

# 面向远程医疗的流媒体群智网络传输系统<sup>①</sup>

郭 静, 王 庆, 陈泽亚

(中国科学技术大学 计算机科学与技术学院, 合肥 230026)

(中国科学技术大学 苏州研究院, 苏州 215123)

**摘 要:** 针对传统远程医疗流媒体传输需要专有网络和设备支持, 从而无法大规模应用到生活中的问题, 提出一种工作于传统网络上的基于群智网络的远程医疗系统解决方案. 利用远程医疗系统中社交网络的网络节点拓扑特性, 构建节点间无意识协作的群智网络模型, 在此通信模型的基础之上设计并实现了分布式的流媒体传输系统. 该系统可以提高网络利用率, 平衡节点的数据流量, 为远程医疗系统的实现提供了一种新的解决方案. 实验结果表明, 该系统可以有效提高普通网络环境下的数据传输速率.

**关键词:** 流媒体传输; 群智网络; 远程医疗; 社交网络; 分布式系统

## Remote Medical Oriented Crowd Participatory Network Based Streaming Media Transmission

GUO Jing, WANG Qing, CHEN Ze-Ya

(School of Computer Science and Technology, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

(Suzhou Institute for Advanced Study, University of Science and Technology of China, Suzhou 215123, China)

**Abstract:** The existing streaming media transmission of remote medical system needs a proprietary network and equipment endorsement. As a result, it cannot be widely applied in real life. This article proposes a remote medical system based on crowd and participatory network which can be applied on traditional network. With the support of the system nodes' topological characteristics in social network, we build the crowd and participatory network model in which the nodes can collaborate unconsciously. Based on this communication model, we design and implement a distributed remote medical system, which don't need proprietary network and equipment. Our method provides a new idea to build remote medical system. The experiments shows that our system can effectively increase the average data transfer rate under the traditional network environment.

**Key words:** streaming media transmission; crowd participatory network; remote medical; social network; distributed system

随着中国工业化、城市化进程的不断加快, 医疗卫生资源与服务需求之间的矛盾日益凸显. 2012 年中国统计年鉴报告<sup>[1]</sup>显示, 2011 年中国每千人口执业(助理)医师 1.82 人, 每千人口注册护士 1.66 人. 而 2005 年美国的人均医生数是每千人 3.59 个, 法国 3.37 个, 英国 2.2 个<sup>[2]</sup>. 因此对于我国来说, 医疗资源短缺主要体现在医生、药剂师等人才资源的短缺<sup>[3]</sup>. 更为严重的事实是, 因为在有些地区患者人数较少, 导致医生时间被闲置, 与此同时, 另一些地区患者人数较多, 医生却没有休息时间.

随着互联网的快速发展, 远程医疗技术提供了一种解决上述问题的方案. 远程医疗是基于生物医疗, 计算机科学, 通信技术 etc 学科, 将无线数据传输、计算机软硬件技术等密切结合的高新技术. 远程医疗系统最重要的结构之一是流媒体传输系统, 这需要有高速网络或专有网络的支持. 而专有网络和高速网络花费巨大, 普通家庭难以负担. 360 公司的报告<sup>[4]</sup>中提到现有中国互联网情况, 中国网民上网平均带宽为 3.14Mbps, 而 720P 分辨率的视频流数据需要的带宽是 3.5Mbps. 考虑到地区差异, 目前的网络情况远远支持不了远程医

<sup>①</sup> 收稿时间:2015-03-12;收到修改稿时间:2015-04-26

疗的带宽需求. 随着远程医疗系统的发展, 对带宽、稳定性的要求越来越高. 现有的对这部分的研究中, 大部分采用了基于 GPRS, P2P, TD-SCDMA 等通信技术实现<sup>[5-7]</sup>, 需要较好的网络甚至专有网络支持.

群智感知技术为远程医疗系统的实现提供了一种可行的方案. 群智感知是一种以普通用户使用的移动设备作为基本感知单元, 通过移动互联网进行共同协作, 实现感知任务分发与感知数据收集利用, 最终完成复杂的社会感知任务的框架<sup>[8]</sup>. 群智感知的理论方兴未艾, 目前很多领域都采用了群智的思想. 著名的寻找外星人计划(SETI@home)和《纽约时报》验证码的方案都利用了互联网的群智计算思想, 通过大量普通互联网用户无意识的参与, 最终完成复杂的任务<sup>[8]</sup>. 目前群智感知研究领域主要关注两个部分, 一个是如何利用群智感知理论完成复杂任务<sup>[9,10]</sup>, 另外一个只是如何保证信息的安全和隐私<sup>[11,12]</sup>. 关键词库的结合大大提高了信息抽取算法的准确性和通用性, 基于 Web 信息抽取的混合交通出行方案生成与表示系统的成功实验也证明了本文提出的 Web 信息抽取算法的实用性.

## 1 相关模型和概念介绍

### 1.1 群智网络模型

在群智网络中, 大量普通用户作为网络基本节点, 通过传统互联网进行无意识协作, 实现数据分发与数据传输, 完成网络加速和优化. 通过构建群智网络, 以往需要花费巨大代价才能提高的带宽, 完全可以用群智网络的方案去实现. 参与的人越多, 群智网络可以完成任务越复杂, 网络性能提升越高.

考虑两个准备进行数据通信的用户  $u_1, u_2$ . 他们进行数据传输数据的大小为  $S$ , 而  $u_1$  和  $u_2$  之间的传输速率为  $x_0$ . 设  $u_1$  和  $u_2$  的好友分别为  $1, 2, \dots, n$ , 这些好友可以帮助  $u_1$  和  $u_2$  之间的数据传输, 如图 1 中所示.

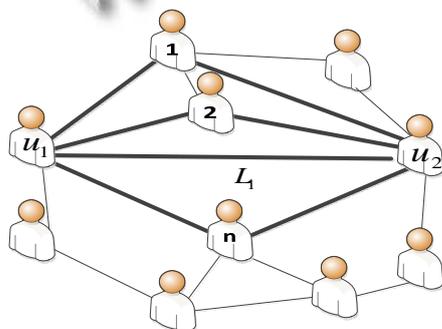


图 1 群智网络模型

每个好友可以提供一个传输速率为  $x_i$  的通道,  $x_i$  是概率密度函数(PDF)  $f_x(x)$  上连续随机的变量, 该概率函数取值在  $[0, \bar{x}]$  上, 同时, 设  $F_x(x)$  是  $f_x(x)$  的累积分布函数.  $u_1$  与其好友  $i$  之间的速率为  $x'_i$ , 而  $u_2$  与  $i$  之间的速率为  $x''_i$ , 则好友  $i$  可以提供的传输速率为

$$x_i = \min(x'_i, x''_i) \quad (1)$$

速率需要经过一段时间才能到达稳定值. 由分析可得

$$\frac{S}{t_r + S / (x_0 + \sum_{i=1}^k X_{i,n})} \quad (2)$$

$u_1$  通过相关机制选择  $k$  个好友帮助其路由数据, 其中  $k < n$ . 设  $X_{i,n}$  为选择的  $k$  个好友中第  $i$  个好友的速率值, 假设好友  $i$  响应路由请求的时间为固定值  $t_r$ . 由于网络拥塞以及网络协议(比如 TCP 协议)的影响, 最终可得传输数据  $S$  的时间结果

设  $u_1, u_2$  的带宽的限制分别为  $B_1, B_2$ . 该带宽的限制与  $u_1$  和  $u_2$  选取的  $k$  个好友的限制关系

$$\min(B_1, B_2) \geq \sum_{i=1}^k X_{i,n} \quad (3)$$

由前面介绍,  $X_{i,n}$  是概率密度函数(PDF)  $f_x(x)$  上连续随机的变量, 该概率函数取值在  $[0, \bar{x}]$ . 因此如何选取  $k$  个好友提供更好的服务, 并转变成求最大网速  $\min(B_1, B_2)$  的背包问题. 在网络情况的复杂性的前提下,  $i$  好友提供的通道速率  $x_i$  会随着源节点的不同选择而改变, 因此寻找  $k$  个最优传输链路的问题是一个动态优化问题.

### 1.2 通信信道的碎片化利用

在传统网络中, 用户并未使用全部的带宽资源, 相当部分的带宽资源被闲置了. 在群智网络模型下, 通信的用户  $u_1, u_2$  选择  $k$  个好友后,  $k$  个好友的闲置带宽也被利用. 设  $b_i$  为好友  $i$  提供的碎片带宽, 则  $u_1, u_2$  链路的带宽

$$B_{sum} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \quad (4)$$

其中  $B_{sum} < \min(B_1, B_2)$ ,  $b_0$  为  $u_1, u_2$  直接链路带宽. 这样源节点和目的节点之间的通信信道的碎片化带宽得到合理利用, 带宽压力大的节点也得到了平衡.

图 2 为带宽碎片化利用示意图, 当 Ted 与 Cathy 之间, 数据由社交好友好友 Bob, Alice, Eve 等利用其空闲的带宽发送出去, 带宽得到有效利用.

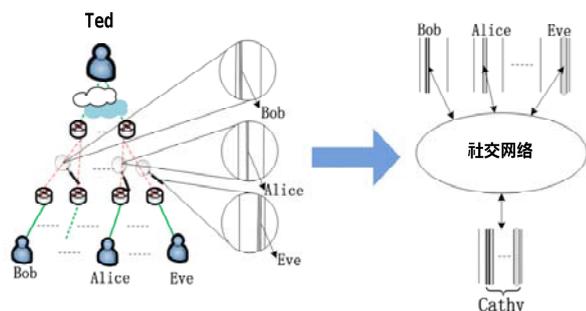


图2 带宽的碎片化利用

## 2 群智网络下路由动态建立协议

针对群智网络中的好友选择和路由问题,本文提出了一种群智网络下的路由动态建立协议.该协议主要包含两个部分,路由发现和路由维护.路由发现负责选择好友节点并建立路由,路由维护则负责根据网络变化实时动态变更已经选择的节点,即删除失效节点并加入新的符合要求的节点.如何选择好友,并建立端与端之间的可达路由是本协议的核心问题.

### 2.1 路由发现

源节点和目的节点之间要进行数据传输时,首先登录服务器(TCP 三次握手),然后通过服务器转发消息从而建立会话连接.连接建立后,源节点要获取需要的数据事,目的节点会给一个特定的参数信息,每个资源都有唯一的标示符,如“请求资源 ID”等.源节点自身的网络带宽不足以实时高效的获取该数据,就向其社交网络中在线的好友广播“路由请求”报文,报文包括“目的节点地址”等字段.其中“目的节点地址”为目的节点的 IP 地址.好友节点收到“路由请求”报文后,探测其与目的节点的网络速率 $x_i$ ,并将该信息发送给源节点.源节点收到所有社交好友节点反馈后,根据其自身的带宽限制 $B_i$ 以及 $n$ 个好友提供的网络通道速率,根据公式3,通过贪心策略选择 $k$ 个链接速率最大的好友作为路由节点.具体选择过程如下:用户需要获取数据资源时,会给好友节点发送“路由请求”报文,好友节点会返回网络速率信息,用户从返回的信息中选择带宽速率最大的节点放入消息队列,当选择的好友节点速率累积和大于等于传输资源要求的速率后,则停止将好友节点加入消息队列中.

源节点将选择好的 $k$ 个好友加入自己的消息队列中,与这 $k$ 个好友节点建立网络拓扑连接,并将与目的节点之前分发的“请求资源 ID”信息广播给该 $k$ 个好

友.好友节点收到“请求资源 ID”信息后,知道自己被选中作为帮助节点,然后就向目的节点发送数据请求建立连接请求,目的节点将该 $k$ 个连接加入自己特定资源的消息发送队列.然后根据各个节点的请求发送指定的数据资源给消息队列中的各节点.经过上述过程,源节点与目标节点之间的群智网络拓扑结构建立完成.

### 2.2 路由维护

由于真实网络和社交网络状态的负责多变性(节点失效),源节点与目的节点必须通过路由维护过程检测路由的可用性.源节点实时每条好友链路的速率情况,当发现节点失效或者网络速率过低的好友节点,此时源节点启动路由维护过程.

源节点首先通知目的节点将该节点从消息队列中删除,然后在未加入消息队列中的好友集合中启动路由发现过程,通过贪心策略将满足式子3的网络速率最快的好友加入到消息队列中.这里之所以用贪心策略来选择好友节点,因为前面证明了该过程是一个0-1 背包问题,贪心算法在一定程度上的时间空间复杂度很高,而且无法均衡网络中所有需要帮助节点的请求.我们知道背包问题也可以用动态规划来解决,因此本文中选择好友节点也能用动态规划来替代.通过路由维护过程,群智网络路由达到动态的平衡.

## 3 系统组成与设计

### 3.1 系统框架设计

本章节主要介绍面向远程医疗的流媒体群智网络系统设计和工作过程.远程医疗流媒体传输系统是在群智网络之上建立起来的,其中群智网络所依赖的社交网络由用户与用户之间的好友关系组成.用户通过注册,成为系统的普通用户(普通用户,医生,药剂师).远程医疗系统是构建在群智网络之上的一个应用,而群智网络则依托于远程医疗系统形成的社交网络关系.系统利用了端到端网络结构(P2P)的特性,主要包含两个部分,服务器和用户端.其中服务器分为两类,一种是中央服务器,负责记录群智网络节点的信息,并对相关查询进行应答,对应 P2P 中的集中式服务器;另外一种备份服务器,负责对医疗系统的会话信息进行备份,会话信息包括音视频信息,以及相关的处方等信息.用户端分为三种类型,患者,医生和药剂师.系统包含两种对话关系,患者和医生,患者和药

剂师. 为了表示方便, 在图中, 我们将对话关系用模块的关系表示. 系统中存在多个会话关系, 而用户之间的关系网络则如图 1 中所示.

该流媒体系统的主要工作流程如下: 首先通过路由动态建立协议建立节点间的群智网络路由; 患者和医生之间的流媒体传输是 P2P 的一种方式, 节点从上层应用获得相关流媒体数据包, 首先对数据包进行碎片化处理, 将大数据包(视频帧数据)分片, 然后节点对分片数据进行分发. 当数据经过群智网络路由到达相关节点时, 节点需要对数据进行组包, 并对相关报文进行排序, 将数据传递到上层应用处理.

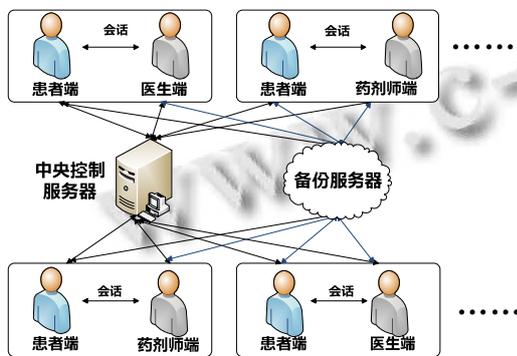


图 3 系统逻辑架构图

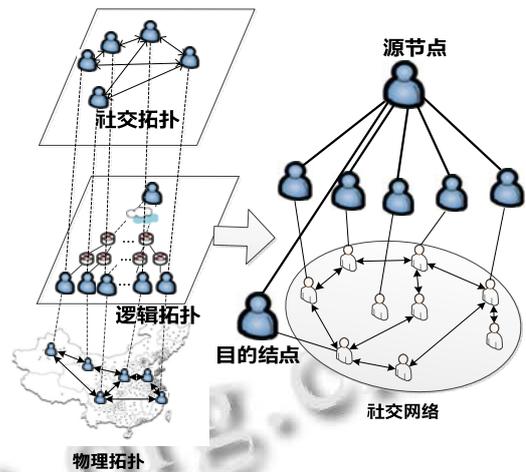


图 4 数据分发原理图

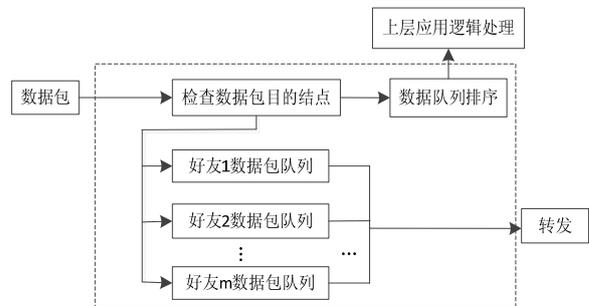


图 5 节点的数据包处理过程

### 3.2 数据分发过程

当会话建立成功后, 两者之间的路由链路也随之建立起来. 患者通过音视频服务向医生或药剂师进行相关描述, 而医生或药剂师则根据病征对患者进行治疗. 具体端系统处理为首先从应用接收流媒体数据, 进行分片碎片化处理后, 系统根据好友队列进行消息的分发, 目前系统采用的是循环的方式进行消息分发. 负责转发的好友节点信息存储在循环队列中, 系统依次将碎片数据包通过相应好友的链路发送出去.

图 4 为数据分发的结构示意图, 最底层为网络设备代表的物理拓扑结构, 物理拓扑结构之上是网络的逻辑结构图, 这是传统网络中结构图, 最上层为社交拓扑, 社交网络中节点根据社交好友进行消息的分发. 数据的流向也是在该层拓扑上进行分流.

### 3.3 远程医疗节点的处理过程

对群智网络而言, 远程医疗的社交网络中患者端, 医生端和药剂师端都是群智网络中的一个节点, 底层的处理过程也都是相同的. 具体的处理流程如图 5 所示.

网络中的节点需要对接收到的数据包进行处理. 当接收到流媒体数据包, 节点将对该数据包的报文头进行判断, 如果该数据包的目的节点是自己, 该节点就将数据存入自己的信息缓存队列中. 存入缓存队列中的数据包将进行碎片化整合, 通过相关排序等处理, 将正确顺序的数据传给上层应用进行逻辑处理. 反之, 该节点根据该消息携带的 ID 等信息将消息存入相对应的消息队列. 转发过程主要根据队列中的数据包报文头进行处理, 由于群智网络的路由关系已经建立, 节点根据报文头所指向的目的节点地址, 将该数据包转发出去.

## 4 实验分析

为了验证该系统在实际运行中的表现, 本章通过设计两种实验, 分析和对比实验结果, 对基于群智网络的数据传输进行了测试和评估. 实验分别测试了群智网络对不同地区的网络传输速率提升效果. 图 6, 7 中, 实验的目的节点是美国亚马逊服务器 EC2, 而源节点在中国科学技术大学校园内. 通过图 8 和图 9

可以看出,相对于源节点与目的节点单链路的固定传输速率,群智网络对网络速率的提升是显而易见的.其中加速的理论值曲线是计算的理论结果,随着好友的增加,线性增长.

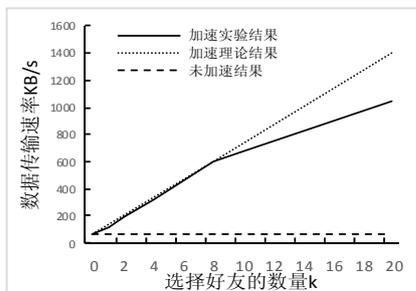


图6 美国网络环境下 UDP 协议实验结果

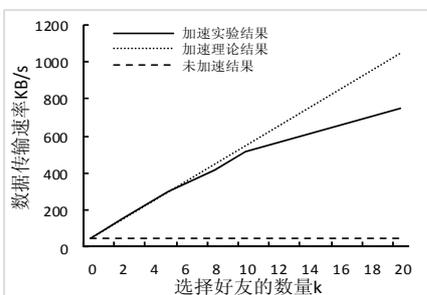


图7 美国网络环境下 TCP 协议实验结果

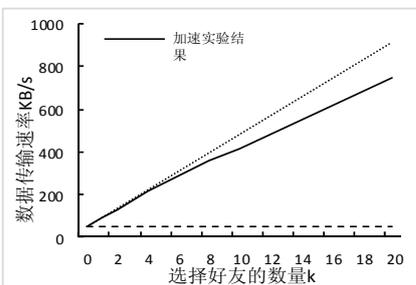


图8 中国网络环境下 UDP 协议实验结果

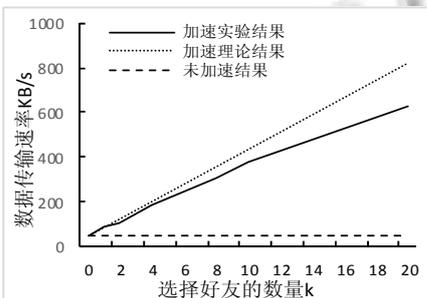


图9 中国网络环境下 TCP 协议实验结果

图8, 9是中国网络环境下UDP和TCP协议的网路速率提升实验对比图.从图中可以看出,其结果与

图6和7结果相似,但是效果提升更明显.这主要是因为源节点和目的节点都位于中国,与图6和7中源节点与目的节点之间网络情况不同造成的.

## 5 结语

本文在远程医疗社交网络基础之上提出了群智网络的概念,群智网络通过用户节点的无意识协作,提升网络传输速率,解决了传统远程医疗流媒体传输系统需要专有网络和设备支持,从而无法大规模应用的问题.以群智网络为底层通信模块,本文设计并实现了分布式的流媒体系统逻辑架构.该系统具有通用性和较高适应性,可以广泛的应用于普通家庭等网络环境欠佳的网络中.另外本文提出的群智网络模型,不仅可以应用于远程医疗流媒体传输系统,该网络模型对其他需要较高带宽的应用提供了一种可行的解决方案.

## 参考文献

- 1 国家统计局中国统计年鉴.北京:中国统计出版社,2012.
- 2 Dennis C. Medical miscalculation creates doctor shortage. USA Today, 2005-3-2(2).
- 3 Cauchon D. Medical miscalculation creates doctor shortage. USA Today, 2, 2005.
- 4 360公司.2013年第一季度中国互联网上网测速报告.
- 5 刘军,马文丽,姚文娟,等.基于GPRS远程医疗系统的移动终端设计与实现.计算机应用与软件,2010,27(3):9-12.
- 6 赵泽,崔莉.一种基于无线传感器网络的远程医疗监护系统.信息与控制,2006,35(2):265-269.
- 7 王虹.3G时代远程医疗的关键技术.中国医院,2010(7):47-50.
- 8 刘云浩.群智感知计算.中国计算机学会通讯,2012,8(10):38-41.
- 9 Izhak-Ratzin R, Park H, van der Schaar M. Reinforcement learning in bittorrent systems. INFOCOM, 2011 Proc. IEEE. IEEE. 2011.
- 10 赵健,安健.群智感知服务中一种面向有向一加权网络的社区发现算法.计算机应用研究,2014,31.
- 11 Vu K, Zheng R, Gao J. Efficient algorithms for k-anonymous location privacy in participatory sensing. INFOCOM, 2012 Proc.s IEEE. IEEE, 2012.
- 12 Wang XL, et al. Artsense: anonymous reputation and trust in participatory sensing. INFOCOM, 2013 Proc. IEEE. IEEE, 2013.