

广域 DGNSS 信息大规模实时播发系统研究

沈淑渭, 李彦, 卢虎

(空军工程大学理学院, 陕西 西安 710051)

摘要 实践证明广域 DGNSS(Differential Global Navigation Satellite System, DGNSS)可有效提高定位精度和完好性,但在高层建筑物较多的城市或室内,由于建筑物对卫星信号遮挡严重,根本无法实现高精度定位导航,通过互联网播发增强信息,有其独特的优越性。通过研究基于互联网的广域 DGNSS(IBWD)的系统组成,并设计了其网络结构。将 i3 组播和基于 IP 路由信息表的应用层组播相结合,构建了基于节点异构性的分层混合组播网络。分析 IBWD 的结构特点,建立其网络模型,结果显示,IBWD 具有较好的实时性和可扩展性,可以很好地满足导航增强信息在互联网上播发的应用需求。

关键词 广域 DGNSS;分层混合组播;实时播发

DOI 10.3969/j.issn.1009-3516.2011.04.019

中图分类号 TN919.9 **文献标识码** A **文章编号** 1009-3516(2011)04-0087-04

广域差分 GNSS(Differential Global Navigation Satellite System, DGNSS)是应用最为广泛的 GNSS 增强系统^[1]。但是,对于一些应用,比如高层建筑物较多的城市或室内,由于对卫星信号严重遮挡,根本无法实现高精度导航定位,导航增强系统在这些应用中也失去了作用。

互联网在信息传输方面有着独特的优越性,不用考虑气候和遮挡问题,基于互联网传输导航增强信息已经成为一个研究热点,欧、美等已经开始了此领域的研究开发^[2-5],但都是基于 C/S 模式的服务,但是当用户数量不断增多时,服务器容易引起网络瓶颈,并存在着单点问题,不适合大规模用户的播发。

国内在此领域的研究工作很少,也没有开发出相关的系统,主要是理论研究,适合与大规模播发导航增强信息的理论研究主要是基于 P2P 结构的理论分析与设计,但没有考虑节点功能的差异性,且实时性较差。

本文鉴于该领域研究中存在的问题,设计了一种基于节点异构性的分层混合组播结构的互联网广域 DGNSS 网络系统(Internet Based Wide Area DGNSS, IBWD)。采用应用层组播与 i3 (internet indirection infrastructure, i3)组播^[6]相结合的方式播发增强修正信息。

1 IBWD 网络

1.1 IBWD 拓扑模型

IBWD 所要实现的目标是通过互联网大规模播发导航增强信息,须满足:实时性、可扩展性、节点异构性和数据可靠性,其拓扑结构见图 1。IBWD 采用一种单源分层的混合组播网络结构,不同服务能力的节点对应不同的节点层,同层节点之间形成非结构化 P2P 网络,本文中节点的服务能力主要由节点的内存、处理器速度、链路带宽等几个方面共同决定,功能不同,转发数据的时间也不同,因此在构造最小时延转发树时,考虑节点转发数据引起的时延。

GN 处于最低层,服务能力较弱;PN 处于中间层,服务能力较强;SN 处于最高层,是数据源。

* 收稿日期:2010-12-15

基金项目:航空科学基金资助项目(20085553016);陕西省自然科学基金基础研究计划资助项目(SJ08F12)

作者简介:沈淑渭(1970-),男,陕西西安人,讲师,硕士,主要从事卫星导航与定位等研究。

E-mail:maryzsl68@hotmail.com

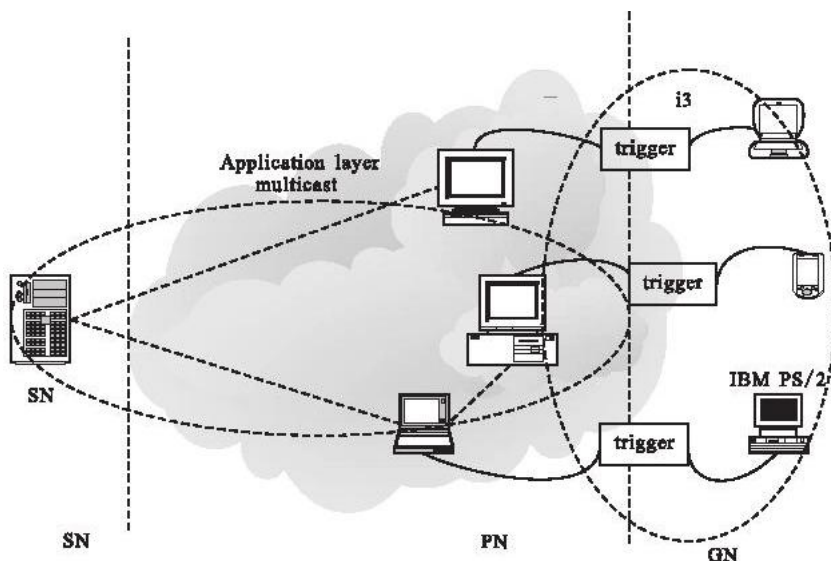


图1 IBWD 系统结构示意图

Fig. 1 The Structure of IBWD system

SN 与 PN 之间采用应用层组播 (Application Layer Multicast) 播发信息, 而 PN 与 GN 之间采用 i3 组播。应用层组播中, 构造基于树优先的单源组播转发树, 节点存储相关联节点的 IP 路由信息, 包括节点的 IP 地址以及关联路由器的地址, 这样可以在应用层实现近似物理链路层的数据传输。i3 组播中, 节点向网络中插入触发器, 通过 IP 获得组播数据。

1.2 IBWD 数学模型

IBWD 节点的覆盖网络形成一个完全无向拓扑图 $G = \langle V, E \rangle$, 其中 V 代表节点的集合, E 是节点之间逻辑连线的集合, 包含了 2 种类型的连线, 一种是 SN 与 PN 间的应用层组播逻辑连接, 另一种是 PN 与 GN 间的 i3 组播连接。在 G 中, 定义 2 个节点 i, j 间连线的权值为两节点间的数据传输时延, $\text{delay}_{\text{ALM}}(i, j)$ 表示应用层组播时延, $\text{delay}_{\text{i3}}(i, j)$ 表示 i3 通信时延。节点 i 的最大服务能力为 $f_{\text{max}}(i)$, 实际所用的服务为 $f_{\text{use}}(i)$, 则 $f_{\text{use}}(i) \leq f_{\text{max}}(i)$ 。上面已经说过, 服务能力不仅体现在为其他节点提供的不同服务上, 而且也体现在复制转发数据的耗时上, 用 $t_{\text{loss}}(i)$ 表示复制转发数据消耗的时间, 该值等于发送数据分组离开的时刻与数据分组到达的时刻之差。节点 i 的父母节点用 $\text{parent}(i)$ 表示。

超级节点 S 到节点 i 的数据转发树用 $\text{Tree}(i) = \langle V_i(i), E_i(i) \rangle$ 表示, 其中 $V_i(i)$ 代表转发树 $\text{Tree}(i)$ 包含的节点集合, $E_i(i)$ 代表转发树的节点间的逻辑连线集合。根据上面对时延的分析, 可以知道, 从数据源经由 $\text{Tree}(i)$ 转发树到达节点 i 的总时延为:

$$D(S, i) = \begin{cases} \sum_{j \in V_i(i)} [D_{\text{ALM}}(j, i) + t_{\text{loss}}(j)] & , i \in \text{PN} \\ \sum_{j \in V_i(i) - \{k\}} D_{\text{ALM}}(j, k) + \sum_{n \in V_i(i)} t_{\text{loss}}(n) + D_{\text{i3}}(k, i) & , k = P(i), i \in \text{GN} \end{cases} \quad (1)$$

式中: D 代表延时; P 代表父节点。

IBWD 中, 以构建基于节点服务能力约束的最小时延混合组播树为优化目标, 即: ①最大时延最小的转发树; ②平均时延最小的转发树。

用数学语言可以描述之, 系统的优化目标可以表示为:

$$\begin{cases} \min \max_{i \in V} \{ \text{delay}(S, i) \} \\ \min \frac{1}{|V|} \sum_{i \in V} \text{delay}(S, i) \end{cases} , \forall i \in V, f_{\text{use}}(i) \leq f_{\text{max}}(i) \quad (2)$$

式中 $|V|$ 为转发树上除超级节点之外所有节点的总数。

2 IBWD 性能分析

2.1 IBWD 网络性能分析

IBWD 网络覆盖区域设为中国大陆地区,路由器间链路连接为 100 BaseT,其他链路为 10 BaseT,节点总数 $N = 128$,其中 70% 的节点是 GN,一个 SN 服务器,依据文献[4],设置导航差分修正信息数据分组大小为 300 - 700 bps,节点在 110 - 120 s 随机加入网络,仿真时间设为 1 h。仿真结果图中的横坐标单位为 s。

与文献[2][6]中的 P2P、C/S 以及典型的分层式网络协议 NICE [7] 结构进行了性能比较,仿真结果见图 2 - 3。

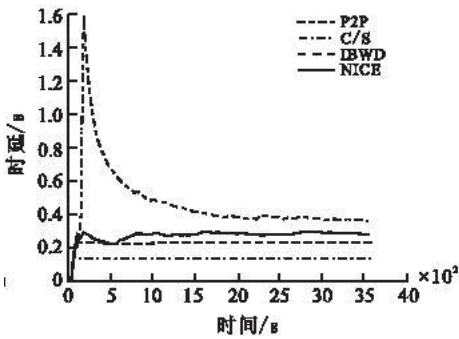


图 2 平均时延

Fig. 2 The average delay

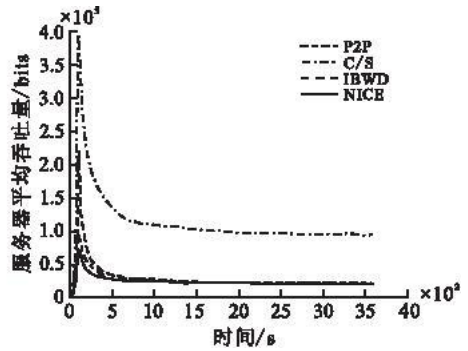


图 3 服务器平均吞吐量

Fig. 3 The average payload of server

由图可以看出,较 C/S 系统,IBWD 显著地降低了服务器的业务量,避免了因服务器造成的网络瓶颈,提高系统的可扩展性,同时,较 P2P 和 NICE 结构,IBWD 有效地降低了节点时延值,保证了数据传输的实时性。

2.2 节点加入策略性能分析

由于集中式算法的时间复杂度随着节点数量的增加,呈平方式增加,不适合大规模网络的应用,因此 IBWD 节点的加入采用了分布式算法,存在着 2 种不同的策略:宽度优先策略(Bandwidth - First Strategy, BFS)和深度优先策略(Deep - First Strategy, DFS),对这 2 种策略的节点加入算法进行了仿真。

仿真环境设置如下:节点随机分布在 1 000 km x 1 000 km 的区域内,SN 设置在区域中心,随机赋予节点服务能力,主要从平均加入控制开销、树高、平均加入时间和平均延迟时间等 4 个方面来分析,平均服务能力分别为 5.5 和 10.6,仿真结果见图 4 - 5。

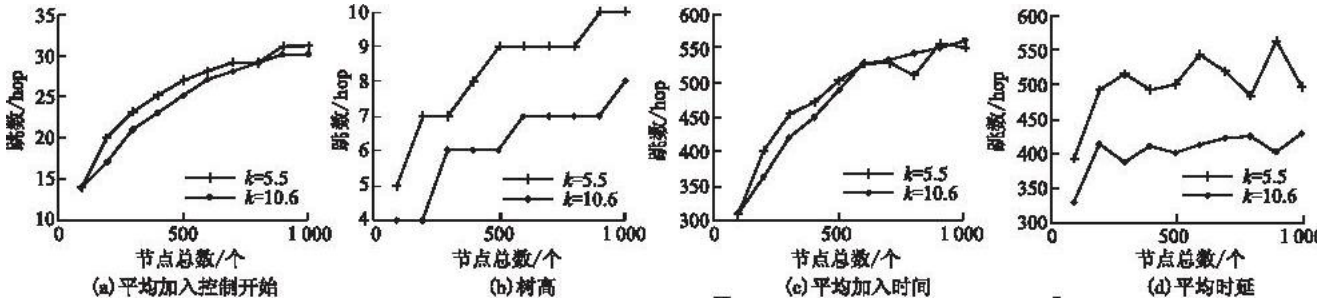


图 4 服务能力对 BFS 的影响

Fig. 4 The service capability of BFS

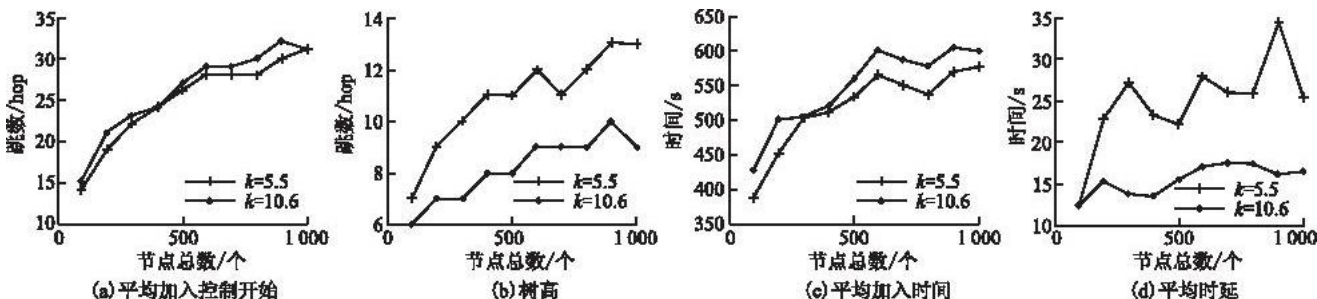


图 5 服务能力对 DFS 的影响

Fig. 5 The service capability of DFS

由图 4 可以看出,BFS 构造的转发树高较低,加入网络的时间较短,控制开销也较低,但是构造的转发树数据传输时延较大;由图 5 可以看出,DFS 构造的转发树高较高,需要更多地加入以控制开销和时间加入网

络,而构造的转发树实时性较好。

3 结束语

我国拥有世界上最大潜力的卫星导航应用市场,一旦将互联网和导航定位系统结合起来,实现高精度定位导航,将会是更加经济实用,消费市场将更加蓬勃。在国防建设和国家安全中,互联网在导航增强系统中的应用,将极大地提高精确打击的范围和能力,减少设备投资成本。

参考文献:

- [1] 倪育德,刘瑞华. EGNOS 系统增强服务的原理与实现[J]. 中国民航大学学报,2007,10,25(5):25-28.
NI Yude, LIU Ruihua. The principle and realization of EGNOS system strengthen service [J]. The university college journal of air China,2007,25(5):25-28. (in Chinese)
- [2] Marti Felix Toran, Traveset Javier Ventura, Chen Ruizhi. Handheld internet-based EGNOS receiver; the first product of the ESA SISNET technology[C]//GNSS 2003. Graz:[s. n.],2003:22-25.
- [3] Kechine M O, Tiberius C C J M, Marel H van der. Experimental verification of internet-based global differential GPS[C]//Proceedings of ION GPS 2003. Portland:[s. n.],2003:28-37.
- [4] E-RD-SYS-E31-010,3-2006. SISNeT user interface document[S].
- [5] Michael Tyson, Carlo Kopp. LGSP: A Lightweight GNSS support protocol for military and civil applications[C]//MILCIS 2007. Canberra:[s. n.],2007:20-22.
- [6] Karthik Lakshminarayanan, Ananth Rao, Ion Stoica, et al. Flexible and robust large scale multicast using i3[R]. UCB/CSD-02-1187,2002.
- [7] Suman Banerjee, Bobby Bhattacharjee, Christopher Kommareddy. Scalable application layer multicast[C]//SIGCOMM'02. New York:ACM press,2002:52-55.

(编辑:徐楠楠)

Research on Real Time Broadcasting System of Large Scale DGNSS Information

SHEN Shu-wei, LI Yan, LU Hu

(Science Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China)

Abstract: The wide area differential GNSS can be used to improve the accuracy, credibility and integrity of the navigation by broadcasting augmentation messages for receivers of the covering areas through geostationary earth orbit (GEO) satellites. But in cities with more building obstacles or in rooms, it is unable to realize the high accurate navigation. The way that the navigation augmentation messages are broadcast through internet has its unique advantages. The configuration and the network structure of internet-based wide area DGNSS (IBWD) are designed in this paper. According to node heterogeneity, the nodes that would join IBWD are classified into differential node types including proxy nodes and general nodes. The hierarchy mix multicast system based on node heterogeneity is constructed by the combination of application layer multicast where IP route information table is applied and i3 multicast. The results of simulation show that IBWD allows nodes to leave and join dynamically, and it is highly robust against failures. IBWD allows real time communication and the throughput of server is lower than other systems, so it can well meet the need of applications of large scale and real time broadcasting for the augmentation messages of GNSS through internet.

Key words: wide area DGNSS; hierarchy mix multicast; real-time broadcasting