



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110621040 B

(45) 授权公告日 2021.02.02

(21) 申请号 201911020062.8

H04L 12/707 (2013.01)

(22) 申请日 2019.10.24

H04L 12/801 (2013.01)

H04L 29/06 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110621040 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2019.12.27

CN 109716818 A, 2019.05.03

CN 109716818 A, 2019.05.03

(73) 专利权人 北京大学

CN 102791045 A, 2012.11.21

地址 100871 北京市海淀区颐和园路5号

CN 109104479 A, 2018.12.28

(72) 发明人 许辰人 倪蕴哲 钱风

CN 109218186 A, 2019.01.15

CN 108075987 A, 2018.05.25

(74) 专利代理机构 北京海虹嘉诚知识产权代理有限公司 11129

Yunzhe Ni, Chenren Xu. Poster: A

代理人 何志欣

Multipath Transport Multihoming Mobile Relay.《MobiSys '18, June 10-15, 2018, Munich, Germany》.2018,全1页.

(51) Int. Cl.

H04W 28/02 (2009.01)

H04W 28/06 (2009.01)

H04W 40/02 (2009.01)

审查员 项丹丹

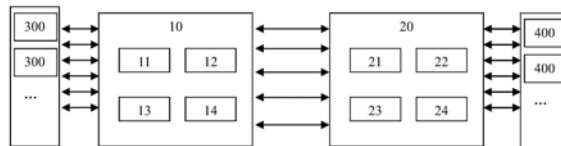
权利要求书2页 说明书14页 附图1页

(54) 发明名称

一种实现多路并行传输通信的方法和系统

(57) 摘要

本发明涉及一种实现多路并行传输通信的系统及方法,该系统至少包括介于第一终端和第二终端的通信路径之间且相对于所述第一终端和所述第二终端均信息不可知的至少两个通信模块,其中,至少两个所述通信模块以不改变原始信息传输路径的网络堆栈的方式将拆分后的数据包按照与所述数据包的特征匹配的调度算法来进行多路径并行传输至彼此。本发明能够实现内核绕过,很容易地部署在操作IT系统上,而无需进行任何更改。



1. 一种实现多路并行传输通信的系统,其特征在於,所述系统至少包括介于第一终端和第二终端的通信路径之间且相对于所述第一终端和所述第二终端均信息不可知的至少两个通信模块,

其中,至少两个所述通信模块以不改变原始信息传输路径的网络堆栈的方式将拆分后的数据包按照与所述数据包的特征匹配的调度算法来进行多路径并行传输至彼此,其中,

所述通信模块包括至少一个处理器,所述处理器至少包括第一调度模块(14),所述第一调度模块(14)按照预设的数据流重组规则将所述通信模块接收的若干数据包进行关联合并以得到数据,所述通信模块将合并后的数据通过通信接口发送给与其数据连接的终端,其中,

预设的数据流重组规则为:基于长期历史数据和短期历史数据将不同源的网络性能数据信息进行融合评估,并且将符合融合阈值范围的数据信息进行信息融合,其中,

所述长期历史数据为存储于基于位置感知的至少一日的历史网络性能数据库内的数据,所述短期历史数据为短期时间阈值内监测到的第一通信模块和/或第二通信模块的网络性能数据;

所述融合评估的方式是来自多个来源的加权平均值的最小方差无偏估计。

2. 如权利要求1所述的实现多路并行传输通信的系统,其特征在於,所述通信模块包括至少一个处理器、存储器和至少两个通信接口,其中,所述处理器执行所述存储器存储的至少一个计算机可读指令的操作行为,所述操作行为包括:

所述处理器通过原始套接字从用户空间中接收和发送任何源IP的数据包,以在单独的网络命名空间中提取所述数据包且多路径并行发送的方式来与所述第一终端与所述第二终端之间的原始数据信息的原始传输路径并列,使得所述第一终端与所述第二终端对所述通信模块的存在处于所述信息不可知的状态。

3. 如权利要求2所述的实现多路并行传输通信的系统,其特征在於,所述处理器至少包括第一信息收听模块(11)、第一路径管理模块(12)、第一分流策略模块(13)和第一调度模块(14),

所述第一路径管理模块(12)将由所述信息收听模块(11)通过原始套接字接口从用户空间中接收的原始数据信息拆分成的若干数据包按照所述第一调度模块(14)基于调度算法统计的数据包传输路径进行多路径并行发送,其中,

所述第一调度模块(14)基于所述第一分流策略模块(13)提供的分流策略、上下文数据源的上下文特征以及至少一种调度算法确定所述数据包的传输路径以及路径两端的通信接口。

4. 如权利要求3所述的实现多路并行传输通信的系统,其特征在於,第一分流策略模块(13)基于预设或运行时动态分配的分流统计算法将所述数据包进行多维度分类以进行与并行的多路径传输状态相匹配的分流。

5. 如权利要求4所述的实现多路并行传输通信的系统,其特征在於,所述上下文特征至少包括:

路径上下文,涉及第一通信模块和第二通信模块之间的数据流的端到端聚合性能;

连接上下文,涉及在连接级别上影响QoE优化的因素的枚举,

第三方上下文,来自内部、外部库或终端应用程序模块的排除所述路径上下文和所述

连接上下文的任何上下文。

6. 如权利要求5所述的实现多路并行传输通信的系统,其特征在于,在所述通信模块主动收听第一终端和所述第二终端传输路径之间的原始数据信息的情况下,第一信息收听模块(11)在以不干预原数据流的方式收听数据信息后将原始信息数据的数据包主动丢弃。

7. 如权利要求6所述的实现多路并行传输通信的系统,其特征在于,至少一个第一通信模块设置在与所述第一终端连接的第一通信设备中,至少一个第二通信模块设置在与所述第二终端连接的第二通信设备中,从而所述第一通信设备与所述第二通信设备通过与原始数据传输路径不同的若干并行的多路径来传输数据,

其中,所述第一通信模块与所述第二通信模块分别感知所述第一通信设备和所述第二通信设备在高速移动过程中的网络性能的动态变化,并且响应于所述网络性能的动态变化而优化数据分流的调度规则。

8. 如权利要求7所述的实现多路并行传输通信的系统,其特征在于,至少两个所述通信模块之间的数据包在多路径并行传输过程中,每个路径能够自行选择所用的数据传输协议。

9. 一种实现多路并行传输通信方法,其特征在于,实施该方法的系统至少包括介于第一终端和第二终端的通信路径之间且相对于所述第一终端和所述第二终端均信息不可知的至少两个通信模块,所述方法的步骤包括:

至少两个所述通信模块以不改变原始信息传输路径的网络堆栈的方式将拆分后的数据包按照与所述数据包的特征匹配的调度算法来进行多路径并行传输至彼此,其中,

所述通信模块包括至少一个处理器,所述处理器至少包括第一调度模块(14),所述第一调度模块(14)按照预设的数据流重组规则将所述通信模块接收的若干数据包进行关联合并以得到数据,所述通信模块将合并后的数据通过通信接口发送给与其数据连接的终端,其中,

预设的数据流重组规则为:基于长期历史数据和短期历史数据将不同源的网络性能数据信息进行融合评估,并且将符合融合阈值范围的数据信息进行信息融合,其中,

所述长期历史数据为存储于基于位置感知的至少一日的历史网络性能数据库内的数据,所述短期历史数据为短期时间阈值内监测到的第一通信模块和/或第二通信模块的网络性能数据;

所述融合评估的方式是来自多个来源的加权平均值的最小方差无偏估计。

一种实现多路并行传输通信的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及通信技术领域,尤其涉及一种实现多路并行传输通信的方法和系统。

背景技术

[0002] 常规虚拟专用网络 (VPN) 使用隧道发送、加密和认证来提供两个或更多个设备之间的安全通信。例如,客户端计算设备可以连接到VPN服务器,并且客户端计算设备可以经由VPN服务器通过公网网络(诸如公共互联网)与专用网络上的设备安全的通信。尽管VPN技术相对安全,任由可能会危及VPN安全。例如,“中间人”攻击可能会导致危及数据安全。在这种攻击中,恶意行为者可能能够不会跨VPN连接传送的数据,攻击者可能能够将数据引入连接。

[0003] 移动设备通常具有多个无线和其他网络接口,并且许多设备具有同时连接到多个网络的能力。客户端设备使用优选网络(诸如WiFi网络)而非更昂贵的移动数据连接,可以建立到VPN服务器的VPN网络。

[0004] 当前互联网发展迅速,由互联网使用人群的高速增长,带来了无限尤其是无限宽带技术的大规模使用,以及引发的移动用户和移动终端数量快速增长,多宿主技术的广泛使用,使得一对(源,目的)之间往往有多条可达路径,由此可以检出整个互联网规模日益庞大,互联网也日益呈现高复杂度、高冗余度的特征。而且,数据中心从传统的树形结构到FatTree、Bcube等体系结构的提出,使得服务器之间的通信存在多条路径,这些都表明互联网之间的多路径通信结构的客观存在。

[0005] 许多移动终端存在多个信号,如3G、LTE、WiFi等。移动终端可以通过不同的信号进行网络传输,当从一种信号切换到另一种信号时,传输回终端,需要建立新的连接,导致鲁棒性很差。

[0006] 例如智能手机、手表和平板电脑这类移动设备具有不断增加的数据传输要求。它们通常还支持多技术多频带网络,并且通常配备有可在多个许可和未许可频带中运行的多LTE、HSPA、WiFi收发器。另外,在将来必然还会分配新的(共享的)频带。通过在并行的无线路径上实现多路径数据传递,可以利用通过多个无线电接口进行通信的能力。与传统的单路径范例相比,使用多个路径来传递数据可以让数据吞吐量和路径可靠性得到显著提高,并且能够降低延迟。

[0007] 目前,多路径通信所面临的巨大问题是需要修改用户设备的网络堆栈。在这方面,虽然从理论上讲,现代诸如智能电话和平板电脑的移动设备能够支持例如LTE、HSPA、WiFi收发器的多技术多频带网络。但是,在实际上,目前的用户设备如果直接更改其通信协议而形成多路径通信都需要修改网络堆栈。更具体地,需要UE解锁和/或超级用户访问其操作系统。例如,LWIP(与IPSec隧道的LTE WLAN无线电级别集成)和LWA(LTE WLAN聚合)等网络层解决方案需要修改路由表和IPSec隧道的管理。又例如,公告号为CN103004167B的中国专利文献公开了一种无线通信的方法包括:使用第一IP地址通过第一MPTP路径与服务器进行通信;使用第二IP地址通过第二MPTP路径与该服务器进行通信,其中通过第二MPTP路径与该

服务器的通信经由第二IP地址的无线节点;以及通过对等通信与该无线节点进行通信。但是,这种基于MPTCP(多路径传输控制协议)的传输层解决方案必须要替换网络堆栈的整个传输层。即,如果要支撑MPTCP,需要客户端和服务器都要支持MPTCP。而升级网络堆栈,涉及到对现在使用的设备的内核改造,其涉及面广,对一些设备进行内核改造后还可能面临着保修失效的问题,导致作为现行标准的MPTCP协议难以部署。再例如,SCTP流控制传输协议甚至与当前的应用程序编程接口不兼容,使得其更难于被实施。综上,导致目前的多路径通信实际上并未得到很好地推广和应用。因此,有必要对现有技术进行改进。

[0008] 不仅如此,高速铁路(HSR)系统正在积极改变人们通勤中长途旅行的方式。然而,它们在为车上乘客提供无缝互联网服务方面也带来了前所未有的挑战。最近的研究表明,在高速公路350公里/小时的情况下,切换(和TCP中断)每8.6秒发生一次,与列车静止时相比,TCP吞吐量下降超过80%。多载波移动中继提出了用于带宽聚合和/或链路故障缓解的网络架构元素和解决方案。虽然它展示了其在低移动性(例如,公交车)场景中的功效,但HSR上极其频繁的网络中断使得最先进的多路径传输解决方案(即MPTCP)无法充分利用网络资源,由于其对切换的适应性差一子流中的突发丢包和长时间的RTT会使连接级别的乱序延迟比单路径TCP长。除此之外,作为所有有机载乘客的代理,移动中继应该优化聚合用户体验而不是任何单个用户体验,而目前没有实现这一目标的实际解决方案,尤其是从应用程序无关的角度来看。

[0009] VPN在通过MPTCP建立连接时,如果VPN客户端与VPN服务器端之间的连接采取MPTCP协议,那么存在两个问题:1,MPTCP依赖于内核改造,涉及面广,部署难度大,软件编程难度高;2,在根据MPTCP的多路径连接中,由MPTCP协议自身决定路径选择,对网络健康状况响应迟钝;倘若强行采用MPTCP,则存在其他困难,比如因MPTCP存在于内核之中,故将网络健康状况数据发送至内核时需要大量时钟开销,造成性能损失,而且会造成内核的潜在数据攻击点和系统软件安全漏洞。

[0010] 此外,一方面由于对本领域技术人员的理解存在差异;另一方面由于发明人做出本发明时研究了大量文献和专利,但篇幅所限并未详细罗列所有的细节与内容,然而这绝非本发明不具备这些现有技术的特征,相反本发明已经具备现有技术的所有特征,而且申请人保留在背景技术中增加相关现有技术之权利。

发明内容

[0011] 针对现有技术之不足,本发明提供一种实现多路并行传输通信的系统,其特征在于,所述系统至少包括介于第一终端和第二终端的通信路径之间且相对于所述第一终端和所述第二终端均信息不可知的至少两个通信模块,其中,至少两个所述通信模块以不改变原始信息传输路径的网络堆栈的方式将拆分后的数据包按照与所述数据包的特征匹配的调度算法来进行多路径并行传输至彼此。本发明设置信息不可知的优势在于,能够实现内核绕过,很容易地部署在操作IT系统上,而无需进行任何更改。优选的,本发明还可以在所述第一通信模块中禁用反向路径过滤的操作,让用于将数据包转发到第一终端或第二终端的子通信模块接受本发明生成的任何源IP的数据包,由此产生的安全风险将与正常运行的程序隔离开来。不仅如此,本发明的系统能够在自己的命名空间中进行管理。本发明使得三个运营商(如果合作良好)不仅可以将覆盖率提高到99%以上,而且还可以聚合,从而具有巨

大潜力的带宽。

[0012] 根据一个优选实施方式,所述通信模块包括至少一个处理器、存储器和至少两个通信接口,其中,所述处理器执行所述存储器存储的至少一个计算机可读指令的操作行为,所述操作行为包括:所述处理器通过原始套接字从用户空间中接收和发送任何源IP的数据包,以在单独的网络命名空间中提取所述数据包且多路径并行发送的方式来与所述第一终端与所述第二终端之间的原始数据信息的原始传输路径并列,使得所述第一终端与所述第二终端对所述通信模块的存在处于所述信息不可知的状态。

[0013] 根据一个优选实施方式,所述处理器至少包括第一信息收听模块、第一路径管理模块、第一分流策略模块和第一调度模块,所述第一路径管理模块将由所述第一信息收听模块通过原始套接字接口从用户空间中接收的原始数据信息拆分成的若干数据包按照所述第一调度模块基于调度算法统计的数据包传输路径进行多路径并行发送,其中,所述第一调度模块基于所述第一分流策略模块提供的分流策略、上下文数据源的上下文特征以及至少一种调度算法确定所述数据包的传输路径以及路径两端的通信接口。

[0014] 根据一个优选实施方式,第一分流策略模块基于预设或运行时动态分配的分流统计算法将所述数据包进行多维度分类以进行与并行的多路径传输状态相匹配的分流。其中,第一信息收听模块从内核收听数据包的过程中完成格式转换。这就意味着,网络接口控制器始终得到相同格式的数据,而不需要对各种协议进行识别并应对各类复杂数据格式分流的优势在于,以流为单位管理数据包,从而提高数据的传输效率。不属于第一终端的数据仍然由第一通信模块所在的通信设备按既定方式处理,例如该通信设备仍然可以具备其他功能如发送结算用控制信息,所以本发明的产品部署方便,不会干预原通信设备的既有功能。

[0015] 根据一个优选实施方式,所述上下文源特征至少包括:路径上下文,涉及所述第一通信模块和所述第二通信模块之间的数据流的端到端聚合性能;连接上下文,涉及在连接级别上影响QoE优化的因素的枚举,第三方上下文,来自内部、外部库或终端应用程序模块的排除所述路径上下文和所述连接上下文的任何上下文。第一调度模块、第二调度模块依据连接上下文分别监视在流量和用户级别传输的活动时间和字节,以进行共流调度和基于优先级/公平性考虑的带宽保证。

[0016] 根据一个优选实施方式,所述第一调度模块按照预设的数据流重组规则将所述通信模块接收的若干数据包进行关联合并以得到数据,所述通信模块将合并后的数据通过通信接口发送给与其数据连接的终端。数据流重组规则的优势在于,将长期历史数据与短期历史数据结合来进行融合评估,通过短期历史数据来校准长期历史数据,使得数据的调度更准确。因为短期历史数据反映了当前TCP拥塞状态、无线传输条件和CELL负载的影响,从而提供了良好的校准基础。

[0017] 根据一个优选实施方式,在所述通信模块主动收听第一终端和所述第二终端传输路径之间的原始数据信息的情况下,第一信息收听模块在以不干预原数据流的方式收听数据信息后将原始信息数据的数据包主动丢弃。丢弃原始数据信息不仅有利于降低存储器的存储量,并且使得原始数据信息原本要通过的传输路径的TCP/IP协议栈不对原始数据信息包含的TCP/IP协议数据包做出响应。即,本发明的两个通信模块之间形成的并行的多路径传输方式代替原始数据信息的传输路径的TCP/IP协议栈处理数据,因此不会引发冲突。

[0018] 根据一个优选实施方式,至少一个第一通信模块设置在与所述第一终端连接的第一通信设备中,至少一个第二通信模块设置在与所述第二终端连接的第二通信设备中,从而所述第一通信设备与所述第二通信设备通过与原始数据传输路径不同的若干并行的多路径来传输数据,其中,所述第一通信模块与所述第二通信模块分别感知所述第一通信设备和所述第二通信设备在高速移动过程中的网络性能的动态变化,并且响应于所述网络性能的动态变化而优化数据分流的调度规则。

[0019] 根据一个优选实施方式,至少两个所述通信模块之间的数据包在多路径并行传输过程中,每个路径能够自行选择所用的数据传输协议。通过灵活设置数据传输协议建立静态多路径数据传输网络的优势在于,每个数据包都能够以最灵活的方式,以最快的速度到达目的端,而不会由于路径堵塞形成数据延迟。而且,本发明通过消除连接的建立开销(例如,慢启动)立即使短流受益,特别是在高损耗环境中。通过这种方式,每个路径上的流量变得更加“密集”,从而带来更好的带宽利用率。

[0020] 本发明还提供了一种实现多路并行传输通信方法,其特征在于,实施该方法的系统至少包括介于第一终端和第二终端的通信路径之间且相对于所述第一终端和所述第二终端均信息不可知的至少两个通信模块,所述方法的步骤包括:至少两个所述通信模块以不改变原始信息传输路径的网络堆栈的方式将拆分后的数据包按照与所述数据包的特征匹配的调度算法来进行多路径并行传输至彼此。

附图说明

[0021] 图1是本发明的实现多路并行传输通信的系统的框架示意图;

[0022] 图2是通信模块的其中一种实施方式的示意图;和

[0023] 图3是通信模块的信息收听过程的示意图。

[0024]	10: 第一通信模块	20: 第二通信模块
[0025]	11: 第一信息收听模块	12: 第一路径管理模块
[0026]	13: 第一分流策略模块	14: 第一调度模块
[0027]	21: 第二信息收听模块	22: 第二路径管理模块
[0028]	23: 第二分流策略模块	24: 第二调度模块
[0029]	300: 第一终端	400: 第二终端
[0030]	30: 原始套接字接口	40: 上下文数字源
[0031]	50: 传输层接口	60: 内核协议栈
[0032]	110: 网络适配器	120: 第一虚拟网络适配器
[0033]	130: 第二虚拟网络适配器	200: 处理器

具体实施方式

[0034] 下面结合附图进行详细说明。

[0035] TCP (Transmission Control Protocol): 传输控制协议,是一种面向连接的、可靠的、基于字节流的传输层通信协议,由IETF的RFC793定义。

[0036] TCP BBR (Bottleneck Bandwidth and RTT): 由谷歌提供的新的TCP拥塞控制算法,其目的就是要尽量跑满带宽,并且尽量不要有排队的情况。

[0037] QoE(Quality of Experience):指用户感受到的完成整个过程的难易程度。

[0038] RTT:表示路径往返延迟。

[0039] 实施例1

[0040] 首先,考虑到高铁的挑战性和高度波动的网络条件,数据传输路径的设置和传输方法应该提供良好的性能。其次,应尽量减少客户移动设备上所需的更改,或者理想情况下不应更改。第三,本发明的多路径数据传输应为其他组件提供强大的基础设施支持,例如位置感知组件和跨层分析组件。

[0041] 本发明的数据路径对于用户端的应用程序或服务器是不可知的。本发明的多路径传输的数据转发方法,通过从全局视图合并蜂窝网络动态和应用程序规范来调度数据包,以实现聚合的QoE优化。

[0042] 本发明涉及一种实现多路并行传输通信的系统。该系统至少包括介于第一终端和第二终端的通信路径之间且相对于第一终端和第二终端均信息不可知的至少两个通信模块。其中,至少两个通信模块以不改变原始信息传输路径的网络堆栈的方式将拆分后的数据包按照与数据包的特征匹配的调度算法来进行多路径并行传输至彼此。

[0043] 本发明的第一终端、第二终端和通信模块皆指程序而非计算机。通信模块可以泛指第一通信模块10或者第二通信模块20。这使得本发明的装置的功能更加丰富。优选的,本发明的通信模块可以是独立的通信设备,也可以搭载在原有的通信设备中。若将通信模块部署于网络用户持有的设备上,如手机等,则本装置可以利用手机上的多个蜂窝网络设备、Wi-Fi网络设备和Bluetooth模块中的至少一个同时进行通信。由此,以提高用户上网质量。与将通信模块部署于用户设备同理,将通信模块部署于服务器主机上,则可以在不修改服务器程序的情况下为服务器增加多路传输功能。

[0044] 优选的,第一终端300可以是客户端,例如,手机、电脑、智能设备等等。第二终端400可以是服务器端或服务器组群。例如,协同定位服务器组。通信模块可以是独立的服务器、服务器群组,也可以是载有相关计算机指令、计算机算法的集成芯片、处理器和/或存储器及其组件集合。

[0045] 优选的,在实际应用中,可以将第一通信模块部署于贴近用户的各个网络边界节点,如高铁或其他公共场所提供的Wi-Fi控制器上,更具体地,比如,作为高铁、公共汽车或者巴士上的无线通信信号提供设备,无线通信信号提供设备例如是Wi-Fi路由器。第一通信模块的部署位置的部署策略是:若部署者拥有多条访问网络的路径一般指拥有多个网络服务提供商ISP提供的服务,而同时使用多条路径提供网络服务可以获得比用户直接访问网络更高的性能或更低的费率,则可以进行部署。而第二通信模块则可以部署于各大云服务提供商,各大CDN处。第二通信模块的部署策略是:应当尽量靠近实际的服务器位置,部署多个第一通信模块的意义一般是使得用户数据在以传统路由方式传输时一定会经过第一通信模块,从而可以被收听;部署多个第二通信模块的意义一般是性能的调优,即可以通过第二通信模块的位置选择使得用户与第一通信模块、第一通信模块与第二通信模块、第二通信模块与服务器之间的延迟之和最小。在进行如上的部署后,假设用户在不同公共场所分别使用了服务器位于北京和广州的两种网络应用,则由于部署了多个第一通信模块,用户可以在不同的场所都享受多路数据传输服务;而由于部署了多个第二通信模块,用户可以在使用服务器位于北京的网络应用时选取部署在北京的第二通信模块,在使用服务器位于

广州的网络应用时选取部署在广州的第二通信模块,从而使用户使用两种不同应用时都获得最高的性能,若只在北京部署,则访问广州的服务器时会产生北京到广州的传输延时,反之亦然。一个优选实施方式可以参见图1,比如,第一通信模块可以是设于高铁上的Wi-Fi路由器,用于为高铁上的乘客提供通信网络。一个或者多个客户端300可以通过Wi-Fi信号无线连接于第一通信模块10。第二通信模块20可以部署于提供通信服务的通信服务商的通信服务器主机上。第二通信模块20可以通信连接于一个或者多个服务器400。一个或者多个服务器400可以是指应用程序的提供商的服务器。比如,QQ、百度或者UC浏览器的服务器。

[0046] 优选的,通信模块设置有若干通信组件,其中包括实体的网络接口控制器和虚拟网络接口控制器。优选的,通信模块包括由彼此不同的至少两个通信服务商提供的子通信模块。通信模块可以基于多个子通信模块来进行并行的多路径通信。

[0047] 优选的,通信模块包括至少一个处理器、存储器和至少两个通信接口。优选的,处理器执行存储器存储的至少一个计算机可读指令的操作行为。操作行为包括:处理器通过原始套接字从用户空间中接收和发送任何源IP的数据包,以在单独的网络命名空间中提取数据包且多路径并行发送的方式来与第一终端与第二终端之间的原始数据信息的原始传输路径并列,使得第一终端与第二终端对通信模块的存在处于信息不可知的状态。即,第一终端和第二终端对于原始数据信息在传输路径中的路径改变感知不到。现有技术中,MPTCP涉及内核改造与中间件不兼容,因此中间件承载的IT操作系统,例如Linux,需要内核改造才能支持MPTCP。本发明设置信息不可知的优势在于,能够实现内核绕过,很容易地部署在操作IT系统上,而无需进行任何更改。优选的,本发明还可以在第二通信模块中禁用反向路径过滤的操作,让用于将数据包转发到第一终端或第二终端的子通信模块接受本发明生成的任何源IP的数据包,由此产生的安全风险将与正常运行的程序隔离开来。不仅如此,本发明的系统能够在自己的命名空间中进行管理。本发明使得三个运营商(如果合作良好)不仅可以网络信号覆盖率提高到99%以上,而且还可以聚合,从而具有巨大潜力的带宽。

[0048] 至少一个第一通信模块设置在与所述第一终端连接的第一通信设备中,至少一个第二通信模块设置在与所述第二终端连接的第二通信设备中,从而所述第一通信设备与所述第二通信设备通过与原始数据传输路径不同的若干并行的多路径来传输数据。其中,所述第一通信模块与所述第二通信模块分别感知所述第一通信设备和所述第二通信设备在高速移动过程中的网络性能的动态变化,并且响应于所述网络性能的动态变化而优化数据分流的调度规则。

[0049] 优选的,第一通信设备设置在第一终端的数据传输必须经过的路径上,第二通信设备可以设置在任意位置,只需要能通过任意路径接收第一通信设备发出的数据即可。

[0050] 具体地,例如,多个子通信模块的通信服务可以由分别由中国移动、中国联通、中国电信和中国铁通中的至少两个或者至少三个通信服务商提供。优选的,第一通信设备与第二通信设备可以设置在同一个通信服务商的网络中,也可以设置在不同的通信服务商的网络。假设,第一通信模块上搭载了中国移动、中国联通和中国电信的子通信模块,例如是物联网卡。第一通信模块可以通过原始套接字从用户空间中接收和发送任何源IP的数据包,以在单独的网络命名空间中提取数据包,将数据包分流地通过中国移动、中国联通和中国电信的物联网卡(SIM卡)发出。这里仅仅是举例,在不同的国家和地区,根据当地实际的通信服务商的不同,可以采用相应的通信服务商。至少两个通信服务商为多个不同子通信

模块提供通信服务。通信服务商在高铁的运营线路周边部署的通信基站的位置彼此不同,以使得多个不同子通信模块在随高铁位置发生变动之时因与各自对应的通信基站形成彼此不同的通信条件而具有彼此不同的网络性能。网络性能可以是指数据收发能力。通信模块感知不同子通信模块在随高铁运动过程中的网络性能的动态变化,响应于不同子通信模块的网络性能的动态变化而优化数据分流的调度规则以提高数据传输效率。

[0051] 优选的,第一通信模块与第二通信模块之间通过TCP数据连接形成数据流通道。优选的,TCP有效载荷和控制数据都被封装到传输层中的传输路径。选择TCP数据连接形成数据流通道的优势在于,TCP具有持久的长寿命。在传输路径上选择TCP BBR实现拥塞控制,以便本质上减少端到端延迟和数据包丢失。

[0052] 如图1所示,第一通信模块与第二通信模块对称设置。第一通信模块与第二通信模块为相同结构和功能的模块。第一通信模块中的处理器至少包括第一信息收听模块11、第一路径管理模块12、第一分流策略模块13和第一调度模块14。优选的,第一信息收听单元11可以通信连接于原始套接字接口30和/或第一路径管理模块12。第一路径管理模块12可以通信连接于传输层接口50。第一调度模块14可以通信连接于第一分流策略模块13和/或上下文数据源40。本发明中的各个模块可以是承载有相关功能的集成芯片、处理器、服务器以及服务器组。第一信息收听模块11为具有收听信息功能的集成芯片、处理器、服务器以及服务器组。第一路径管理模块12为具有缓存及发送数据功能,或者执行相关计算机指令的集成芯片、处理器、服务器以及服务器组。第一分流策略模块13为具有分流、分类功能或者执行相关计算机指令的集成芯片、处理器、服务器以及服务器组。第一调度模块14为具有调度功能。或者基于调度算法执行相关第一调度模块14。

[0053] 第二通信模块与第一通信模块的结构相同。即,第一信息收听模块11、第一路径管理模块12、第一分流策略模块13和第一调度模块14分别与第二信息收听模块21、第二路径管理模块22、第二分流策略模块23和第二调度模块24分别相同。

[0054] 第一信息收听模块11用于通过原始套接字接口从用户空间中接收原始数据信息并拆分成若干数据包。优选的,在通信模块主动收听第一终端和第二终端传输路径之间的原始数据信息的情况下,第一信息收听模块11在以不干预原数据流的方式收听数据信息后将原始信息数据的数据包主动丢弃。丢弃原始数据信息不仅有利于降低存储器的存储量,并且使得原始数据信息原本要通过的传输路径的IT系统的内核协议栈不对原始数据信息包含的TCP/IP协议数据包做出响应。即,本发明的两个通信模块之间形成的并行的多路径传输方式代替原始数据信息的传输路径的TCP/IP协议栈处理数据,因此不会引发冲突。如图2所示,原始套接字接口30用于收听用户发往服务器的数据或者服务器发往用户的数据,其与内核协议栈60之间的关系为:原始套接字接口30是内核协议栈60向用户空间开放的数据包收听接口,与标准套接字不同,原始套接字接口30内的数据包不经过内核协议栈处理。通过调用该接口可以实现数据包收听功能。第一信息收听模块11调用原始套接字接口30获取来自多个用户/服务器的原始数据信息,根据数据包包头对用户进行识别。其中,第一信息收听模块11从内核收听数据包的时候进行格式转换,使得网络接口控制器始终得到相同格式的数据,而不需要对各种协议进行识别并应对各类复杂数据格式。第一路径管理模块12用于缓存来自第一信息收听单元11的数据,以及对数据进行发送。第一分流策略模块13用于对每个用户使用多路传输连接的方式进行管理。优选的,第一分流策略模块13基于预

设的或运行时动态分配分流统计算法将数据包进行多维度分类以进行与并行的多路径传输状态相匹配的分流。多维度分类包括用户使用多路传输连接时的优先度、该用户的数据在多路传输连接中的各个连接上的分配方式、依据是否为TCP/IP协议而进行分类等。分流的优点在于,第一分流策略模块以流的方式管理数据包,从而提高多路径的数据传输效率。优选的,分流统计算法包括连接顺序调度算法、数据顺序调度算法和传输路径调度算法中的至少一个。

[0055] 优选的,分流统计算法是从存储的若干分流统计算法种选取和动态分配的。动态分配分流统计算法的优点在于,能够基于实际情况调节分流统计算法,避免按照预设的分流统计算法进行机械分流而导致的数据流堵塞的缺陷。

[0056] 优选的,第一调度模块14基于第一分流策略模块13提供的分流策略、上下文数据源的上下文特征以及至少一种调度算法确定数据包的传输路径以及路径两端的通信接口。如图2所示,上下文数据源40提供可扩展的各种调度算法可用的数据。上下文数据源40提供的数据来源可以是内核,也可以是用户空间。第一调度模块14通过读取第一分流策略模块13发送的每个用户连接的分流策略以及上下文数据源40提供的数据决定第一路径管理模块12应当将用户数据发往的传输连接或者子通信模块、通信接口。第一路径管理模块12将由第一信息收听模块11发送的若干数据包按照第一调度模块14基于调度算法统计的数据包传输路径进行多路径并行发送。

[0057] 优选的,每个路径的流量分配策略性地由两个调度模块执行。第一调度模块设置在第一通信模块中,用于上行链路流量调度。第二调度模块设置在第二通信模块中,用于下行链路流量调度。第一调度模块和第二调度模块分别在数据包和流量层上共同考虑多径和多用户调度的多个因素或上下文。例如,一个连接的重注数据包可以分发到多个接口以改善无序延迟,或者在总体流量负载较轻时,多个连接可以尽可能多地共享最佳接口。即,第一调度模块和第二调度模块基于多个维度协调上下文数据以进行上下文的调度,从而提高多个传输路径对于第一虚拟收发器或第二虚拟收发器的共享率。

[0058] 本发明的第一调度模块,第二调度模块采用微服务式架构来组织和协调所有独立开发的上下文生成器,以将丰富的上下文数据合并到数据驱动的分组调度中。优选的,第二调度模块内设置有上下文数据管理器,上下文数据管理器允许上下文生成器注册其上下文类型,并提供数据包调度程序或其他上下文生成器使用的实例。

[0059] 优选的,上下文数据源的上下文源特征至少包括:路径上下文、连接上下文和第三方上下文。

[0060] 路径上下文,涉及第一通信模块和第二通信模块之间的路径内的数据流的端到端聚合性能。例如,每秒吞吐量、路径往返延迟等参数。优选的,还可以在每个路径上设置收集数据的跟踪数据包,并根据需要自定义计算统计数据的方法,来获得路径上下文。

[0061] 连接上下文,涉及在连接级别上影响QoE优化的因素的枚举,例如,流量/流量类型和完成百分比。优选的,本发明的第一调度模块、第二调度模块依据连接上下文对HTML文件进行优先级排序,以减轻关键路径中的HoL。优选的,第一调度模块、第二调度模块依据连接上下文分别监视在流量和用户级别传输的活动时间和字节,以进行共流调度和基于优先级/公平性考虑的带宽保证。

[0062] 第三方上下文,来自内部、外部库或终端应用程序模块的排除路径上下文和连接

上下文的任何上下文。例如,实时切换信号和PHY层带宽,CELL-ID(小区识别码)和信号强度。优选的,第一调度模块、第二调度模块依据来自每个路径的套接字获取拥塞窗口进行拥塞感知接口调度。

[0063] 优选的,第一通信模块的若干通信接口和第二通信模块的若干通信接口以彼此非唯一对应连接的方式建立来进行彼此交换资源和信息的静态多路径数据传输网络。优选的,静态多路径数据传输网络包括若干静态传输路径。各个静态传输路径能够灵活配置,至少两个通信模块之间的数据包在多路径并行传输过程中,每个路径能够自行选择所用的数据传输协议。例如采用不同协议或堵塞控制算法。优选的,数据传输路径网络是第一通信模块和第二通信模块按照握手方式建立连接的。每条静态多路径数据连接仅由一个第一通信接口和一个第二通信接口构成。并且,每个第一通信接口与若干第二通信接口分别建立静态多路径数据连接。反向同理,每个第二通信接口与若干第一通信接口分别建立静态多路径数据连接。建立静态多路径数据传输网络的优势在于,每个数据包都能够以最灵活的方式,以最快的速度到达目的端,而不会由于路径堵塞而形成数据延迟。优选的,路径的形式多种。例如,在第一通信模块中,来自应用程序的上行TCP数据被分段并封装成报文,然后将报文分发到路径上。例如,具有持久的长寿命TCP连接视为路径。每条报文都有一个小报头,其中包含其应用程序连接ID,长度和序列号。在接收到消息时,第二通信模块通过提取数据来重新组合数据包,并基于连接ID将其转发到第二终端。下行链路流量的处理方式类似,但方向相反。本发明中,控制数据(例如,TCP SYN,FIN和RST)也被封装到控制报文中以实现应用程序连接管理。本发明利用长寿命TCP路径的优势在于,可以通过消除连接的建立开销(例如,慢启动)立即使短流受益,特别是在高损耗环境中。通过这种方式,每个路径上的流量变得更加“密集”,从而带来更好的带宽利用率。

[0064] 优选的,如图3示出了第一通信模块10接收数据的一种实施方式。第一通信模块所在的第一通信设备中还具有网络适配器110、第一虚拟网络适配器120和第二虚拟网络适配器130。其中,第一通信模块10在运行时可以创建第一虚拟网络适配器120和/或第二虚拟网络适配器130。第一通信模块10和第二虚拟网络适配器130构成了处理器200。网络适配器110可以依次通信连接于第一虚拟网络适配器120和第二虚拟网络适配器130。第一虚拟网络适配器120不在处理器200内运行。第二虚拟网络适配器130在处理器200内运行。对于实体主机上的配置改动仅限于将用户数据发送至第一通信模块10所在的处理器200和将来自第一通信模块10的数据发送给用户,最小化了可能的系统配置冲突。在处理器200中运行时,具有潜在风险的系统配置改动将不会在实体主机上进行,降低了潜在的安全风险。优选地,第一通信设备上对外发送的数据的通信模块可以是实体的网络适配器110。图示中网络适配器110可以是或者可以包含至少两个子通信模块。优选地,在第二通信设备上部署有第二通信模块20的情况下,第一通信模块10收听第一通信设备上原本要通过第一通信设备和第二通信设备原有途径的原始数据信息并发送的数据的处理可以包括:S110:网络适配器110将TCP数据包发送给第一虚拟网络适配器120且将非TCP数据包发送给内核协议栈60;S120:第一虚拟网络适配器120把TCP数据包发送给第二虚拟网络适配器130;S130:第一通信模块10在第二虚拟网络适配器130上抓取TCP数据包;和/或S140:处理器200根据配置在TCP数据包被第一通信模块10读取后且内核IP协议栈之前将之丢弃。抓包是指复制而非转移数据包。故进行抓包后第一通信模块10获得的是TCP数据包的副本,原TCP数据包必须被

丢弃,否则仍然会进入内核IP协议栈。

[0065] 优选的,第一通信模块将数据包通过并行的多路径传输至第二通信模块20。与第一调度模块功能相同的第二调度模块24按照预设的数据流重组规则将第二通信模块接收的若干数据包进行关联合并以得到数据。第二通信模块将合并后的数据通过通信接口发送给与其数据连接的第二终端。具体地,第二通信模块的若干通信接口通过多路径接受到若干数据包。第二调度模块按照预设的数据流重组规则将第二通信模块接收的若干数据包进行关联合并,重新获得第一终端发送的原始数据信息。第二调度模块将恢复的原始数据信息通过通信接口发送至第二终端。

[0066] 优选的,预设的数据流重组规则为:基于长期历史数据和短期历史数据将不同源的网络性能数据信息进行融合评估,并且将符合融合阈值范围的数据信息进行信息融合。其中,长期历史数据为存储基于位置感知的至少一日的历史网络性能数据库内的数据。短期历史数据为短期时间阈值内监测到的第一通信模块和/或第二通信模块的网络性能数据,例如,吞吐量、路径往返延迟等。长期历史数据表明了数据传输过程中的确定性连通模式,但由于TCP拥塞状态、信号强度和蜂窝负载等因素,不同日期获取的数据可能会出现较大的动态变化。这种变化能够通过短期历史数据来缓解。因为短期历史数据反映了当前TCP拥塞状态、无线传输条件和CELL负载的影响,从而提供了良好的校准基础。

[0067] 优选的,预设的信息重组规则的融合评估方式为:

$$[0068] \quad E = \frac{\sum_i \frac{v_i}{\sigma_i^2}}{\sum_i \sigma_i^{-2}},$$

[0069] 其中E是估计TCP的性能指标, v_i 是信息源i的值, σ_i^2 是信息源i的方差。本发明的信息重组规则的融合评估方式,是来自多个来源的加权平均值的最小方差无偏估计。权重是与方差成反比的归一化指标,或权重与置信度成线性关系。优选的,本发明使用长期经验数据的置信度值作为 σ_i^2 的倒数,并将吞吐量样本的方差作为 σ_i^2 用作短期历史数据。

[0070] 优选的,基于位置感知的历史网络性能数据库采用“Key-Value”键值分布式存储数据库,根据关键字(Key)取值(Value),具有极高的并发读写能力。优选地,历史网络性能数据库的关键字问题是如何根据蜂窝信息设计有效的网络性能查找的关键字。优选地,现有技术一般采用稻草人解决方案。稻草人解决方案是直接将瞬时的蜂窝信息(小区识别和RSRP值)映射至TCP性能。这种解决方案可能会导致关键字部分出现两个问题。首先,由于无线信道不断地经历快速衰落,因此在不同日期的相同位置处产生的RSRP跟踪可能显著不同。其次,由于不仅移动设备可以日常切换到同一物理位置的不同蜂窝小区,而且还有路由上的重复小区识别码,因此小区识别码和列车的物理位置之间的映射是不确定的。优选地,可以按照如下步骤构建历史网络性能数据库:基于获取的信号数据进行处理以构建信号参数数据;基于信号参数数据构建用于网络性能预测的性能数据;基于多个网络之间的断开连接模式构建切换数据。通过该设置方式,在关键字设置部分小区识别码基于对应的数据类型取不同的值(Value),从而避免上述所提到的关键字与值对应不匹配的问题。

[0071] 优选地,性能数据和切换数据构建基于位置感知预测多个网络性能的长期历史数据。优选地,数据库向第一路径管理模块12传递性能数据和切换数据。优选地,数据库至少

包括信号参数数据、性能数据以及切换数据。其中，信号参数数据以及切换数据的关键字设置为小区识别码。切换数据对应的值为对应预测的切换失败或中断相关的数据。信号参数数据的值为相关RSRP识别码。优选地，性能数据的关键字为RSRP识别码。优选地，性能数据对应的值为网络性能参数，例如吞吐量、RTT、丢包率等。优选地，信号数据指的是实时获取的蜂窝信号数据，例如LTE数据。信号数据可以通过中间设备内部或者外部提供实时信号数据，例如MobileInsight不仅能够提供实时切换信号和PHY层的带宽，还可以提供小区识别码和信号强度。

[0072] 优选地，切换数据为第一路径管理模块12提供相关网络切换的信息。优选地，可以按照如下步骤构建切换数据：基于断开连接时间的判断而将多个网络之间的切换判定为表示成功的第一切换数据、表示失败的第二切换数据、表示中断的第三切换数据。优选地，在移动场景下，移动通信网络的切换会出现三种情况：

[0073] 1、成功：通过该过程成功接收到所有切换控制信号，并且网络断开连接时间通常小于100ms，TCP无法感知。

[0074] 2、失败：发送（并记录）从UE到基站的切换请求，但是在另一个方向上，即基站到UE的切换命令丢失。断开连接时间的中位数为1秒，断开连接时间的95%分位数可达5秒。

[0075] 3、中断：一般发生在UE突然失去蜂窝覆盖范围的情况下，例如进入隧道，或没有基站部署的区域。断开连接时间的中位数为3秒，断开连接时间的90%分位数为10秒。与切换失败不同，UE将无法在中断中看到任何切换请求日志。

[0076] 优选地，切换数据至少可以将表示预测切换失败的第二切换数据以及预测切换中断的第三切换数据反馈至第一路径管理模块12。通过该设置方式，除了要预测高度动态变化的网络性能之外，由切换失败和中断导致的断开连接是降低网络性能的另一个关键因素。通过在高速移动的场景下向第一路径管理模块12提供相关的切换信息，能够避免第一路径管理模块12将数据包分发到需要长时间断开连接的通信路径上。

[0077] 根据一种优选实施方式，第一路径管理模块12按照如下步骤对获取的信号数据进行处理以构建信号参数数据：基于获取的信号数据将不同制式的信号参数跟踪独立，从而分离物理位置和网络位置的依赖关系。通过该设置方式带来的有益效果是：由于在同一条路由上，每个运营商的信号切换策略和结果在不同的时间可能会有很大的差异，因此通过在历史网络性能数据库的查询过程设计为以每个运营商独立匹配为基础，分离物理位置和网络位置的依赖关系，能够提高数据库分析和查询效率。

[0078] 优选地，将获取的信号数据中对应的每个小区识别码的信号参数跟踪按照第一时间和重叠窗口的方式分割为若干跟踪条目。优选地，信号参数跟踪可以是RSRP跟踪。将RSRP跟踪以第一时间为单位分割成若干小段。重叠窗口是指每两个小段之间的重叠部分。通过该设置方式，在短时间内使用信号跟踪作为搜索历史网络性能的关键的一部分。尽管每个蜂窝小区的整个RSRP追踪不太可能完全重复，但局部趋势可能仍然遵循物理规则因此，我们将所有RSRP跟踪分成若干跟踪条目，然后按小区识别码对它们进行分组。通过收集多天的数据跟踪，以枚举的方式来获取大多数情况。

[0079] 根据一种优选实施方式，可以按照如下步骤基于信号参数数据构建用于网络性能预测的性能数据：基于信号参数数据中存储的与小区识别码关联的至少一天内的跟踪条目与该小区识别码关联的新输入的跟踪条目之间的距离度量进行最佳匹配以生成性能数据。

优选地,距离度量可以是欧几里德距离。通过该设置方式,能够通过欧几里德距离度量两个跟踪条目的相似性,而两个跟踪条目相似的网络也应具有相似的性能。

[0080] 优选地,在跟踪条目进行匹配的情况下,第一路径管理模块12返回自跟踪条目匹配之前的位于第二时间内的性能数据。优选地,由于蜂窝数据收到TCP性能预测存在时间延迟,因此需要采用前瞻性查询的方式来提高网络性能预测的可靠性。时间延迟至少包括高达200ms的蜂窝芯片延迟、上行链路延迟以及预测匹配算法的执行时间。优选地,第二时间可以是以上延迟的总时间,例如5秒。

[0081] 根据一种优选实施方式,在至少一个关于小区识别码的距离度量的最小值大于第一阈值的情况下,数据库通过向第一路径管理模块12反馈置信值以作为参考,从而量化性能数据的可靠性。优选地,置信值被计算为 N_{-1}/K ,其中 N_{-1} 是小于经验阈值的顶部 K 最小距离的计数。优选地,由于RSRP段的输入可能与通过上述匹配得到的性能参数差异较大,或者欧几里德距离的值较大,导致相似性较低,预测的网络性能不可靠。因此除了预测的网络性能之外,通过返回置信值作为第一路径管理模块12的参考,能够量化查询结果的可靠性。

[0082] 现有技术中,对于HSR网络,由于意外的切换失败和终端,可能会发生几秒钟的断开连接,这是反应式调度算法的杀手。

[0083] 优选的,本发明的第一调度模块和第二调度模块还通过机会重新注入评估的调度行为来为每个数据包匹配接口,特别是最佳连接的接口,以最大化目标函数并为任何连接提供最佳服务质量。机会重新注入是利用不平衡多路径来使用剩余可用带宽的最佳方式之一。优选的,机会重新注入评估的方法为:

$$[0084] \quad \text{Max} \quad N_{iface}^{-1} \sum_{i=1}^N Q_i (\tilde{u}_i + \beta c_i + v) \quad (1)$$

$$[0085] \quad \text{s. t.} \quad Q_i(Q_i - 1) = 0, \forall 1 \leq i \leq N \quad (2)$$

[0086] 其中, $f = RTT^{-1} + \alpha \cdot BW$ 表示接口质量, RTT (路径往返延迟)和带宽(BW)是融合结果中所获取的性能参数; α 是将 RTT 和带宽归一化为相同单位的比例因子。 $u_i = (1 - L_i) f_i$ 是接口实用程序的期望值。 L_i 表示接口 i 上的丢失率,并且 $\mathcal{L} = \prod_{i \in S} L_i$ 表示该数据包的丢失率,其中 S 是选择的一组接口集。

$c_i = \left(\frac{\mathcal{L}}{L_i} - \mathcal{L} \right)$ 可以表示为接口 i 的丢包率的贡献率。

$\tilde{u}_i = u_i \cdot BW_i / buf_i$,其中 buf_i 是TCP缓冲区总数据包的大小。 buf_i 计算为从调度中计算的

注入数据大小减去捕获数据包的最大输出序列号。 $v = (1 - \mathcal{L})F$, F 为量化的特定数据包的无损需求的重要性,或调度程序愿意支付的额外带宽成本。 Q_i 表示是否选择接口 i 。

$N_{iface}^{-1} \sum_{i=1}^N Q_i$ 表示此数据包分配的接口数量。 β 表示一个可调整的线性系数,可以通过调节该系数使得模型更加注重或轻视丢包率,从而适应不同的网络性能优化需求。

[0087] 本发明的机会重新注入评估中,如果 $F=0$,则只选择一个具有最大 \tilde{u}_i 的接口;当 $\mathcal{L}F$ 与 u 的层级相同或更高时,调度程序可能会选择多个接口。因此,通过将正常数据包的 F 设置为0,将重注数据包的 F 设置为较大值,可以统一两个数据包的调度行为。优选的, F 允许灵活的重注,在带宽充足的情况下以避免丢失敏感消息或具有高优先级的正常数据包。

[0088] 本发明采用机会重新注入评估来进行调度的优势在于,第一,利用路径分集来改善多路复用增益;第二,执行机会性交叉流重传以平衡减少的数据包丢失和乱序延迟以及本身造成的开销。优选的,机会性交叉流重传是指跨路径重传。

[0089] 实施例2

[0090] 本实施例是对实施例1的进一步论述,重复的内容不再赘述。

[0091] 本发明还提供了一种实现多路并行传输通信方法,实施该方法的系统至少包括介于第一终端和第二终端的通信路径之间且相对于第一终端和第二终端均信息不可知的至少两个通信模块,方法的步骤包括:至少两个通信模块以不改变原始信息传输路径的网络堆栈的方式将拆分后的数据包按照与数据包的特征匹配的调度算法来进行多路径并行传输至彼此。

[0092] 通信模块包括至少一个处理器、存储器和至少两个通信接口,其中,处理器执行存储器存储的至少一个计算机可读指令的操作行为。

[0093] 优选的,方法还包括:通过原始套接字在用户空间中接收和发送任何源IP的数据包,以在单独的网络命名空间中提取数据包且多路径并行发送的方式来与第一终端与第二终端之间的原始数据信息的原始传输路径并列,使得第一终端与第二终端对通信模块的存在处于信息不可知的状态。

[0094] 处理器至少包括第一信息收听模块11、第一路径管理模块12、第一分流策略模块13和第一调度模块14。

[0095] 优选的,方法还包括:第一路径管理模块12将由信息收听模块11通过原始套接字接口从用户空间中接收的原始数据信息拆分成的若干数据包按照第一调度模块14基于调度算法统计的数据包传输路径进行多路径并行发送。

[0096] 第一调度模块14基于第一分流策略模块13提供的分流策略、上下文数据源的上下文特征以及至少一种调度算法确定数据包的传输路径以及路径两端的通信接口。

[0097] 优选的,方法还包括:第一分流策略模块13基于预设的分流统计算法将数据包进行多维度分类以进行与并行的多路径传输状态相匹配的分流。

[0098] 优选的,方法还包括:第一调度模块14按照预设的数据流重组规则将通信模块接收的若干数据包进行关联合并以得到数据,通信模块将合并后的数据通过通信接口发送给与其数据连接的终端。

[0099] 优选的,方法还包括:在通信模块主动收听第一终端和第二终端传输路径之间的原始数据信息的情况下,第一信息收听模块11在以不干预原数据流的方式收听数据信息后将原始信息数据的数据包主动丢弃。

[0100] 优选的,方法还包括:至少一个第一通信模块设置在与所述第一终端连接的第一通信设备中,至少一个第二通信模块设置在与所述第二终端连接的第二通信设备中,从而所述第一通信设备与所述第二通信设备通过与原始数据传输路径不同的若干并行的多路径来传输数据。其中,所述第一通信模块与所述第二通信模块分别感知所述第一通信设备和所述第二通信设备在高速移动过程中的网络性能的动态变化,并且响应于所述网络性能的动态变化而优化数据分流的调度规则,从而提高传输效率。

[0101] 优选的,第一通信设备设置在第一终端的数据传输必须经过的路径上,第二通信设备可以设置在任意位置,只需要能通过任意路径接收第一通信设备发出的数据即可。

[0102] 需要注意的是,上述具体实施例是示例性的,本领域技术人员可以在本发明公开内容的启发下想出各种解决方案,而这些解决方案也都属于本发明的公开范围并落入本发明的保护范围之内。本领域技术人员应该明白,本发明说明书及其附图均为说明性而并非构成对权利要求的限制。本发明的保护范围由权利要求及其等同物限定。

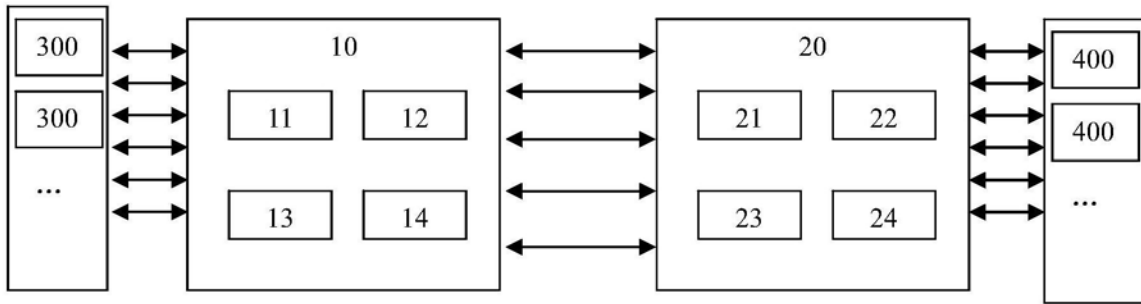


图1

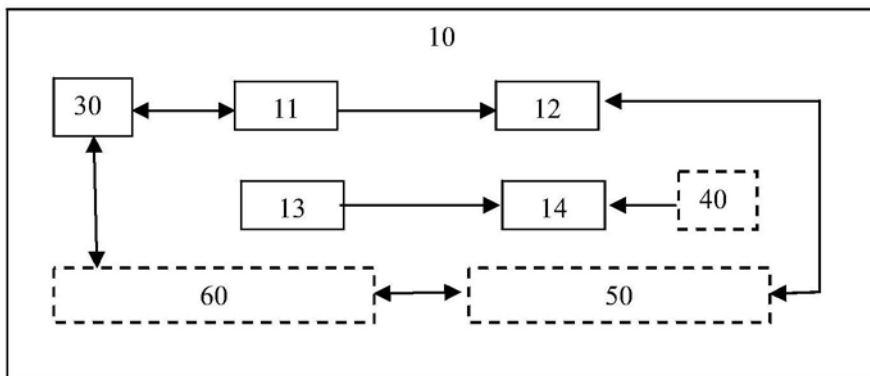


图2

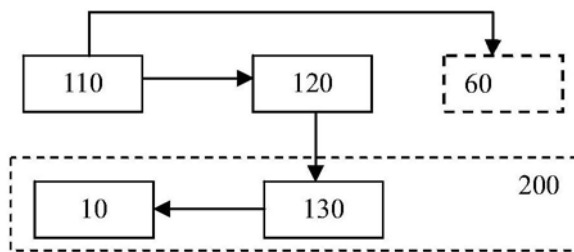


图3