

# 基于 Spines 覆盖网络的流媒体并行传输研究

李睿睿, 周 熙, 郑相全, 叶久志  
(重庆通信学院, 重庆 400035)

**摘 要:** 以 Spines 覆盖网络通用平台为基础, 对流媒体数据多流并行传输的相关问题进行了研究。简要介绍了 Spines 网络, 根据流媒体实时并行传输的要求, 对 Spines 网络中的相关协议进行了改进, 并引入了具有 QoS 保证的覆盖网络多路路由策略、DHT 技术及 LEACH 协议。

**关键词:** Spines 覆盖网络; 流媒体; 并行传输; QoS 多路路由; DHT; LEACH 协议

中图分类号: TP393.04

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)07-0076-03

## Parallel transmission of streaming media based on spines overlay network

Li Ruirui, Zhou Xi, Zheng Xiangquan, Ye Jiuzhi  
(Chongqing Communication College, Chongqing 400035, China)

**Abstract:** Spines is a distributed universal overlay network which can support a higher QoS requirements of real-time multimedia services. This article studies the relevant issues of multi-media data streams flow parallel transmission based Spines overlay network platform. This paper briefly describes the Spines network. Then according to the request of streaming real-time parallel transmission, relevant agreements of Spines network has been improved. It also introduces the overlay network with QoS guarantee multiple routing strategy, DHT technology and LEACH protocol.

**Key words:** Spines overlay network; streaming media; parallel transmission; QoS multipath routing; DHT; LEACH protocol

随着互联网技术的不断发展, 流媒体技术(Streaming Media)日益成熟并普及。如今, 流媒体技术被广泛用于视频点播、视频直播和实时视频会议等实时服务领域, 为网络的发展注入了新的活力。但流媒体用户的急剧增加及其种类繁多的应用形式, 给现有的网络资源也带来了极大的负担。同时, 通用覆盖网络概念的提出, 使覆盖网络不再仅针对一项特定的应用。根据服务要求, 利用通用覆盖网络提供的一项或几项性能保证, 并以此为基础进行平台扩展, 可适应特定的某项应用。Spines 是目前较常用的一种通用覆盖网络平台, 可支持有较高 QoS 要求的实时流媒体服务。因此, 本文选择在 Spines 覆盖网络上对流媒体的多流并行传输进行研究。

### 1 Spines 覆盖网络<sup>[1]</sup>

Spines 是一种源代码公开的通用覆盖网络, 由约翰-霍普金斯大学的分布式网络实验室开发, 常被用于覆盖网络协议的测试和开发。

#### 1.1 Spines 软件结构

Spines 覆盖网络的每一个 Spines 节点由 Spines 覆盖

网络的一个覆盖节点与一个 Spines 的 Daemon 软件构成。它的结构分为用户层和覆盖网络节点层两个功能层次, 在每项应用中具体表现为: 会话层、覆盖网络节点层和覆盖链路层, 如图 1 所示。

会话层是覆盖网络上的应用程序接口, Spines 会话层为用户应用提供了应用程序接口。用户通过连接到 Daemon 进行会话建立, 如果需要与其他的用户进行端到端的可靠通信, Daemon 就会初始化端到端的会话模块, 并由 TCP 提供可靠连接。当用户要求进行尽力而为的通信时, 数据利用 UDP 传输, 而控制信息仍通过 TCP 来传输。因此, Spines 可利用会话模块管理两个终端应用之间数据的输入输出次序、端到端拥塞控制和流拥塞控制, 以降低丢包率, 提供端到端的可靠通信。

覆盖网络节点层则主要用于链路资源和网络拓扑的管理, 实现应用层数据的路由转发。每个覆盖节点负责保证与邻居节点的连接, 各邻居节点间通过不可靠 Hello 包, 定期互相发送 Ping 消息来检测彼此间的连接情况。Hello 协议为 Spines 相邻 Daemon 之间提供了创建、

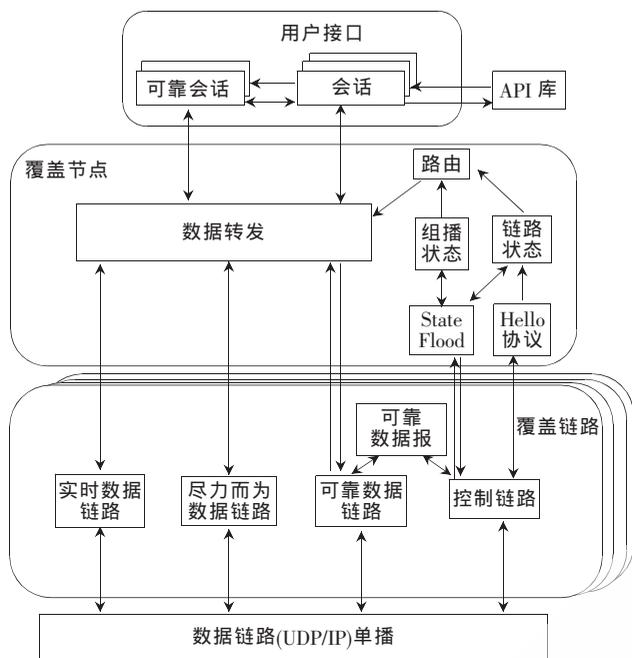


图1 Spines 软件结构

销毁、检测虚拟链路和测量链路的延时特性。同时，覆盖节点则需通过虚拟链路前向传输数据包或是传递信息给自己的客户。而 Spines 虚拟链路上的每一个数据前向转发器(Data-Forwarder)都会解析消息头，然后把它传向下一个链路或传给 Daemon 接口。为了实现不同的前向数据传输机制，Data-Forwarder 允许可靠会话和尽力而为会话。

而覆盖链路层是建立在 IP 网络基础上，通过 UDP 连接，可实现尽力而为数据链路、可靠数据链路、实时数据链路和控制链路四种虚拟链路。节点之间通过虚拟链路建立连接和发送数据。由于 Data Forwarder 支持实时链路、可靠链路或不可靠链路之间的任意结合使用，用户可根据具体的应用需求，选择更合适的链路传输数据。

## 1.2 Spines 主要协议

### (1) 逐跳传输协议

Spines 采用了逐跳传输协议，通过逐跳传输的方式实现逐跳的拥塞控制和丢包恢复，为 Spines 覆盖链路提供数据的可靠传输。由于使用存储转发的方式，特别在网络状况较差的情况下，当发生丢包时无需从发送端重传便能实现丢包恢复，较好地改进了传输性能。因此，可通过覆盖网络节点检测丢包，并执行重发，与端到端传输相比，具有较小的传输时延，减少了覆盖路由的开销，提高了链路的吞吐量。

### (2) 实时恢复协议

Spines 的实时恢复协议则进一步改善了实时传输的时延、丢包率和吞吐量等性能，可以支持对 QoS 有较高要求的实时多媒体业务，如 VoIP、视频会议等。

### (3) Spines 多播

Spines 结合 IP 多播的优点，实现了覆盖多播。Spines 多播支持同时有多个发送者和多个接收者的多播服务，并支持多个多播组。它使用 D 类的 IP 地址来定义一个多播组，当发送数据到某个多播组时，代表多播组地址作为目的地址。

### (4) Hello 协议

Hello 协议实现的功能主要有：通过类似 TCP 连接的“三次握手”机制，建立、拆除、检测 Spines 覆盖网络中邻居节点之间的连接；通过频率性的发送 Hello 包，测量邻居节点间链路的往返时间；根据 Hello 包所携带的丢包信息，计算链路的丢包率；使用 Hello 协议来更新路由代价。

### (5) State Flood 协议

State Flood 协议可实现 Spines 网络拓扑及多播信息的更新，采用“洪泛”的方式来向整个网络传播拓扑结构信息(Link State)和多播组信息(Group Pstate)。

## 1.3 Spines 优缺点分析

### (1) Spines 优点

Spines 的主要协议使其可以支持有较高 QoS 要求的实时流媒体业务，如 VoIP 和实时视频会议等。因此可将其作为通用覆盖网络平台，研究用于流媒体服务的覆盖网络性能、QoS 路由及多流并行技术等。Spines 与流媒体技术、QoS 路由、多流并行传输技术结合，可提供质量更好的实时流媒体服务。

### (2) Spines 缺点

由于每个 Daemon 连接不同数量的应用，且每个应用从 Daemon 中获取务的要求也不同，引起 Spines 的负载均衡问题。而 Daemon 之间采用的“洪泛”服务查询机制，当 Daemon 较多时，会产生网络拥塞问题。且当某一 Daemon 因故退出网络时，在它之间获取服务的应用所需要的服务并不能被其他 Daemon 发现，使 Spines 网络不能支持网络拓扑结构动态变化的问题。

目前要在 Internet 上传输流媒体数据，首先必须解决的三个最重要的问题包括：网络带宽的供不应求问题、流媒体数据的实时传输问题及多媒体数据流的强突发性问题。针对这些问题，结合 Spines 覆盖网络的优缺点，下面分别介绍基于 Spines 覆盖网络的流媒体多路路由方案及其改进方案。

## 2 基于 Spines 覆盖网络的流媒体多路路由方案

多路路由能有效利用物理网络资源，寻找源与目的端之间的多条路径，使数据遵循一定的策略在网络中传输。所以基于流媒体服务的覆盖网络采用多路路由方案可以整合不同网络信道上的剩余带宽，使流媒体数据在网络中传输的质量最大化，并提供比单路径路由更高的速率来传输数据，同时保证网络性能的稳定。近年来，国内外对覆盖网络及流媒体多路路由的研究逐渐向多元性、复杂性方向发展。

### 2.1 覆盖网络及流媒体多路由研究现状

参考文献[2]提出了利用多路径代替单路径的方法提高覆盖网络 QoS 性能;参考文献[3]提出了提高覆盖网络多路径路由吞吐量的方法;参考文献[4]分析了多路径路由的多路径相关性,提出了提高网络 QoS 应注意的几个问题,并以网络 SNR(Signal to Noise Ratio)为例提出了优化方法;参考文献[5]提出了如何使用多网络路径,利用合成带宽寻找最好的路径,从而提高媒体流可靠性的方法。而目前,对流媒体多路路由算法的研究主要有:MDC<sup>[6-7]</sup>、FGS<sup>[8]</sup>、MIRO<sup>[9]</sup>和一种新的覆盖网络视频流多路选择方案<sup>[10]</sup>等,但这些方案都没有综合考虑多路路由时路径之间的相关性问题。

### 2.2 基于 Spines 覆盖网络的流媒体多路路由

Spines 覆盖网络能稳定地提供较好的流媒体服务,但是其灵活性和动态性较差,无法满足网络拓扑结构的动态变化。Spines 中任一节点加入、退出或是失效都可能会引起整个网络的瘫痪,网络的可扩展性也较差。这也将无法满足日益增加的流媒体用户需求。相比之下,同样具有自组织结构的 P2P 网络则具有很高的耐攻击性和容错性。由于采用自组织的方式,P2P 网络可支持节点的动态加入和离开,且一般的 P2P 架构在出现节点失效时能够自动调整拓扑结构,保持其连通性。

而分布式哈希表(DHT)路由算法是 P2P 的核心技术,可高效合理地实现网络资源的索引及管理。在 Spines 网络的覆盖节点层中引入 DHT 技术,可提供一个具有高扩展性的节点命名、路由发现和更新机制。它通过为每一个实体指定唯一的标识,并通过路由表来确定本节点的邻节点,再向其邻节点传递消息。依此逐一通过多个节点的逐跳传输后到达目标节点,实现任意两节点间的通信。因此,在 Spines 覆盖网络中引入 P2P 核心技术 DHT 可实现一种完全自组织的分布式覆盖网络。

同时,为了合理地利用剩余带宽资源,解决网络资源贫乏的问题,在自组织的 Spines 覆盖网络中引入多路并行方案,可从源节点同时并行传输流媒体数据的多条数据流到目的节点,实现具有一定 QoS 保证的实时流媒体服务。

### 3 基于 Spines 覆盖网络的流媒体多路路由改进方案

随着分布式技术的发展,人们将更多的注意力投向分布式网络的可靠性及可用性。对分布式数据的管理问题成为分布计算领域的又一热点。本文引入了 LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)<sup>[11]</sup>协议,利用聚类首领机制有效抗击恶意攻击,增强网络的抗毁性,从而提高网络的可靠性。

#### 3.1 LEACH 协议

LEACH 是 MIT 的 Chandrakasan 等人为无线传感器网络设计的低功耗自适应聚类路由算法。相比一般的平面多跳路由协议和静态聚类算法,LEACH 可以将网络生

命周期延长 15%。LEACH 定义了“轮(Round)”的概念,一轮由初始化和稳定工作两个阶段组成。它主要通过随机机制选择聚类首领,平均分担中继通信业务来实现。为了避免额外的处理开销,稳定工作状态一般持续的时间相对较长。聚类首领选择机制为:在初始化阶段,将传感器节点生成 0~1 之间的随机数,若大于阈值  $T(n)$ ,则选该节点为聚类首领。 $T(n)$ 的定义如下:

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1-p \times \left(r \bmod \frac{1}{p}\right)}, & n \in G \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

其中, $p$ 为节点中成为聚类首领的百分数, $r$ 是当前的轮数, $G$ 是在过去的  $1/p$  轮没有被选择为聚类首领的节点的集合。

当聚类首领被选定,它们便主动向所有节点广播这一消息。依据接收信号的强度,节点选择它所加入的组,并告知相应的聚类首领。

在稳定工作阶段,节点持续采集监测数据,传给聚类首领,进行必要的融合处理之后,发送到 Sink 节点。因此,这是一种减小通信业务量的合理工作模式。在持续一段时间后,整个网络进入下一轮工作周期,重新选择聚类首领。由于节点是根据信号的强弱来加入相应的组,所以当恶意攻击者采用 Hello Flood 大功率进行广播时,大量的节点都想加入到该组中。接着恶意节点采用诸如选择重发、修改数据包等其他的攻击方法,来达到攻击的目的。但采用这种聚类首领的产生机制,节点可以通过 Svnil 攻击增加自己被选择为首领的机会,从而抵制恶意攻击。

#### 3.2 基于 Spines 覆盖网络的流媒体多流并行传输

基于 LEACH 协议的原理,通过周期性的选择聚类首领,将集中的数据访问合理地分布到不同的节点和网络路径上,利用不同的聚类首领平衡网络的负载,从而有效地解决热点问题,提高系统性能。

根据以上分析,提出了基于 Spines 覆盖网络平台的流媒体端对端的多流并行实时传输方案,以改进流媒体服务系统并行传输的 QoS,如图 2 所示。

流媒体实时服务	
QoS 多路路由方案	
P2P 核心 DHT 技术	LEACH 协议
Spines 覆盖网络	
Internet infrastructure	

图 2 基于 Spines 覆盖网络的流媒体多路并行传输架构图

图 2 中,以现有 Internet 设施为基础,在应用层的主机上运行 Spines 节点软件,构建 Spines 覆盖网络,通过覆盖网络的协调工作,实现了具有一定 QoS 保证的流媒体实时应用。其中结合了 DHT 技术、LEACH 协议及 QoS 多路路由方案等。

本文以 Spines 覆盖网络为基础网络平台,对流媒体实时并行传输的 QoS 多路路由进行了研究。一方面,引入 DHT 技术,有效提高了 Spines 覆盖网络的可扩展性;另一方面,引入 LEACH 协议的聚类首领机制,有效提高了网络的可靠性和可用性。但 Spines 的实时传输要求逐跳的时延不能太大,否则就难以发挥逐跳传输的优势。这里就有一个参数折衷的问题。同时节点的加入、离开造成链路性能的动态变化,覆盖网络 QoS 多路路由算法对可用带宽的测量也是一个问题。随着宽带网络及 3G 网络的普及,对基于覆盖网络的流媒体传输的 QoS 问题的研究也越来越重要。

#### 参考文献

- [1] The Spines Overlay Network. <http://www.spines.Org.com>. [2010-12-01].
- [2] Pi Renjie, Song Junde. Multi-path transmission based on overlay network [C]. Proceedings of the 18th International Conference on AINA, IEEE, 2004.
- [3] MARK B L, Zhang Shidong. A multipath flow routing approach for increasing throughput in the Internet [C]. IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing, PacRim 2007, 2007:21-24.
- [4] MAURO A D, SCHONFELD D, CASETTI C. A peer-to-peer overlay network for real time video communication using multiple paths [C]. IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2006:921-924.
- [5] JURCA D, PETROVIC S, FROSSARD P. Media aware routing in large scale networks with overlay [C]. IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2005.
- [6] APOSTOLOPOULOS J G. Reliable video communication over lossy packet networks using multiple state encoding and path diversity [C]. Video Communication and Image Processing. VCIP'01, 2001.
- [7] Lin Shuna, Wang Yao, Mao Shiwen. Video transport over ad hoc networks using multiple paths [C]. IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 2002.
- [8] Zhou Jian, Shao Huairong, Chia Shen, et al. Multi-path transport of FGS video[C]. Proceeding of Packet Video Workshop, 2003.
- [9] Xu Wen, REXFORD J. MIRO: multi-path interdomain routing[C]. Proceedings of the 2006 Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications, SIGCOMM'06, New York, USA, 2006.
- [10] Ma Zheng, Shao Huairong, Shen Chia. A new multi-path selection scheme for video streaming on overlay networks [C]. Proceeding of IEEE International Conference on Communication, 2004.
- [11] HEINZELMAN W, CHANDRAKASAN A, BALAKRISHNAN H. Energy-efficient communication protocols for wireless microsensor networks [C]. Proceedings of Hawaiian International Conference on Systems Science, January, 2000.

(收稿日期:2010-12-13)

#### 作者简介:

李瑞睿,女,1987年生,硕士研究生,主要研究方向:无线自组织网,无线网络传输协议及计算机网络。

周熙,男,1972年生,博士,副教授,研究生导师,主要研究方向:网络协议与通信。

郑相全,男,1972年生,在读博士后,副教授,主要研究方向:无线自组网与通信。