

移动节点多数据项实时广播调度算法的研究

朱渊婧 严 军 张晓蓉 郑新元 范 浩

(上海大学通信与信息工程学院 上海 200072)

摘要: 随着物联网技术的广泛应用,如何高效、准确的向大量移动节点传递信息是数据广播研究的热点。由于广播数据具有时效性且GPRS网络的不稳定,移动节点常会出现获取的数据已失效。如何保证移动节点获取的数据有效,同时降低移动节点的能耗,缩短请求的访问时间是个很重要的研究课题。分析了适用于多数据项请求的QEM算法、改进型QEM算法等在该实时模型中的适用性,针对On-demand广播模式下的两个子问题,即请求选择问题和广播调度问题,提出了最小延迟时间优先请求和最大数据项访问频率优先调度的算法。理论分析仿真、实验测试显示,提出的广播调度算法相对于原有算法在实时模型下可以有效缩短请求的平均访问时间,改进系统的平均性能。

关键词: 物联网; 多数据项请求; on-demand广播模式; 地理信息

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.5025

Research on real-time broadcast scheduling algorithm of multiple data items for mobile nodes

Zhu Yuanjing Yan Jun Zhang Xiaorong Zheng Xinyuan Fan Hao

(Communication & Information Department of Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: With the increasing of Internet of Things technology, mechanisms to efficiently and accurately to a large number of mobile notes are of interest. Data failover occur due to the unstable of GPRS and the timeliness of broadcast data items. How to ensure the timeliness of broadcast data, lower power consumption and reduce the access time is a fatal problem. Some major broadcast scheduling algorithms of multiple data items including QEM, improvement QEM as well as in on-demand broadcast mode their adaptive are briefly introduced. For the two sub-problem in on-demand broadcast mode, the query selection problem and the broadcast scheduling problem, we also propose minimum delay time preference algorithm and maximum data access frequency preference algorithm for both them respectively. The results of theoretical analysis, simulation and spot tests show that the algorithm aroused in this article reduces the access time, improve the system performance.

Keywords: Internet of Things ; multiple data item requests; On-demand broadcast mode; geographic information

1 引言

随着信息技术的不断发展,通信网络已经从面向人与人,发展到人与物、物与物通信。传感网技术和云计算技术使信息的智能获取、可靠高效传输和海量数据实时处理成为可能,并在此基础上形成了物联网^[1]。一般而言,数据是信息的载体,因此如何快速有效获取数据成为了物联网必须解决的问题。节点获取数据的通信速率与节点数有关^[2]。物联网中的大量移动节点依靠电池供电,为降低移动节点传输开销,可以引入拥塞控制思想^[1]。移动节点数据处理能力较低且功耗有限,可采用广播方式实时满足多节点数据请求^[4]。

按照调度模式的不同,无线数据广播可分为周期广播和On-demand广播两类。由于GPRS网络不稳定,常会出现数据丢失。对于依靠电池供电的移动节点^[5-6],一直处于侦听状态,无疑将会大大增加节点开销,导致节点的过快死。如何设计一种on-demand模式下的广播调度算法,保障数据的可靠传输的同时使移动节点快速获取数据,缩短平均访问时间。

目前主流的多数据项广播调度算法包括QEM算法、改进型QEM算法等。QEM算法轻便适用于移动节点,且通过将同一个请求访问的数据尽可能地靠近缩短访问时间。改进型QEM算法能够更快地使移动节点获取数据。但是QEM算法与改进型QEM算法

均用以基于周期广播,即一旦确定调度策略,则系统循环广播每个周期^[11]。根据实际应用需求,设计了一种基于物联网节点的的多数据项实时广播调度算法,针对 On-demand 广播模式下请求选择问题和广播调度问题提出了新的算法,有效地缩短了请求的平均访问时间。

2 无线数据广播系统

无线数据广播系统如图 1 所示,系统基本的逻辑组件有信息服务器 (information server, IS) 和广播服务器 (broadcast server, BS)。其中,BS 负责广播数据,IS 负责存储数据、更新数据和为 BS 提供数据。移动用户 (Mobile Clients) 通过无线网络侦听广播信道获取所需数据^[5]。

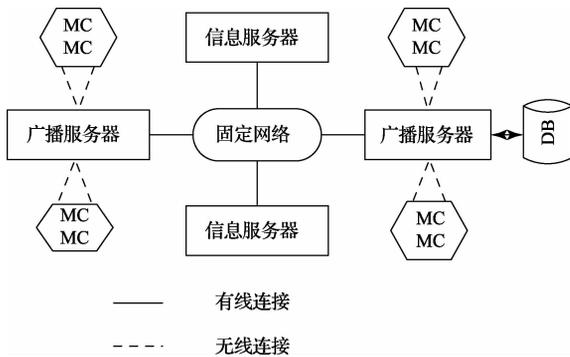


图 1 无线数据广播系统

On-demand 模式下的多数据项请求划分为请求选择问题和广播调度问题,同时,可将每个多数据项请求的访问时间划分为请求等待时间 T_{wait} 和请求完成时间 $T_{retrieve}$ 。 T_{wait} 表示从一个请求提出到该请求被满足的广播周期到达前所经历的时间, $T_{retrieve}$ 表示一个请求所在广播周期的开始到这个请求所需的数据项均被广播结束所经历的时间^[5-8]。由此可见,系统的平均等待时间主要取决于请求选择问题的结果,平均请求完成时间主要取决于广播调度问题的结果。

3 请求选择问题

本文针对 On-demand 广播模式下地理信息的实时特性,提出了一种最小延迟时间优先的请求选择方法。实现了地理信息触发广播调度时,优先判断广播信道是否空闲,依据该判断采用不同的广播算法,灵活解决了广播数据的时效性问题,减少了请求的平均等待时间。同时,为使系统的平均请求等待时间最短,应尽量满足以下几个条件:

1) 访问概率高的请求应具有较高的优先级;

2) 访问数据项集合较小的请求应尽早满足;

3) 不同请求间的数据重复问题。

3.1 广播信道空闲

服务器端轮询各移动节点的实时地理信息,当某节点的地理信息满足广播的触发条件,广播服务器优先检测广播信道的空闲状态。若此时广播信道处于空闲状态,则广播服务器按照优先到达优先推送的调度策略填充数据请求集合,数据请求集合中数据项的总长度应小于等于广播周期长度 L 。图 2 为广播服务器初始化流程。

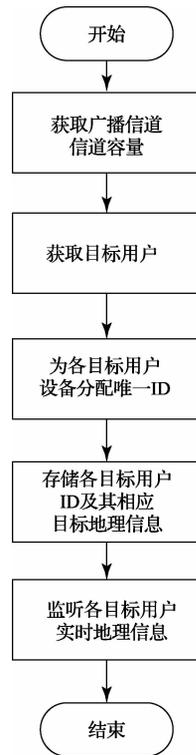


图 2 广播服务器初始化流程

在初始化阶段,广播服务器优先检测广播信道的可用性及其信道容量。各移动节点通过上行信道将目标地理信息显式发送给广播服务器,广播服务器为各移动节点编码确定唯一 ID。同时,存储各移动节点的唯一 ID 及其相应的目标地理信息。广播服务器周期轮询并智能校对各移动节点的实时地理信息。若某移动节点当前时刻的地理信息与其目标地理信息相近,则广播服务器获取该节点需求数据,存放至待广播数据集合中。

3.2 广播信道忙碌

广播信道处于忙碌状态时,若存在移动节点的实时地理信息触发推送机制,则广播服务器先将其需求数据项存放至待广播数据项集合中。图 3 为信道忙碌状态下广播服务器的请求选择流程。

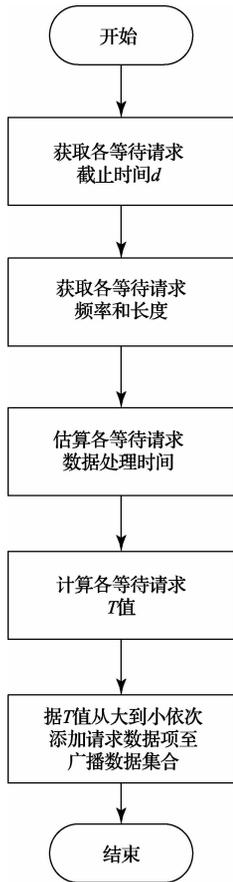


图3 广播服务器请求选择流程

该文提出了最小允许延迟时间优先的请求选择方法。在该方法中,广播服务器优先依据各移动节点需求数据项的长度估算获得其预期数据处理时间计为 E 。各移动节点通过上行信道显示发送各截止时间计为 d ,截止时间表明移动节点允许广播服务器处理及完成推送需求数据的最长持续时间。

该方法中,请求选择优先级的标准 $S = d - (t + E)$, S 表示移动节点允许延迟的时长, t 表示当前时刻。 S 越小,表明该移动节点在截止时间内获取请求数据允许延迟的时间越短,应当具有较高的优先权。

每次广播周期完成,广播服务器计算各等待节点的 S 值计为 S_i ,同时其访问频率计为 $freq(q_i)$ 和未被广播的数据项总长度计为 $|size(q_i)|$ 。广播服务器计算各等待节点 $T = freq(q_i) / (|size(q_i)| * S_i)$ 的值,并按照该值从大到小依次排列各等待用户的数据项集合。

需注意的是每次将一个请求的数据项加入数据广播集合时,其他请求的 $|size(q_i)|$ 值也会发生相应的变化。例如当前ID为1001的等待节点优先级最高请求为 q_1 , q_1 含有数据项 d_2, d_1 等待队列中ID为1003的节点同时需求数据项 d_2 ,当 q_1 优先广播后, ID为1003的用户 $|size(q_i)|$ 相应缩短。

每次请求选择的过程都是基于当前请求等待队列的情况。每次请求选择结束,广播服务器检测是否有某节点的

请求数据项未完全广播,则该节点剩余数据项具有优先权。同时,广播服务器需检测是否含有与上次广播请求重复率较高的节点需求,若有则该请求具有较高优先权。

4 广播调度问题

当已确定下个周期的广播内容后,还需对该广播周期中的数据项进行调度,即确定广播周期中每个数据项的广播顺序。广播调度的结果会直接影响请求的平均完成时间。

对于广播调度问题的解决方法主要参照了周期广播模式下的 QEM 算法。QEM 算法的目的在于将同一个请求访问的数据尽可能地靠近以缩短访问时间。

但 QEM 算法适用于周期广播,一旦调度策略确定,在没有新的请求加入时,系统循环广播每个周期,调度结果会出现广播周期的头部与尾部为一个请求的多项数据,同时不会影响访问时间。图4给出了一个简单的例子。

	请求数据项	访问频率
q_1	d_1, d_3, d_2	5
q_2	d_2, d_4	4

(a)请求集

d_2	d_1	d_3	d_4
-------	-------	-------	-------

(b)QEM调度

图4 一个 QEM 调度结果

提出了一种数据项访问频率最大优先的调度算法。从本次广播队列和下次待广播队列中获取重复数据项,按照请求概率从高至低依次排列。本算法不仅满足了多节点请求,同时沿用了 QEM 算法的思想。优先广播重复数据项减少了平均访问时间,同一用户请求数据项靠近的策略也缩短了访问时间。

5 仿真与测试

实验的评价指标为请求的平均访问时间。实验初始阶段服务器端请求队列为空,随着系统的运行,新的请求不断添加,请求等待队列不断增加至稳定,此时系统进入稳定阶段。请求的平均访问时间的严格计算方式为当系统处于稳定阶段时,连续50个广播周期中所有满足的请求的访问时间的平均值^[9-10]。

在实际应用中,移动节点对各数据项的请求是非均匀的,呈现出明显的偏斜,而 Zipf 分布能够较好地描述这种现象。因此本文实验用例的访问概率采用 Zipf 分布,访问概率 $p_i = (1/i) \theta / \sum_{i=1}^n (1=i) \theta$,其中 M 是数据库中所有数据项的数目, θ 为访问偏斜因子, θ 值越大数据项的访问概率越倾斜^[11]。

实验参数主要包括访问概率、用户请求数据项长度、截止时间 deadline 等。用户请求中包含的数据项数采用 2~10 的均匀分布。截止时间 deadline 是 min_d 和 max_d 之间均匀分布的随机数。详细的实验参数如表1所示。

表 1 实验参数

符号	描述	默认值	取值范围	单位
D	每个请求最多可访 的数据项个数	4	[2,10]	数据项
θ	偏斜率	0.6	[0,1]	
min_d	用户请求的 最小 deadline	100		ms
max_d	用户请求的 最大 deadline	500	[300,3000]	ms
BL	广播周期	20	[20,100]	数据项
M	数据库中 数据项个数	500	—	数据项

本实验 θ 取值在 [0,1] 间改变,其他参数为默认值。如图 5 和 6 所示。

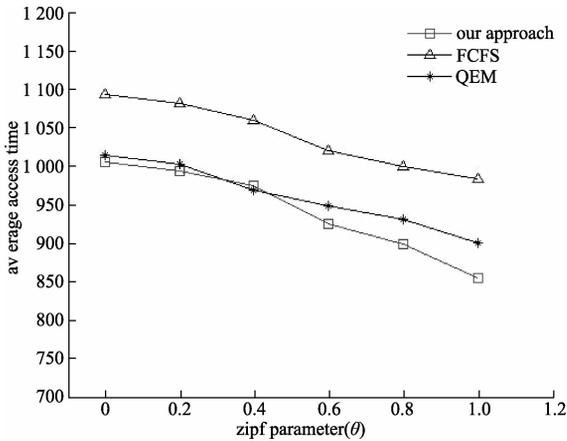


图 5 偏斜率对平均访问时间的影响

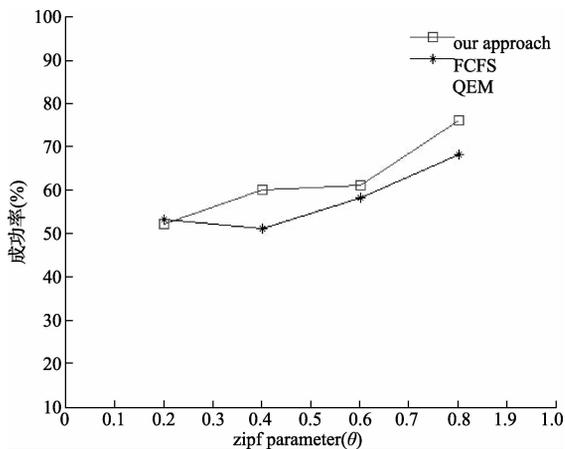


图 6 偏斜率对成功率的影响

图 5 为本文算法与 FCFS、QEM 在偏斜率分别为 0.2、0.4、0.6、0.8 和 1 的情况下广播相同数据项的平均访问时间。从仿真结果可以看到,在 θ 较小的情况下,本算法和 QEM 算法明显优于 FCFS;随着 θ 的增大,本算法较 QEM 算法的平均访问时间急剧减小。

图 6 为本文算法与 QEM 在偏斜率分别为 0.2、0.4、0.6、0.8 的情况下广播相同请求的成功率对比。从仿真结果可以看到,本文算法明确考虑了移动节点对数据的时效要求,其成功率的整体性能优于 QEM 算法。

6 结 论

讨论了针对物联网大量移动节点的实时请求, On-demand 广播模式下的多数据项请求调度算法,实验表明,该算法可以有效缩短平均访问时间。本文算法主要适用于移动节点基于地理信息请求的数据具有时效性的特性。针对请求选择问题,本文算法根据广播信道的状态,采取不同的调度策略;同时针对广播调度问题,主体上沿用 QEM 算法的思想,但针对 On-demand 模式的特点,提出了一种称为“最多请求优先调度”的调度策略。

参 考 文 献

- [1] 瞿佳俊, 严军, 朱渊婧. 无线传感网低开销型数据可靠传输方法的研究[J]. 电子测量技术, 2014, 37(1): 92-95.
- [2] 侯琛, 赵千川, 冯浩然, 等. 一种物联网智能数据采集系统的研究与实现[J]. 电子测量技术, 2014, 37(5): 96-102.
- [3] 张倩倩, 章亦葵, 潘勇. 一种多协议融合的物联网节点的设计[J]. 电子测量技术, 2011, 34(8):85-87.
- [4] 王莹莹, 熊海灵. 基于请求的多信道多数据项广播调度算法 [J]. 计算机应用研究, 2010 (10): 3923-3925.
- [5] 张卓瑶, 孙未未, 余平, 等. 无线环境中多数据项广播调度算法综述[J]. 计算机科学, 2009, 36(5):16-20.
- [6] 高颖, 王风华, 王阿敏, 等. 制导武器传感器网络异类信息系统的统一表示[J]. 国外电子测量技术, 2012, 31(12):28-31.
- [7] 余阳, 吴银锋, 于宁, 等. 网络寿命最优的管道监测传感网节点部署研究[J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(1): 20-28
- [8] TIE J, WANG X R. Research on optimal algorithms in mobile real-time broadcast environment [C]. Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer (MEC), 2011 International Conference on. IEEE, 2011: 2274-2277.
- [9] PONGTHAWORNKAMOL T, NATHRSTEDT K, WANG G J. HybridCast: A Hybrid Probabilistic/Deterministic Approach for Adjustable Broadcast Reliability in Mobile Wireless Ad Hoc Networks[C]. IEEE International Conference on Communication, Dresden, 2009:1-6.

(下转第 26 页)