

Research on Time Slot Allocation Method for TDMA Data in Specific Scenarios

Ben Niu Chang Tang Hui Qu Yunfeng Li Qishan Zhu

Chongqing Jinmei Communication Co., Ltd., Chongqing, 400030, China

Abstract

The existing IP data transmission networks often use hybrid link routing technology, and workshop interconnection uses two methods: wired link (fiber optic, backhaul) and wireless link (TDMA mode UHF radio). When certain links in the network only have wireless links available for communication, this wireless link needs to relay data coming in from wired links. The fixed time slot allocation method cannot meet the data communication capacity requirements of the system. This paper proposes a specific hybrid link networking method that dynamically allocates TDMA data time slots based on predicted business scenarios and network routing information, improve the utilization of wireless time slots.

Keywords

TDMA; slot allocation; route information; transport delay

特定场景下 TDMA 数据时隙分配方法研究

牛犇 唐畅 瞿辉 李云峰 朱启山

重庆金美通信有限责任公司, 中国 · 重庆 400030

摘要

现有的IP数据传输网络常采用混合链路路由技术, 车间互联采用有线链路(光纤、背复线)、无线链路(TDMA模式UHF电台)两种方式。当网络中某些链路仅有无线链路可用于通信时, 此无线链路需中继从有线链路进来的数据, 固化的时隙分配方式不能满足系统的数据通信容量需求。为此, 论文提出了一种特定混合链路组网, 基于预知的业务场景和全网路由信息, 动态分配TDMA数据时隙的方法, 提高无线时隙的利用率。

关键词

时分多址接入; 时隙分配; 路由信息; 传输延迟

1 引言

随着通信网络技术的发展, 无线和有线链路混合组网的应用越来越多。各接入链路的不稳定, 引起网络拓扑的动态变化, 对无线节点间数据传输影响较大。在 Ad Hoc 无线网络^[1]中基于时分多址(TDMA)的 MAC 协议^[2]最为常见, 其传输节点的合理数据时隙分配能缓解相互之间的干扰, 提升信道利用率。合理地给各无线节点分配时隙成为优化无线通信系统的有效技术。

如图 1 所示, 在特定的小型 IP 数据传输网络系统中, 节点 [3、4、5、6] 之间通过无线信道连接, 这四个节点即基于 TDMA 的 Ad Hoc 无线网络中继节点。从节点 [1、2、3、4] 发向节点 [5、6、7] 的数据都将通过四个无线中继节点传输。但是当其他节点间无线信道和有线信道同时都连接时, 全部 7 个节点都分配到无线时隙分配, 但是总无线时隙数量是有

限, 那么分配给中继节点的时隙资源就无法传输整个业务系统的中继数据, 数据在 TDMA 无线信道传输队列上将溢出, 导致不可避免的丢包。

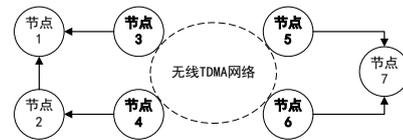


图 1 中继时隙资源示例

为应对网络拓扑的变化, 无线时隙分配随网络变化进行动态调整, 采用分布式时隙分配算法, 依据时钟同步, 和适合的帧结构设计对应的时隙分配算法^[3]。但是节点内时隙计算量较大, 导致延迟, 在此过程中不能保证数据互通^[4]。

2 研究成果

传统的 Ad Hoc 无线网络, 无论采用哪种路由协议, 根据业务量动态分配时隙带宽的过程均会导致计算量大、端到端时延增加、切换过程不通等问题^[5]。而一般情况下, 有线

【作者简介】牛犇(1983-), 男, 中国安徽濉溪人, 硕士, 工程师, 从事IP路由、IP组播研究。

网络和无线网络均为独立设计，互相不感知拓扑形态，导致数据业务从有线流通时无线信道的数据时隙仍然被占用而浪费的情况。论文研究的目的是在特定小型化网络环境下让有线路由和无线路由进行融合设计，根据网络的拓扑形态，将无线信道的数据时隙分配到关键的无线中继节点上，从而整体提高系统的数据传输效能。

特定场景 IP 数据传输网络系统与业务系统一体化设计，各个节点发送的数据容量可控，且可量化为无线信道的数据时隙，由网络管理者决定拓扑计算和时隙分配较为合理。

在网管获得收敛的全局路由信息后，依据既定的数据容量表，计算各节点所需的时隙需求，并下发到所有无线设备进行同步，确保全网在统一时间进行时隙分配后的切换。

3 技术选择

特定的小型 IP 数据传输网络使用场景下，结合其可以

全流程定制化的特点，以及提前预知业务带宽需求的前提下，论文设计业务系统依据全局的路由信息和各节点的业务关系，快速计算时隙分配策略。

3.1 业务系统触发时隙重新分配

IP 数据传输网络控制器能够感知某一节点是否连上网络，也能够感知链路属性，但是入网链路是否是网络管理员需要的链路，网络控制器无法感知，需要业务系统根据业务场景需要来确定。

业务系统能实时获取网络控制器定时上报的全局路由信息，结合自身的业务需求，判断触发中继节点 TDMA 时隙是否重新分配。

3.2 数据中继时隙需求量

业务系统依据业务场景需求，提前统计各节点间的数据时隙需求，并存储在本地系统保存，枚举覆盖到所有节点间各业务数据需求，如表 1 所示。

表 1 数据时隙需求量

源 \ 宿	节点 1	节点 2	节点 3	节点 4	节点 5	节点 6	节点 7
节点 1			26	5			6
节点 2	5		5	26			
节点 3	5			4	6		8
节点 4	5						8
节点 5			8				6
节点 6	6	6		8			6
节点 7	10	10		5			
组播	40	40	40	40			
广播	12	5	5	5	5	5	5

4 实现方法

4.1 时隙分配启动时间选取

启动时间选取指启动 TDMA 数据中继时隙资源重新分配的开始时间，受限於 3.1 的业务系统触发时隙重新分配。业务系统定期获取全局的路由表信息，其中包括链路是否为无线信道。当连续多次路由信息基本一致，就认为路由相对稳定，触发判断是否重新分配数据时隙。

当业务系统获取各节点组网信道均为有线链路，则不触及时隙分配，当无线路由信息有变化，则由业务系统自行决策触发业务时隙重分配。

4.2 路由信息呈现

路由信息的呈现方式决定了后面中继节点的时隙分配计算方法。因此，路由信息的呈现方式要便于中继节点的计算和时隙需求量的计算。相对于传统路由信息表，增加了“是否经过无线信道”的属性，只有结果为“是”时，才需要统计时隙需求量和计算时隙。

简化起见，以图 1 的拓扑来表述路由信息，选取节点 7、节点 1 和节点 2 来描述。实际实现中全部节点拓扑路由信息都需要枚举一遍，如表 2 所示。

4.3 时隙需求计算

中继节点的时隙资源需求依据 3.2 的“数据中继时隙需求量”表格描述的业务数据需求量。

时隙需求计算完成网络中所有节点的数据中继时隙需求的总量统计，算法伪码如下：

遍历源节点（节点 1、节点 2、节点 3、节点 4……）以 I 表示

```

{
    遍历 I 的路由表项，以 J 表示目的节点
    {
        If 本条路由不经过无线信道
            Continue;
        跟踪路由表中的“下一跳中继节点”，以 K
        表示
        If (K 到 J 的“下一跳链路信息” = 无线 /* 说明
        K 是无线中继 */
            && I 的下一跳链路是有线链路)
            节点 K 时隙需求 += 单播时隙 (I-J) + 组播时隙
            (I) + 广播时隙 (I);
            /* 因为数据传输存在 2 次 TDMA 无线传输设
            备中继的情况，那么最后一级循环必须遍历到末尾 */
        }
    } // 总循环结束
    
```

以表 1 举例说明，节点 7 的路由表项说明节点 1 到节点 1 需经过无线信道，所以无线中继节点需要数据中继时隙。

表 2 示例拓扑的路由信息

源节点	目的节点	下一跳中继节点	下一跳链路信息	是否经过无线信道
节点 7	节点 5	节点 5	有线	否
	节点 6	节点 6	有线	否
	节点 1	节点 5	有线	是
	节点 2	节点 6	有线	是
	节点 3	节点 5	有线	是
	节点 4	节点 6	有线	是
节点 1	节点 7	节点 3	有线	是
	节点 2	节点 4	有线	否
	节点 3	节点 3	有线	否
	节点 4	节点 4	有线	否
	节点 5	节点 3	有线	是
	节点 6	节点 4	有线	是
节点 2	节点 7	节点 4	有线	是
	节点 1	节点 1	有线	否
	节点 3	节点 1	有线	否
	节点 4	节点 4	有线	否
	节点 5	节点 4	有线	是
	节点 6	节点 4	有线	是

节点 7 到节点 1 下一跳为节点 5，再查节点 5 到节点 1 的路由表项，下一跳链路信息为无线，所以节点 5 是无线中继节点，节点 5 时隙需求 = 单播时隙 (节点 7- 节点 1:6) + 组播时隙 (20) + 广播时隙 (节点 7:5)，如表 3 所示。

表 3 指示算法步骤的路由表项

源节点	目的节点	下一跳中继节点	链路信息	是否经过无线信道
节点 7	节点 1	节点 5	有线	是
节点 5	节点 1	节点 3	无线	是

4.4 中继时隙分配

网管 IP 数据传输网络控制器将计算的时隙需求结果通过“时隙优化下发”协议传递给本地无线通信对应的节点设备，由本地无线通信设备根据可用总时隙和每个节点的需求时隙比例综合进行分配^[6]。

IP 数据传输网络控制器下发的通信格式如下：每个分配量占用 1 个字节（不会超过 200 个时隙），此格式用于 IP 数据传输网络控制器和无线通信设备双向互传，如表 4 所示。

无线通信设备计算完成以后，将计算结果通过“时隙优化上报”协议回传给 IP 数据传输网络控制器，IP 数据传输网络控制器在发送到网络内的所有 IP 数据传输网络控制器。

其他 IP 数据传输网络控制器收到时隙分配信息后也通过“时隙优化下发”传递给网内所有无线通信设备。

表 4

节点 1 分配量	节点 2 分配量	节点 3 分配量	节点 4 分配量
节点 5 分配量	节点 6 分配量	节点 7 分配量	节点 8 分配量

5 算力分析

根据论文中提出的算法计算时间复杂度的公式为：遍历源节点 (循环 N 次) × 遍历路由表 (N 次) × 遍历网关节点 (N 次) = $O(N \times N \times N) = O(N^3)$ 。

鉴于特定使用场景，网络节点数小于 50 个时，算力执行的时间较短，业务时隙需求计算和分配总用时均较短。

6 结语

论文针对特定的小型 IP 数据传输网络，明确业务系统的数据需求，结合全局的路由信息，实现各无线传输节点的快速 TMDA 时隙分配。经过实际的项目测试检验，完全满足特定小型网络的业务需求，自动快速、准确地分配时隙，无需人为干预。

参考文献

- [1] 陈晔. 移动AD HOC网络中网络协议及集群路由机制的研究[J]. 智能计算机与应用, 2020, 10(7): 183-185.
- [2] 侯乐. 基于TDMA的多信道MAC协议[D]. 北京: 中国电子科技集团公司电子科学研究院, 2010.
- [3] 李树静. 车联网中基于TDMA的MAC层协议研究[D]. 长春: 吉林大学, 2020.
- [4] 钟明祥. TDMA自组织网络的路径级动态时隙分配算法研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2019.
- [5] 刘细苟. 车载无线通信系统优化设计[D]. 南京: 东南大学, 2019.
- [6] 江华, 冉江, 韩树宝. 一种战术通信环境无线参数分发的设计与实现[J]. 物联网技术, 2019, 5(5): 86-89.