

支持媒体多径中继传输的 IMS 会话协商机制

张 伟, 雷为民, 李广野, 关云冲
(东北大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110819)

摘 要: 针对 IMS (IP multimedia subsystem) 目前尚不支持媒体多径中继传输模式, 提出一种支持媒体多径中继传输的 IMS 会话协商管控机制. 将多径传输功能以一种业务形式引入至 IMS 系统, 将基于应用层中继的多径传输框架 MPTS-AR 与 IMS 系统相结合, 使得 IMS 网络侧能够对媒体传输进行多径管理. 结果表明, 所提方法不仅最大程度地重用 IMS 现有的网络架构, 保护 IMS 系统的已有资金投入, 提高方案可实施性; 而且使得 IMS 网络侧有能力为用户提供差异化的媒体传输服务质量.

关 键 词: 多径传输; IP 多媒体子系统; 会话协商; 应用层中继; 中继传输

中图分类号: TP 393 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-3026(2015)11-1548-06

A Session Negotiation Mechanism in IMS Supporting Relay-based Media Multipath Transport

ZHANG Wei, LEI Wei-min, LI Guang-ye, GUAN Yun-chong

(School of Information Science & Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China. Corresponding author: ZHANG Wei, E-mail: zhangwei1@ise.neu.edu.cn)

Abstract: Due to IMS (IP multimedia subsystem) does not support media relay-based multipath transmission mode at present, a session negotiation mechanism in IMS supporting media relay-based multipath transport was presented. Multipath transmission function was introduced to IMS system in a form of service. The multipath transport framework based on application-layer relay was combined with IMS system seamlessly. The network side of IMS was enabled to manage media multipath transmission process. The proposed mechanism not only maximize the reuse of existing IMS network infrastructure to protect the early capital investment and improve the scheme's practicability, but also enable the network side of IMS to have the ability to provide users with differentiated media transmission quality.

Key words: multipath transport; IP multimedia subsystem (IMS); session negotiation; application-layer relay; relay-based transport

IMS (IP multimedia subsystem) 是 3GPP (3rd generation partnership project) 引入的多媒体通信标准体系, 目前已被确认为下一代网络 (next generation network, NGN) 的核心架构^[1]. IMS 体系结构强调“业务网和承载网相分离、信令过程和媒体传输相分离”, 主要依赖承载网络提供服务质量保障的媒体传输业务^[2-3]. IMS 采用 SIP (session initiation protocol)^[4] 等协议, 定义了较为完善的会话信令控制消息和过程. 从目前运营商部署和运营 IMS 业务的情况看, IMS 应用总体上

还处于初级阶段且进展缓慢, 其技术层面还存在诸多问题, 特别是 IMS 媒体传输技术模式落后, 难以适应和支撑快速成长的宽带通信应用需求. 随着 IMS 标准的推进, IMS 已被认为是包括移动、固网、固移融合网络在内的各类电信业务网络的核心技术支撑. 此时承载网进行端到端的 QoS 控制变得更加复杂, 而且基于传统路由技术构建的单径传输模式也限制了高带宽需求的 IMS 应用的发展.

若业务媒体满足并发传输条件, 相比单径传

输模式,多径传输模式可显著提升媒体业务服务质量保证能力^[5].传统 IP 网络中数据传输主要依赖基于网络层缺省路由的单一路径,如果在网络层或者传输层实现多径传输,则需要对现有大量的网络或者终端设备进行硬件升级或者网络协议栈更新,面临着大规模部署的问题^[6-8].实现多径传输的一种有效方式是基于应用层重叠网络方式.作者前期提出了基于应用层中继的多径传输系统框架 MPTS-AR^[9-11],通过在网络中部署大量中继节点为终端之间的媒体传输提供多径条件.MPTS-AR 是一种基于 IP 网络的与业务无关的多径传输方案.

目前,IMS 尚不支持媒体多径中继传输模式.本文提出一种支持媒体多径中继传输的 IMS 会话协商管控机制,通过在 IMS 系统中引入多径传输业务,将 MPTS-AR 融入到 IMS 系统中,使得 IMS 网络侧能够对媒体传输进行管理,比如授权管理、路径管理、计费管理等.一方面,最大程度地重用 IMS 现有网络架构,保护 IMS 系统的已有资金投入,提高方案可实施性;另一方面,通过对注册过程和会话建立过程进行多径传输业务授权,使得 IMS 网络侧有能力为用户提供差异化的媒体传输服务.

1 MPTS-AR

MPTS-AR 框架如图 1 所示,定义了 3 种选

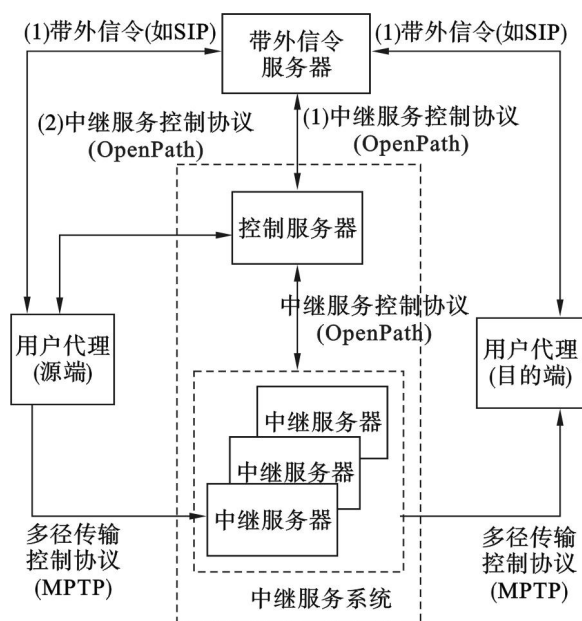


图 1 基于应用层中继的多径传输框架结构

Fig. 1 The general framework structure of multipath transport system based on application-level relay

辑实体,包括控制服务器、中继服务器和用户代理;还定义了相关协议,包括控制平面的中继服务控制协议 OpenPath 和数据平面的多径传输控制协议 (multipath transport protocol, MPTP). OpenPath 用于管理中继服务器组成的重叠网络以及中继路径;MPTP 规范经由中继路径进行多径传输的行为,采用协议族的形式,包括多个特定应用 MPTP,旨在满足多种上层应用的传输需求.

控制服务器和中继服务器组成了中继服务系统,联合起来为通信端点提供多径传输服务.控制服务器是 MPTS-AR 框架的核心,负责管理中继服务系统中的所有中继服务器,并为有通信需求的终端分配一条或多条经由中继服务器的中继路径.控制服务器与其他组件之间的通信遵循中继服务控制协议 OpenPath.中继服务器根据本地存储的路径表进行数据包的路由以及转发.中继服务器无需关心端到端的传输需求,仅提供 UDP 转发服务,不但其行为得到大大简化,而且使得 MPTS-AR 框架能够支持多种应用类型的端到端传输需求.

用户代理是一个位于终端设备的逻辑实体,负责为上层应用提供数据的多径传输功能.如图 1 所示,用户代理可采用 2 种可选方式收集备选的中继路径:一种方式,用户代理利用在通信端点之间建立会话的带外信令获取备选路径,带外信令服务器需要加以扩展以支持 OpenPath 协议所提供的接口;另一种方式,用户代理使用 OpenPath 协议直接与控制服务器交互,从而获得备选中继路径.第一种方式的优点是可以避免控制服务器和用户代理之间的大量连接,节省资源同时保证了系统可扩展性,另外,通过限制只与可信任的带外信令服务器之间通信,可以提升控制服务器的安全性.

2 支持多径传输的 IMS 协商机制

2.1 多径传输业务

由于业务的需求是不断变化和增加的,IMS 体系结构通过会话控制与业务处理相分离实现了业务开放性,加速新业务的引入.IMS 核心网只提供基本业务连通功能以及完善的业务触发管理机制.

为了最大程度地重用现有网络系统,本文将媒体多径中继传输的功能以一种 IMS 通用业务的形式加以提供,称之为多径传输业务.多径传输业务是指为 IMS 客户端之间或者 IMS 客户端与应用服务器之间的媒体传输提供多径传输而设置

的业务. IMS 网络中的终端用户和应用服务器可以选择是否签约多径传输业务, 签约了多径传输业务的终端用户也可以为每次注册在线或者每次会话选择是否使用多径传输业务.

2.2 支持多径传输业务的 IMS 网络架构

支持多径传输业务的 IMS 网络架构如图 2 所示, 为简单起见, 图中仅给出了与多径传输业务相关的功能组件, 包括多径传输业务控制功能 (multipath transport service control function, MPT-SCF)、媒体中继控制功能 (media relay control function, MRCF)、媒体中继处理功能 (media relay process function, MRPF) 和 IMS 核心 (IMS core).

MRCF 和 MRPF 分别对应 MPTS-AR 框架中的控制服务器和中继服务器. 根据网络拓扑和用户规模, 运营商决定在每个 IMS 核心网中部署 MRPF 的位置和个数. IMS 核心在原有基础上增加对多径传输业务的触发功能, 在终端或者应用服务器注册和会话建立拆除过程中, 将 SIP 消息路由至 MPT-SCF. MPT-SCF 是 IMS 支持媒体多径传输功能的执行点, 包括对注册和会话建立过程进行多径传输业务的授权、与 MRCF 交互进行中继路径的分配和释放、利用信令交互过程向通信双方发布中继路径信息等. IMS 客户端和应用服务器需要在已有基础上扩展 MPTS-AR 用户代理的功能.

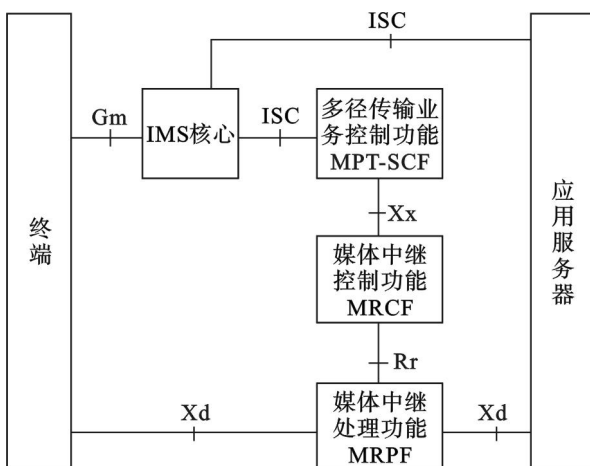


图 2 支持多径传输业务的 IMS 网络架构
Fig. 2 IMS network architecture supporting multipath transport service

IMS 系统基于归属域中的业务控制来实现业务提供, 即所有信令消息均通过归属域中的 S-CSCF 进行路由. MPT-SCF 与 S-CSCF 之间采用 ISC 接口相连. MRCF 与 MPT-SCF 和 MRPF 之间分别采用新定义的 Xx 和 Rr 接口, 遵循 MPTS-AR 中的 OpenPath. 终端和应用服务器与

MRPF 之间采用 Xd 接口, 遵循 MPTP 协议.

2.3 多径传输业务控制功能 MPT-SCF

MPT-SCF 的功能结构如图 3 所示.

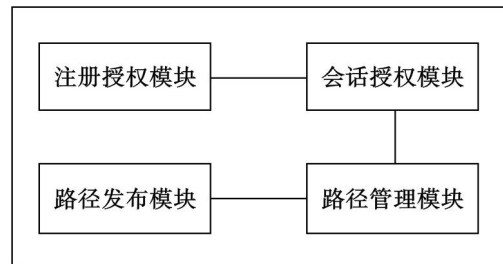


图 3 MPT-SCF 的功能结构
Fig. 3 The functional structure of MPT-SCF

2.3.1 注册授权模块

在注册过程中, 注册授权模块从 SIP REGISTER 消息中获取多径传输能力标签, 进行多径传输业务的注册授权. 注册授权策略可以根据用户签约信息和/或者本地策略进行制定. SIP 协议易于扩展新的属性或者头域用于支持新的需求, 本文选用扩展新 SIP 头域方式用于表明多径传输能力, 格式为

P-Capability-Set: label [, label].

其中 label 参数为能力标签, 多径传输业务的标签值为 mpts-ar. 后续工作只需扩展新能力标签即可扩展新的处理能力. 具有多径传输能力的 IMS 客户端或者应用服务器需要在 SIP 协议的 REGISTER, INVITE/200OK, BYE 等消息中携带此头域.

2.3.2 会话授权模块

在会话建立过程中, 会话授权模块获取会话发起方和会话接收方的用户标识, 进行多径传输业务的会话授权. 在会话拆除过程中, 会话授权模块从会话拆除请求消息中提取会话标识, 检查此会话是否使用了多径传输业务. 会话授权策略可以根据会话双方用户的签约信息和/或者此会话所协商的媒体流信息和/或者本地策略进行判断.

2.3.3 路径管理模块

当会话授权成功时, 此模块为会话分配中继路径: ①从 INVITE 消息中获取会话标识, 以及需要使用多径传输业务的一个或多个媒体流信息, 媒体流信息包括流标识、流类型、流方向、会话发起方地址和端口、会话接收方地址和端口等; ②请求 MRCF 为每个单向的媒体流分配一条或多条中继路径, MRCF 将中继路径信息回送给 MPT-SCF. 中继路径信息包括路径标识符、路径优先级、源端的对端地址和端口、目的端的对端地址和

端口等. 在会话拆除过程中, 此模块请求 MRCF 释放中继路径. 路径管理模块可以一次性地、逐个媒体流地或者逐条路径地释放为此会话分配的中继路径.

2.3.4 路径发布模块

路径发布模块通过会话建立过程中的信令消息将中继路径信息传递给会话双方. IMS 系统利用 SIP 协议的 INVITE/200OK/ACK 三次握手过程与 SDP 协议的 Offer/Answer 机制, 完成会话和媒体协商过程. 本文扩展一个新的 SDP 媒体级属性用于携带中继路径信息, 格式如下:

```
relay-path-attr = "a=" relay-path-label ":" direction SP priority SP path-id SP nh-address CRLF
relay-path-label = "relay-path"
direction = "s" | "r"
nh-address = addrtype ":" address ":" port
addrtype = "IP4" | "IP6"
```

其中: direction 表示中继路径的传递方向; “s” 代表信令接收者作为媒体源端的中继路径信息; “r” 代表信令接收者作为目的端的中继路径信息; priority 表示路径优先级; path-id 表示路径标识符; 当 direction 值为 “s” 时, nh-address 表示源端发送媒体的目的地址, 当 direction 值为 “r” 时, nh-address 表示目的端接收媒体的来源地址.

3 原型系统及实验分析

3.1 原型系统

本文给出支持媒体多径中继传输 IMS 原型系统的一种实现. 其中, MRPF 和 MRPF 即为 MPTS-AR 中的控制服务器和中继服务器. IMS 客户端除了在已有基础上扩展 MPTS-AR 用户代理的功能之外, 还需要按照 2.3 节对原有 SIP 和 SDP 协议加以扩展, 协议栈结构如图 4 所示.

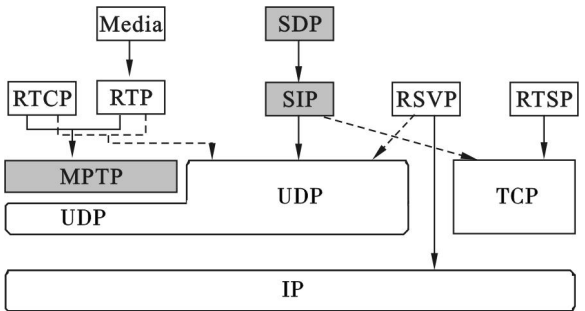


图 4 IMS 客户端协议栈结构
Fig. 4 The protocol stack structure of IMS UE

MPT-SCF 选用开源项目 Kamailio. Kamailio 是一个高性能的可配置的 SIP 服务器, 采用灵活的模块化机制, 可方便扩展新模块来实现特定功能. 本文扩展一个新模块 multipath, 提供 MPT-SCF 特有的多径传输处理功能, 包括以下几个函数:

1) register_mpts_auth(). 负责对注册消息 REGISTER 进行多径传输业务授权, 并根据授权结果生成并回送注册响应消息.

2) session_mpts_auth(). 负责对会话建立消息 INVITE 进行多径传输业务授权. 负责对会话拆除消息 BYE 进行检查来判断此会话是否使用了多径传输业务.

3) start_mpts_session(). 若会话建立过程中的多径传输业务授权通过, 则对相应的 INVITE 及其 200OK 调用此函数. 从 INVITE 或 200OK 中提取会话标识以及需要使用多径传输业务的一个或多个媒体流信息, 向 MRPF 请求分配中继路径并将中继路径信息写入 SIP 消息.

4) end_mpts_session(). 若会话使用了多径传输业务, 则对该会话的 BYE 调用此函数, 请求 MRCF 释放中继路径.

3.2 信令流程

图 5 给出了支持多径传输业务的 IMS 系统

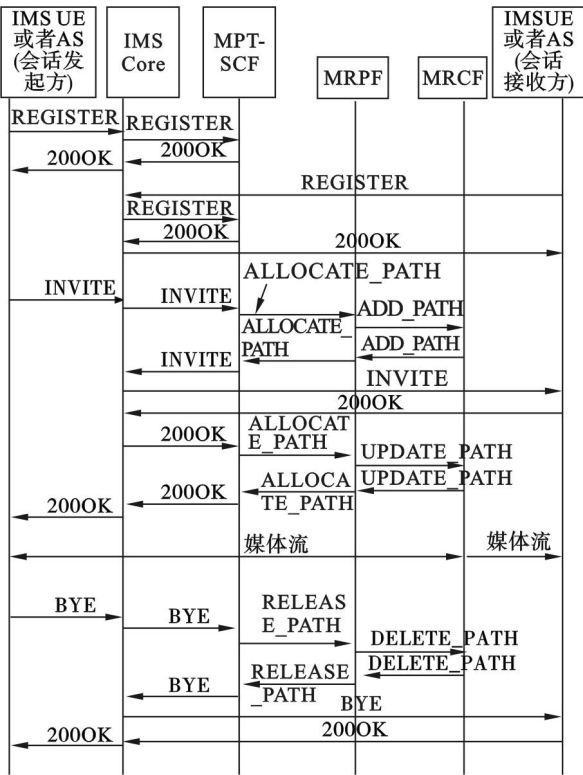


图 5 支持多径传输业务的 IMS 会话协商流程图
Fig. 5 IMS session negotiation supporting multipath transport service

注册和会话建立拆除过程. 在注册过程中, IMS 核心对 REGISTER 进行常规处理, 然后依据 REGISTER 中是否携带多径传输能力标签或者其他策略来决定是否将其转发给 MPT-SCF. MPT-SCF 对 REGISTER 进行多径传输业务的注册授权.

在会话建立过程中, IMS 核心对 INVITE 进行常规处理, 然后依据 INVITE 是否携带多径传输能力标签或者其他策略来决定是否将其转发给 MPT-SCF. MPT-SCF 对 INVITE 进行多径传输业务的会话建立授权. 若授权失败, MPT-SCF 将不做修改的 INVITE 回送给 IMS 核心; 否则, 与 MRFC 交互为此会话分配中继路径, 并将中继路径信息插入到 INVITE 回送给 IMS 核心. IMS 系统对 INVITE 的 200OK 响应作同样的处理. 在会话拆除过程中, IMS 核心依据 BYE 中是否携带多径传输能力标签或者其他策略来决定是否将其转发给 MPT-SCF. MPT-SCF 与 MRFC 交互释放所分配的中继路径.

3.3 媒体多径传输性能分析

本文探讨 IMS 系统中多径带宽容量和带宽差异对媒体多径传输性能的影响. 用 S 表示源端的带宽需求, x_j 表示源端第 j 条可用中继路径的网络带宽. 设 $\alpha = x_1/S$, 即 α 表示第 1 条中继路径

的带宽与源端的带宽需求之间的比值, α 值越大表明第 1 条中继路径具有越多的带宽资源. 第 j 条中继路径的带宽是第 1 条中继路径带宽的 $1/j^\beta$ 倍, $0 \leq \beta \leq 1$, β 称为倾斜因子. $\beta = 0$, 各路径带宽资源相同. 随 β 的增加, 路径带宽分布越不均匀. 其他路径传输质量参数相同, 丢包率为 1%, 传输延时服从正态分布模型, 其标准差和均值分别为 2 ms 和 20 ms.

图 6 给出了目的端用户代理所接收媒体数据的总丢包率随 α 和中继路径个数 k 的变化情况, 包括倾斜因子 β 分别取值 0, 0.5 和 1 的 3 种情况. 从图 6a 可以看出: 对于给定的 k , 总丢包率随 α 的增加而降低, 这是因为 α 的增加意味着所有中继路径的带宽均增加, 同时总丢包率的降低幅度随 α 的增加而变小, 意味着多条路径并发传输所带来的带宽聚合功能对于带宽受限的应用场景是非常重要的; 对于给定的 α , 总丢包率均随着 k 的增加而降低, 这是因为多条路径并发传输可以有效地提供带宽聚合功能, 同时丢包率的降低幅度随 k 的增加而变小, 意味着较小的 k 值(比如 2 或 3)即可获得多径传输的大部分性能增益. 以上结论对图 6b 和图 6c 依然成立, 意味着不管多条中继路径的带宽分布是否均匀, 多径传输带来的带宽聚合功能依然表现良好.

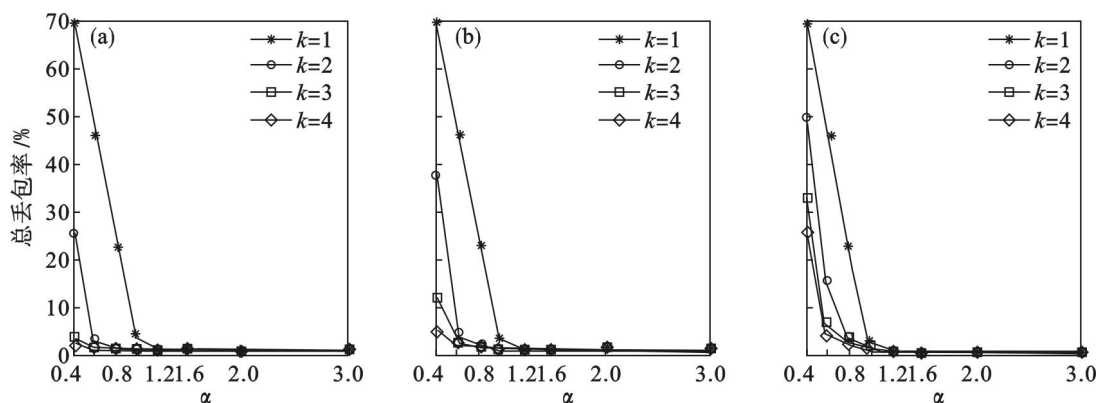


图 6 总丢包率随 α 和 k 的变化 ($\beta=0, 0.5, 1$)

Fig. 6 Total packet loss rate versus α and k when $\beta=0, 0.5$ or 1

(a) $\beta=0$; (b) $\beta=0.5$; (c) $\beta=1$.

4 结 语

针对 IMS 媒体传输技术限制了高带宽需求应用发展的问题, 提出了支持媒体多径中继传输的 IMS 会话协商机制. 充分利用 IMS 体系所具有的会话控制与业务处理相分离的业务开放性特

点, 将媒体多径传输功能以一种通用业务的形式引入至 IMS 系统. 通过引入多径传输业务, IMS 网络侧能够对媒体多径传输进行管理, 比如授权管理、路径管理、计费管理等. 通过对注册过程和会话建立过程进行多径传输业务授权, 使 IMS 网络侧能够为用户提供差异化的媒体传输服务质量.

(下转第 1557 页)