

基于负载均衡的多接入无线公网并行传输方法

蔡国炎

摘要: 在多接入无线公网的环境下, 资源管理的难点就在于需要对多个不同的无线网络进行联合资源管理, 从而可以合理调整数据流的分配, 适应多种业务需求和无线网络质量的动态变化。文章提出了一种基于负载均衡的多接入无线公网并行传输方法, 主要作用是无线接入通告、无线接入发现、无线接入选择、执行负载均衡、在多个网络之间进行流量的合理分配以及接入网之间的切换。通过联合多无线资源管理模块, 调节各条链路上的数据发送速率, 使数据能够以最快的速度到达服务器。

关键词: 负载均衡; 多接入; 无线公网; 并行传输

作者简介: 蔡国炎, 男, 高级工程师。(浙江广电集团, 浙江 杭州, 310005)

中图分类号: TN915

文献标识码: A

文章编号: 1008-6552 (2012) 04-0124-05

随着移动通信和宽带无线接入技术的迅猛发展, 如何利用无线公网传输广播级视音频信号是电视工作者面临的迫切课题。未来移动通信的发展趋势已经不再是某种技术的一统天下, 无线公网将是多种无线接入技术共存、相互补充, 提供多样化的接入服务, 实现无缝的切换。通过多无线接入, 用户可以从隶属于不同运营商并采用不同无线接入技术的各种无线接入网络那里获得服务。^[1]但是在这种多无线接入环境下, 资源管理的难点就在于需要对多个不同的无线网络进行联合资源管理, 从而可以合理调整数据流的分配, 适应多种业务需求和无线网络质量的动态变化。通过联合多无线资源管理 (Joint Multi-Radio Resource Management, JMRRM) 就可以实现联合的资源管理, 最大限度地利用所有可以利用的无线资源, JMRRM 的实现使得利用无线公网传输广播级视音频信号成为一种可能。

一、JMRRM 方法介绍

基于负载均衡的多接入无线公网并行传输过程基本流程如图 1 所示, JMRRM 是一个控制层面的功能实体, 主要作用是无线接入通告、无线接入发现、无线接入选择、执行负载均衡、在多个网络之间进行流量的合理分配以及接入网之间的切换。终端侧和网络侧都具备联合多无线资源管理模块, 且终端侧的 JMRRM 模块和网络侧的 JMRRM 模块可以相互通信。

现有的无线接入选择算法中大多是基于无线链路质量来选择接入流, 其目的是为了获得具有最佳无线链路条件的无线路径, 从而可以获得高质量的通信。但该选择算法没有考虑无线接入的拥塞程度, 可能会引起网络的过载。因此, 无线接入的选择应同时考虑无线链路质量和拥塞程度, 这样就可以获得较好的效果。

同时, 多模无线终端的出现, 促使单个终端设备能够同时与多种网络或者多个运营商建立连接, 并发地传输数据。采用多模终端向服务器并行传输高质量的流媒体业务在一定程度上解决了带宽限制问题, 但同时也引发了新的问题, 例如在每个运营商分配的有限带宽下, 如何调节各条链路上的数据发送速率, 使数据能够以最快的速度到达服务器。

二、JMRRM 方法的实现

基于负载均衡的多接入无线公网并行传输方法能够根据链路质量和负载状况选择多个可用的网络,

并在选出的多个网络中合理地分配流媒体业务流量，使得流媒体业务能够高效快速地发送至目的地。

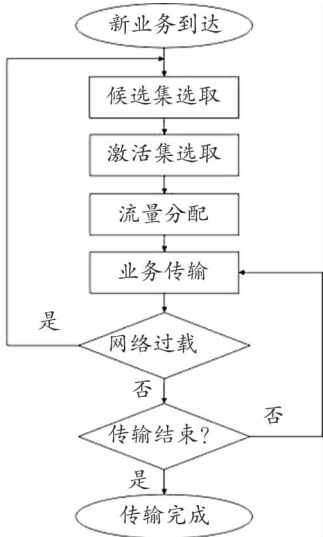


图 1 基于负载均衡的多接入无线公网并行传输流程图

本方法包括候选集的选取、激活集的选取、流媒体业务流量的分配和网络过载时的处理。所述的候选集是指终端所有可用的无线网络集合；所述的激活集是指当前时刻用于流媒体业务传输的网络。候选集和激活集的选取如图 2 所示。

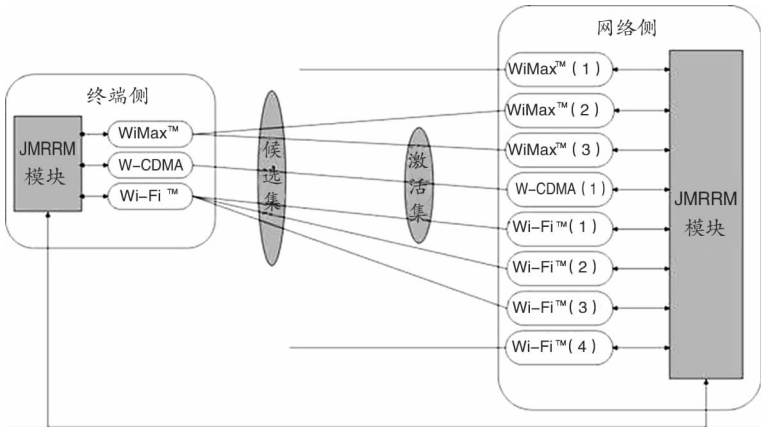


图 2 候选集和激活集的选取

（一）候选集的选取

JMRRM 通过无线接入通告功能，检测出终端所在处的所有无线网络，根据无线链路的信噪比和拥塞程度在所有的无线网络中选择候选网络，具体的方法是：

网络侧的 JMRRM 模块获取所有检测到的 N_{total} 个无线网络的信噪比（SNR），如果 SNR 大于第 i ($1 \leq i \leq N_{total}$) 个网络设定的信噪比门限 $SNR_{i,th}$ ，则该无线网络可以进入候选集。根据信息论 Shannon 定理，第 i 个网络的信噪比门限需满足 $R_i = W_i \log_2 (1 + SNR_{i,th})$ ，所以， $SNR_{i,th} = 2^{\frac{R_i}{W_i}} - 1$ 其中 W_i 是指第 i 个网络的带宽， $R_i = R_{min} / N_{mod}$ ， R_{min} 表示流媒体业务传输所需的最小速率， N_{mod} 表示多模终端具有的无线网络模块的数量，即可以同时通过 N_{mod} 个网络进行流媒体业务的传输。

本方法除了保证无线链路的质量外，还需要根据网络的拥塞程度来决定候选集，拥塞程度由负载约束来描述，负载约束是为了保证新到达业务的接入不会影响到该网络中已经存在的业务，负载约束

表示如下:

$$\varsigma_{\text{current}} + \varsigma_{\text{inc}} \leq \varsigma_{\text{th}}$$

其中, $\varsigma_{\text{current}}$ 表示某个候选网络中当前的负载强度, 负载强度表示网络中所有业务流量占用的带宽与网络总带宽的比例; ς_{inc} 表示速率, 为 $C_{\text{inc}} = C_{\text{new}} / N_{\text{mod}}$ 的业务流接入该候选网络所增加的负载强度; C_{new} 表示新业务的平均速率; ς_{inc} 表示该候选网络的负载强度门限; 即该候选网络所能容忍的负载程度。

在不同的无线网络中, 增加的负载强度各不相同: 在 W-CDMA 网络中,

$$\varsigma_{\text{inc}} = \frac{1+g}{1+D/(C_{\text{inc}} \times b_{\text{inc}})}.$$

其中, g 表示其他小区的干扰因子, 是指小区间干扰和总干扰的比; D 表示 W-CDMA 系统的码片速率; b_{inc} 表示该业务所需的比特信噪比。

在 WiMaxTM 网络中, $\varsigma_{\text{inc}} = C_{\text{inc}} / (4 \times M \times S \times K / T)$ 。其中, M 表示的是子信道的数量; S 表示每一帧所包含的 OFDMA 符号数; K 表示每个子信道的子载波数; T 表示一帧的持续时间。

在 Wi-FiTM 网络中, 用 T_o 表示监测数据的一段时间长度, 在 T_o 时长内, 测得数据传输所占的时长为 T_s , 则该候选网络的负载强度为 $\varsigma_{\text{current}} = T_s / T_o$, 增加的负载强度为 $\varsigma_{\text{inc}} = t / T_o$, t 表示新业务接入该候选网络后数据传输时长的增加量。

在不同的无线网络中, 负载强度的门限 ς_{th} 各不相同:

在 W-CDMA 网络中, 采用动态的方式分配带宽, 在负载强度较轻的情况下, 能保证用户较高的带宽需求, 在负载强度较重的情况下, 只能保证用户基本的带宽需求, 所以宜选取适中的负载强度门限, 一般取 0.75~0.85;

在 WiMaxTM 网络中, 采用按需的方式分配带宽, 用户请求所需的带宽, 如果该带宽需求能被满足则允许接入; 如果该带宽需求不能被满足则拒绝接入, 所以宜选取较大的负载强度门限, 一般取 0.85~0.95;

在 Wi-FiTM 网络中, 采用竞争的方式分配带宽, 用户之间通过相互竞争来获得带宽, 所以宜选取较小的负载强度门限, 一般取 0.65~0.75。

网络侧的 JMRRM 模块获取所有检测到的无线网络的信噪比及负载程度, 满足以上信噪比约束和负载约束的网络即可构成候选集。

(二) 激活集的选取

JMRRM 根据候选集中无线网络的负载强度选取网络构成激活集, 用于流媒体业务的传输。具体的方法是:

网络侧的 JMRRM 模块为终端维持一张候选网络表, 候选网络表中包含候选网络的类型以及候选网络当前的负载强度 $\varsigma_{\text{current}}$ 。网络侧的 JMRRM 模块根据多模终端能够接入的网络的类型和数量, 在候选网络表中为该类型的网络查找相应数量的具有较小负载强度的网络, 构成激活集, 并且将激活集发送给终端侧的 JMRRM 模块, 终端根据激活集发起接入请求。

(三) 流媒体业务流量的分配

为激活集的各网络合理分配业务流量, 使流媒体业务以并行的方式进行高效传输。用 N_{active} 表示激活集中的网络个数, 网络侧的 JMRRM 模块对这 N_{active} 个网络进行流量分配, 具体方法为:

用 $x_i (1 \leq i \leq N_{\text{active}})$ 表示流媒体业务在第 i 个网络中的流量, 则所有激活网络的流量之和满

$$\sum_{i=1}^{N_{\text{active}}} x_i \geq C_{\text{new}} \quad \text{足}$$

用 $\varsigma_i(x_i)$ ($1 \leq i \leq N_{\text{active}}$) 表示第 i 个网络加入新业务后总的负载强度，它是 x_i 的函数。 $\varsigma_{i,\text{current}}$ 表示第 i 个网络当前的负载强度：

$$\text{若第 } i \text{ 个网络为 W-CDMA, } \varsigma_i(x_i) = \varsigma_{i,\text{current}} + \frac{1+g}{1+D/(x_i \cdot b_{\text{inc}})};$$

$$\text{若第 } i \text{ 个网络为 WiMax}^{\text{TM}}, \varsigma_i(x_i) = \varsigma_{i,\text{current}} + x_i / (4 \times M \times S \times K / T);$$

$$\text{若第 } i \text{ 个网络为 Wi-Fi}^{\text{TM}}, \varsigma_i(x_i) = (T_s + t) / T_o.$$

在 $\sum_{i=1}^{N_{\text{active}}} x_i \geq C_{\text{new}}$ 和 $\varsigma_i(x_i) \leq \varsigma_{i,\text{th}}$ ($1 \leq i \leq N_{\text{active}}$) 的约束条件下，计算满足

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^{N_{\text{active}}} w_i [\varsigma_i(x_i)]^p \right\} \text{ 的 } x_i$$

。其中 $\varsigma_{i,\text{th}}$ 表示第 i 个网络的负载强度的门限； w_i 为各种网络的权重，反映用户对网络的偏好。 p 为负载强度的幂次，体现负载均衡的公平性。

网络侧的 JMRRM 模块通过以上计算得到的流量分配情况发送至终端侧的 JMRRM 模块，终端根据收到的流量分配情况对激活集的各网络分配业务流量，进行多路并行传输。

(四) 流媒体业务网络过载处理

如果网络没有过载，则按照初始决定的流量分配方案进行传输直至传输完成；如果网络过载，则进行如下处理：

首先网络侧的 JMRRM 模块通知终端侧的 JMRRM 模块激活集中发生过载的网络。

其次更新候选集，按照候选集的选取方法，重新为终端维护一张当前网络状况下的候选网络表，并在该表中搜寻与发生过载的网络相同类型的候选网络。如果搜寻不到该类网络，则通知终端侧的 JMRRM 模块，并关闭该类网络模块；如果搜寻到此类候选网络的数目少于发生过载的网络的数目，则将搜寻到的所有网络的信息发送至终端侧 JMRRM 模块；如果搜寻到此类候选网络的数目和发生过载的网络的数目相同，则将这几个网络信息发送至终端侧 JMRRM 模块；如果搜寻到此类候选网络的数目多于发生过载的网络的数目，则将其中相应数量的具有较小负载强度的网络的信息发送至终端侧 JMRRM 模块。

然后终端侧 JMRRM 模块根据网络侧 JMRRM 模块发送过来的信息进行网络的切换：解除和过载网络的连接，并接入重新选择的网络；同时网络侧 JMRRM 模块更新激活集。

最后网络侧的 JMRRM 模块重新对激活集中的网络进行流量分配，并将流量分配方案发送至终端侧的 JMRRM 模块，终端根据收到的流量分配情况对激活集的各网络分配业务流量，进行多路并行传输。

三、JMRRM 方法的实验分析

实验模拟了多接入无线公网流媒体业务传输场景。例如用户终端有大量的流媒体业务需要快速地传输至目的服务器，根据本文提出的方法，网络侧的联合多无线资源管理模块为用户终端选取候选集网络，并根据用户终端所能接入的网络类型和数量为用户终端选取合适的激活集网络，用户终端在各个激活集中合理分配业务流量，实现流媒体的多路并行传输。

图2为候选集和激活集的示意图。终端侧共有W-CDMA、WiMaxTM和Wi-FiTM3个无线接入模块,一个无线接入模块某一时刻只能接入一个无线网络。JMRRM通过无线接入通告功能,检测出终端所在处的所有无线网络共有8个,其中有4个Wi-FiTM无线接入网,3个WiMaxTM无线接入网和1个W-CDMA无线接入网。

根据以上候选集的选取要求,在所有的8个无线接入网中共有6个无线网络进入候选集,如图2所示,其中第1个WiMaxTM和第4个Wi-FiTM不符合候选集的选取要求,没有进入候选集。

在图2中多模终端能够接入1个Wi-FiTM网络、1个WiMaxTM网络和1个W-CDMA网络,因此网络侧的JMRRM模块要在候选网络表中分别查找具有最小负载强度的Wi-FiTM, WiMaxTM和W-CDMA接入网,构成激活集,如图2中的第3个WiMaxTM、第1个W-CDMA和第1个Wi-FiTM即构成激活集。网络侧的JMRRM模块将激活集发送给终端侧的JMRRM模块,终端分别向激活集中的Wi-FiTM, WiMaxTM和W-CDMA网络发起接入请求。

网络侧的JMRRM模块将上述算法得到的流量分配方案发送至终端侧的JMRRM模块,终端根据此方案对激活集的3个网络分配业务流量,进行多路并行传输。

在传输过程中若由于其他用户的接入引起网络过载,例如,上述激活集中的Wi-FiTM接入的业务流量过多,负载强度超过了0.7。为了保证流媒体业务传输的高效性,需要及时地将该Wi-FiTM网络中的业务流转移至负载强度较低的候选网络。按照新的流量分配方案继续传输流媒体业务。

根据该方法构建的传输系统经过实验测得,可以并行接入多个宽带公用无线网络,支持4路并发无线接入,可传送不小于500 kbps的视频数据,在网络状态较好的条件下可传送2 Mbps以上的视频数据。

四、总 结

基于负载均衡的多接入无线公网并行传输方法对接入网络的选择综合考虑了无线网络的质量与拥塞程度,以保证流媒体业务高效快速地到达接收端。引入了候选集和激活集,在网络过载的情况下可以利用两个集合快速地进行负载均衡,避免了拥塞。针对网络带宽受限的情况,对流媒体业务采取多路并行传输的方法,并根据各网络时变的负载状态进行动态的流量分配,使数据能够以最快的速度到达服务器。该方法提出的解决方案可以利用无线公网来传输广播级视音频信号。

参考文献:

- [1] 李军. 异构无线网络融合理论与技术实现 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009: 20-21.