1, b_2, \dots, b_k$ )
{
   $n=k$ ;
  for( $i=1 \rightarrow k-1$ )
  {
    for( $j=i+1 \rightarrow k$ )
    {
      If(similar( $b_i, b_j$ )成立)
      {
        则  $b_i \leftarrow b_j$ ; 清空  $b_j$ ;
      }
      For( $m=j \rightarrow k$ )
         $b_m \leftarrow b_{m+1}$ ;
         $k--$ ;
    }
  }
  if( $k < n$ ) Group( $b_1, b_2, \dots, b_k$ );
}
```

通过以上算法将基站的查询分为  $k_1(k_1 \leq k)$  个组,且每个组内的查询都是基于地理位置相似的。

#### 2.3 数据处理节点的选取

将基站的查询分组后,下面分别在这  $k_1$  个组找到相应的数据处理节点。前面说过,节点离数据源越近,越能够节省传输的能量<sup>[11-12]</sup>。所以把组内的几何中心作为该组的数据处理节点。这样组内节点到达数据处理节点的平均距离就达到最小,消耗的能量也就达到最小。

具体选法如下:

假设组内共有  $m$  个节点,组内节点分布均匀。设数据处理节点坐标为  $P(x, y)$ ,则数据处理节点的坐标为:

$$x = \frac{\min(x_1, \dots, x_m) + \max(x_1, \dots, x_m)}{2}$$

$$y = \frac{\min(y_1, \dots, y_m) + \max(y_1, \dots, y_m)}{2}$$

其中  $\min(x_1, \dots, x_m)$ ,  $\max(x_1, \dots, x_m)$ ,  $\min(y_1, \dots, y_m)$  和  $\max(y_1, \dots, y_m)$ 。  $\min(x_1, \dots, x_m)$  和  $\max(x_1, \dots, x_m)$  的求解算

法如下:

```
for(i=1...m)
{
    int x_max, x_min;
    x_max=x1;
    x_min=x1;
    if(xi>x_max)
        x_max=xi;
    if(xi<x_min)
        x_min=xi;
}
```

同理可以求得  $\min(y_1, \dots, y_m)$  和  $\max(y_1, \dots, y_m)$ 。

数据处理节点的位置坐标为  $(x, y)$ , 即组内节点的数据都传送到该处理节点, 并在该节点利用已知的数据处理函数来处理数据, 然后再传送给基站。这样就减少了网络中数据的传输量。从而有效地节省了网络的能量, 达到能量的最大化利用。

### 3 效率与性能分析

对于图 1 所示的网络模型, 设网内节点数为  $n$ ,  $S_1$  与  $S_2$  相似, 则  $S_1$  与  $S_2$  分一组为  $P_1$ , 由图可以知道组内节点的坐标, 则可以算出组内数据处理节点的位置为  $P_1(6, 3)$ , 设节点产生数据的速率相等且一定为  $r$ , 单位数据大小为  $s$ 。用本文的方法传输数据在一定时间  $T$  内组内节点到数据处理节点传输数据消耗的能量为  $C=19rsT$ , 则在数据处理节点总的的数据量大小为  $14rsT$ , 在  $P_1$  节点经过数据处理后, 因为这两个查询有重合数据, 所以在  $P_1$  节点发送出的总数据大小为  $10rsT$ 。则从  $P_1$  点传输数据到基站所需的能量为  $90rsT$ , 即该方案总的能量大小为  $C_1=109rsT$ 。

如果不对相似查询进行处理, 即所有节点产生的数据直接发送给基站, 则这样的能量消耗为  $C_2=123rsT$ 。由此可见使用该方案可以很有效地减少传输数据所消耗的能量。

参考文献[5]提出一种找数据处理节点的方法, 主要针对单查询情况, 并没有考虑多查询, 也没有考虑查询的相似性。主要考虑了三部分的能量, 即数据源到数据处理节点的能量、数据处理节点到基站的能量和基站发送数据处理函数到数据处理节点的能量。然后以这三部分能量和的最小化来求出数据处理节点的坐标。因为能量消耗的多少与数据量有关, 这里虽然考虑了总的能量关系, 但是还不能达到能量最小, 因为它比几何中心的方法增加了从数据源到数据处理节点的距离, 且这部分的数据量比较大, 所以这种方法增加了能量的消耗。

采用以几何中心作为数据处理节点的方法, 可以大大减少从数据收集节点到数据处理节点的距离, 数据处理节点到基站的距离虽然有所增加, 但是这段距离传输的是处理后的数据, 相比处理前的数据量大为减少, 所

以总的能耗就会减少。

本文针对无线传感器网络中存在的多查询情况, 提出了一种节能的数据查询方法, 经分析表明, 该方法能够有效地减少数据的传输量, 从而降低网络的传输能耗。

### 参考文献

- [1] 蔚赵春, 周水庚, 关倩红. 无线传感器网络中数据存储与访问研究进展[J]. 电子学报, 2008, 36(10): 2001-2010.
- [2] 陈颖文, 徐明, 虞万荣. 无线传感器网络多频率查询的节能优化[J]. 电子学报, 2008, 36(4): 701-708.
- [3] 蔚赵春, 周水庚, 肖斌. 无线传感器网络中自适应数据存储[J]. 软件学报, 2008, 19(1): 103-115.
- [4] 郭龙江, 李建中, 李贵林. 无线传感器网络环境下时-空查询处理方法[J]. 软件学报, 2006, 17(4): 794-805.
- [5] 陈颖文, 徐明, 吴一. 无线传感器网络网内数据处理节点的优化选取[J]. 软件学报, 2007, 18(12): 3104-3114.
- [6] XIANG Shi Li, ZHOU Yong Luan, HOCK B L, et al. Query allocation in wireless sensor networks with multiple base station[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2009(5463): 107-122.
- [7] XIANG S, LIM H B, TAN K L, et al. Similarity-aware query allocation in sensor networks with multiple base stations. In: Proc. of DMSN. 2007.
- [8] LING Hui, ZNATH T. Similarity based optimization for multiple query processing in wireless sensor networks[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2009, 5516: 117-130.
- [9] TRIGONI N, YAO Yong, DEMERS A, et al. Multi-query optimization for sensor networks[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2005, 3560: 307-321.
- [10] AKYILDIZ I, SU W, SANKARASUBRAMANIAM Y, et al. A survey on sensor networks. IEEE Communications Magazine, 2002, 40(8): 102-114.
- [11] 付雄, 王汝传, 邓松. 无线传感器网络中一种能量有效的数据存储方法[J]. 计算机研究与发展, 2009, 46(12): 2111-2116.
- [12] 杨挺, 孙雨耕, 王燕琳, 等. 无线传感器网络中数据融合机制的能量有效性研究[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(10): 95-98.

(收稿日期: 2010-10-26)

### 作者简介:

申少辉, 男, 1984年生, 硕士, 主要研究方向: 计算机网络安全。

王晓明, 女, 1960年生, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 计算机网络安全、现代密码学、数据库安全。