



移动网信令风暴产生原因及解决方案分析

邢燕霞¹, 毛聪杰¹, 杨静雯²

(1. 中国电信股份有限公司北京研究院 北京 100035; 2. 中国电信集团公司 北京 100032)

摘要: 信令风暴的产生来源于终端和网络之间的频繁交互, 包括终端发起和网络发起的网络连接过程。信令风暴导致用户体验下降, 网络扩容压力增大。为解决信令风暴问题, 终端侧可以通过优化操作系统闹钟服务实现心跳分组对齐, 降低终端联网次数; 网络侧主要通过优化寻呼机制和寻呼区的方式降低信令风暴的影响。还介绍了 3GPP 标准化组织正在进行的小数据分组传送技术方案, 通过信令简化降低网络信令负荷。

关键词: 信令风暴; 心跳对齐; 流程优化; CDMA; LTE

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.12.019

Research on Mobile Network Signaling Storm and Solution

Xing Yanxia¹, Mao Congjie¹, Yang Jingwen²

(1. Beijing Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Beijing 100035, China;

2. China Telecom Corporation, Beijing 100032, China)

Abstract: Signaling storm has degraded the service experience of the mobile subscriber. The main reasons that leading to mobile network signaling storm were presented, and some suggestions were also given for the solution from the perspective of both terminal and network. On one hand, the signaling in the air interface can be reduced by the way of heartbeat alignment in the terminal, on the other hand, paging mechanism optimization and paging area optimization can also reduce the effect of the signaling storm. The study item of 3GPP about small data packet transmission optimization was also introduced.

Key words: signaling storm, heartbeat alignment, procedure optimization, CDMA, LTE

1 引言

近几年智能终端不断普及, 运行其上的应用数量也越来越多, 呈爆炸式增长。很多应用为了保持服务的即时性并及时接收服务器端的推送消息, 和网络平台频繁交互, 这将带来两方面的主要问题: 一方面, 频繁联网给网络带来大量的信令交互, 网络负荷加大甚至导致网络出现拥塞, 这里称为信令风暴; 另一方面, 由于频繁的网络交互, 终端很难进入休眠状态, 致使终端耗电增加, 待机时间缩短。这两大问题已经引起业界的关注, 一些解决方案也应运而生, 解决信令风暴的问题可以从终端侧和网络侧着

手, 下面对信令风暴的产生原因和终端以及网络侧的解决方案进行分析和说明。

2 信令风暴的产生

2.1 通信建立过程中的信令

在分析信令风暴产生原因之前, 先看看通信建立的过程。以 CDMA 网络为例, 从分组数据连接建立到客户端和服务端之间正常通信分为以下几个阶段。首先终端发起连接建立请求, 开始建立通信链路, 包括空中接口链路和核心网分组数据链路, 如图 1 所示, 为用户分配空中资源和分组数据链路资源。其次是 PPP(point to point protocol,

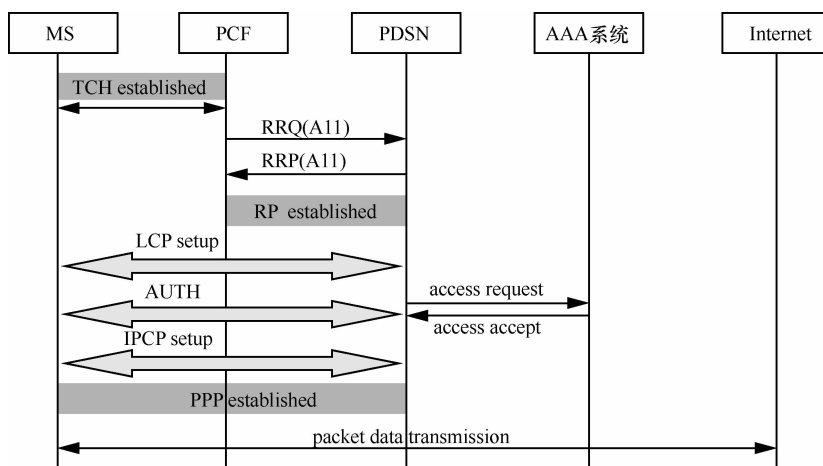


图1 CDMA 数据通信连接建立流程

点对点协议) 连接建立过程, 这个过程结束后, 手机和 PDSN 之间建立了逻辑通道, 最重要的是通过这个过程用户获得了 IP 地址、端口等 IP 层通信要素。在获得 IP 地址后, 终端上的应用客户端就可以与服务器按照约定好的通信方式进行通信。只要有数据通信, 终端和基站、基站和核心网以及 PPP 链路都必须保持, 这个过程需要多达数十条信令的交互。

当网络侧有到达终端侧的信息(如即时通信的消息到达等), 而终端与网络之间的空中接口已经断开时, 网络会在终端之前所活动的小区发起寻呼, 当终端收到寻呼后发起空中接口的建立过程。如果寻呼不到用户, 网络会扩大寻呼区域继续寻呼用户, 这个过程也会产生大量信令。

2.2 信令风暴产生的原因

下面分析信令风暴产生的原因, 先介绍终端主动联网造成的信令风暴。可以分为两类: 一是用户主动发起的业务请求, 用户行为终端必须立即响应; 另一类是应用程序定时发起的业务请求, 这里主要讨论后者。以 Android 手机为例, 因为 Android 系统允许后台驻留服务, 很多应用会采用这种方式定时与服务器沟通。当客户端和服务端之间建立连接后, 便开始传输用户面的数据, 这时服务器和客户端之间互相知道工作状态。当没有用户信息需要传输, 而服务器端又需要知道客户端的状态时, 客户端和服务端之间一般会保持心跳联系, 通过客户端向服务器端发送心跳分组实现。所谓心跳分组, 就是客户端和服务端之间约定好的自定义数据分组, 以一定的时间间隔发出, 用于通知服务器自己的状态并获得服务器的通知或指令, 这在即时通信软件中经常使用, 通过这种方法, 服务器可以知道终端的状态, 以便进行相应的业务逻辑处理。这种自定义的数据分组一般体

量很小, 发送时间间隔在几分钟到十几分钟不等。

应用层的业务连接需要终端和网络层的通信连接通道。以 CDMA 网络为例, 通常情况下, 如果没有数据需要在数据链路上传输, 几秒钟之后终端将进入休眠状态。在休眠状态下, 空中接口链路被释放, 而终端和核心网之间的 PPP 连接都要保持。当有数据需要传输时, 空中接口将重新建立。如果终端更长时间(10 min 左右)没有数据传输, 核心网数据连接以及 PPP 连接都将释放, 用户处于离线状态。在这种情况下, 如果再次有数据分组需要发送, 需要重新建立的资源包括空中接口资源、核心网数据链路资源以及 PPP 连接等。当终端上有多个包含心跳服务的应用时, 终端应用的心跳发送此消彼长, 终端难以进入休眠状态或者进入休眠状态的时间缩短, 导致空中接口甚至核心网资源以及 PPP 连接频繁建立, 产生大量信令交互。在 LTE 网络中也是类似的, 空中接口资源仍然是最紧张的, 因此虽然终端永远在线, 但空中接口还是会在无业务交互时断开, 在需要时重新建立无线连接。

对于苹果手机来说, 这个问题小一些, 原因是 iOS 系统不允许后台驻留服务, 也不允许类似的心跳服务。为了接收服务器端发送给终端的消息和通知, 苹果手机会通过统一通知系统管理各种应用的通知消息。简言之, 各种应用将通知消息告知苹果的统一通知系统, 当苹果手机周期性地与统一通知系统联系时, 将所有信息通知给各个应用进行处理。因此苹果手机不会有上述无序的心跳现象, 但仍然存在周期性的网络通信。

再来看看终端被动接收网络寻呼建立网络连接的过程。在 CDMA 网络中, 当网络侧有发往终端的消息, 且当时存在 PPP 连接而空中接口已经断开时, 网络会发起寻呼过



程,终端收到网络的寻呼消息后发起业务请求,重新建立空口链路来接收网络侧的消息。在 LTE 网络中,由于终端和网络之间的 PDN(public data network,公众数据网络)连接始终保持,只要网络侧有消息发给终端,网络就会发起寻呼,所以 LTE 网络中寻呼过程带来的信令数量更多。

3 信令风暴的影响

信令风暴对移动网络的影响主要体现在以下两个方面。

首先,用户体验变差。用户体验的下降体现在两个方面:一是终端耗电增加,待机时间缩短;二是在校园、CBD 等用户密集区域,激活用户数比例明显增加,连接请求以及寻呼数量也大大增加,给网络带来非常大的压力,导致寻呼成功率下降,用户接入困难,网络掉线率上升。

其次,网络扩容需求变大,基站出现信令过载。在以前的网络扩展中,一般都由用户面容量过载引起,但随着智能机的发展,基站出现信令过载的比例越来越高,在中国电信的网络中,信令过载的基站比例高达 60%。

基站控制器成为信令处理的瓶颈。由于用户频繁激活、去激活(或者休眠态、激活态之间频繁转换),导致大量信令、基站控制器不堪重负,原来的设备已经不适应现在业务的发展,需要对网络进行扩容或者升级设备,以支持更大的信令容量。

4 信令风暴解决方案

4.1 终端侧解决方案

下面主要分析 Android 终端上的定时唤醒工作机制,终端上所有应用的定时管理都通过闹钟服务(alarm service)来管理,这个模块位于 Android 系统的框架(framework)层。闹钟服务是 Android 系统提供的用于完成定时任务的类,支持一次性定时任务和循环定时任务,即使在系统休眠时仍能正常工作。也就是说,系统进入休眠状态后,只要服务申请的定时服务到时,闹钟服务会唤醒系统进入工作状态。

终端侧的解决方案主要通过调整闹钟的工作步调来调整整个终端的工作步调,这种调整方案主要用于 Android 4.3 及以下版本终端。由于 Android 系统是开放的,可以通过在框架层中增加代理模块对闹钟的唤醒功能进行调整,此模块的作用是拦截所有应用与闹钟服务之间的通信,区分应用的类型,对于心跳分组类的唤醒定时需求进行过滤和代理,形成统一的闹钟需求,所有心跳类的服务采用统一

定时,这样将参差不齐的唤醒进行对齐,在一定的时间间隔中统一唤醒并使得各种心跳分组统一发送出去,形成有规律的唤醒和发送行为,从而减少终端休眠期间被频繁唤醒的次数。对齐前后心跳分组的发送规律如图 2 所示。

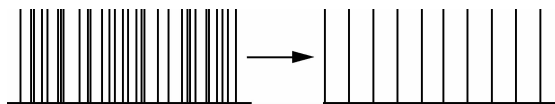


图 2 心跳对齐前后终端发起连接次数变化示意

目前已经有一些手机厂商尝试用这种方法在 Android 4.3 及以下版本的手机上进行相关的工作,获得了较好的效果。这种代理方式虽然不复杂,但仍有一定开发量,支持这一功能的终端数量并不多。实践证明,这种小范围的提前或延后对于实时性要求不高的邮件、即时通信等服务是没有影响的。

2013 年年底,Google 发布了 Android 4.4 版本 Kitkat,其中的一个重要改进就是提升了闹钟服务,由原来的精确定时改变为非精确的定时模式,默认是非精确定时模式,在这种非精确的模式下,定时功能被分组处理,分组的依据包括触发的时间和间隔周期,所有的分组按开始时间升序排列,在一个分组内部,不同的定时任务也按触发时间升序排列,唤醒顺序按照分组的排序依次触发,这样定时任务会有小范围提前或延后的情况发生。这就避免了前面所述的无序发送状态,将相近的需求分组执行,从而达到对齐唤醒时间、有序发送、增加终端休眠时间的目的。

Android 4.4 同时也支持精确定时模式,具体应用是采用精确还是非精确模式,取决于程序编译时所选择的目标 SDK (software development kit) 版本,即 targetSdkVersion 参数的设置,当这个值设置为 19 时,使用函数 set()或 setRepeating()创建闹钟服务,提醒时间会不精确;若要使用精确定时,可以通过函数 setWindow()和 setExact()设置闹钟服务的精确时间和时间范围,达到精确定时的目的,以实现闹钟等应用对精确时间的要求。

通过上述分析可以看出,Android 4.4 版本实现的非精确定时的效果与苹果手机的定时获取通知方案异曲同工,都可以在一定程度上降低终端主动发起的和网络交互的次数,从而降低终端发起信令的数量。

4.2 网络侧解决方案

终端侧解决方案的重点是降低终端联网的次数;网络侧解决方案主要是减少寻呼压力,提高寻呼成功率,减少寻呼信令。针对信令风暴引发的网络问题,下面进行针对性分析。

4.2.1 寻呼成功率下降问题

在用户密集区域,由于小区内的激活用户数比例明显增加,连接请求以及寻呼数量也大大增加,导致寻呼成功率下降。目前 cdma2000 1x Ev-Do 网络中的寻呼是基于接入网络的寻呼,一次不成功可以再次寻呼,一般最多寻呼 3 次。由于寻呼的范围比较大,对网络的负荷也比较大。针对这种情况,可以有两种解决方案:一是可以对 cdma2000 1x Ev-Do 网络的寻呼机制进行改进,以减少网络的寻呼压力,从而提高网络的寻呼成功率;二是可以对 AN(access network,接入网络)进行分裂,从而减小寻呼压力。

(1) 寻呼机制优化

可以对目前的寻呼机制进行优化。在 CDMA 网络中,第一次寻呼范围仅限于用户最后一次连接时终端通过 RU(route update)消息上报的有效激活集,如果寻呼不到,则扩大范围进行第二次寻呼,寻呼 RU 消息中有效激活集所在的子网,如果仍然寻呼不到,则扩大到最大寻呼范围,即在用户注册的 AN 内进行寻呼。由于用户密集区域的用户移动性一般不会很大,如校园和商业密集区等,因此一般一次或二次寻呼就可以寻呼到用户,大大减少了网络中的寻呼信令数。

在 LTE 网络中,不再允许终端主动拆除空口连接进入空闲态,只能由网络侧根据定时器来拆链,因此 3G 网络中寻呼压力大的现象将会有所减轻。在 LTE 网络中也可以采用同样的寻呼优化机制来减轻寻呼压力。MME(mobility management entity,移动性管理实体)可以基于用户数据分组的 QCI(QoS class identifier,QoS 等级标识)来判定业务的优先级,如果业务优先级不高,则可以在第一次寻呼中仅寻呼用户最后一次注册的小区,如果寻呼不到,将寻呼范围扩大到用户最后一次注册的 TA(tracking area,跟踪区),如果还不能寻呼到用户,则把寻呼范围扩大到正常范围,即用户所注册的 TA 列表,这样可以极大地减小网络中寻呼信令的数量。

(2) 对寻呼区进行优化

在 CDMA 网络中,可以对寻呼压力大的 AN 进行适当分裂,即将一个 AN 分裂为两个或者多个 AN,分裂之后的 AN 覆盖范围更小,其中的用户数量也会减少,因此寻呼信令数量也会减少,从而提高寻呼成功率。需要注意的是,AN 分裂太多会导致用户的位置注册更为频繁,因此要慎重使用。在 LTE 网络中,可以对寻呼压力大的 TA 进行适当分裂或者减小 TA 列表的大小,这需要根据业务模型进行优化,得出最佳的分裂方案。

4.2.2 信令过载问题

针对目前 3G 现网基站和基站控制器的信令过载问题,有两种解决方案。

第一种方式是进行基站扩容。这是最简单直接的方式,通过基站扩容,增强信令的处理能力,但这不仅会增加投资,也会造成资源的浪费。目前好多基站仅仅是信令过载,数据面并没有达到扩容门限,因此会造成很大的浪费。从另一方面来说,一般用户密集区域的基站已经很多,而且所有的载频已经基本用光,因此并不容易进行简单的扩容,或者说扩容并不适合所有的场景。对于载频没有用光、基站并不密集的区域可以适当采用。

第二种方式是对基站和基站控制器进行升级改造。造成信令风暴的 OTT 业务基本上都是小数据分组业务,对数据面的要求并不是很大。但基站和基站控制器在设计之初并没有考虑这种场景,因此大部分资源更倾向于向数据面倾斜,根本不能适应目前的业务特征。可以对信令处理能力受限的基站控制器进行信令板卡的硬件扩容。

对于 LTE 网络来说,目前刚刚开始部署,eNB 的设计应该充分考虑信令面和数据面的平衡,尽量避免 3G 网络中数据和信令不平衡的问题。3GPP 标准化组织也正在针对小数据分组的传送研究一些信令简化的措施,以降低信令负荷。这些方案仍在评估中,多数还未标准化,具体如下。

(1) 对业务流程进行优化

当用户在空闲态要发送数据分组转入激活态时,或者接收到寻呼消息之后,都要通过业务请求(service request)流程建立空口的 RRC(radio resource control,无线资源控制)连接,再进行数据分组的发送和接收。在业务请求流程中,eNB 和终端之间共有 7 个空口 RRC 信令消息。而基于某 LTE 运营商的现网数据统计,每个用户忙时发起 27 次业务请求,因此这个流程对空口的影响非常大。目前的一种方案是合并 RRC 消息以减少业务请求信令交互过程中的消息数量,即将 7 条消息合并为 3 条来完成空口的建立,这将极大地降低空口信令压力;另一种方案是重用 AS(access stratum,接入层)安全上下文以及在 RRC 重配置中激活 AS 安全,从而减少 RAB(radio access bearer,无线接入承载)建立所需要的信令。

(2) 小数据快速传输通道

这种方案的主要思路是当用户传送小数据时,不用再和 MME 进行通信(没有 S1-MME 信令,除了在移动被叫场景下的寻呼消息),UE(user equipment,用户设

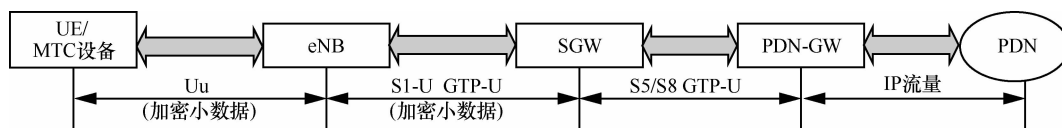


图3 小数据的快速传输通道

备)从MME获取到PDN连接信息以及在SGW(serving gateway,服务网关)的承载信息,同时MME需要在会话建立期间将安全信息发送给UE和SGW,从而在UE和SGW直接传送数据时确保安全。小数据的快速传输通道如图3所示。

(3)基于RACH(随机接入信道)信道的小数据发送

这个方案的思路是:处于RRC空闲态的UE通过RACH过程请求无连接数据传输,而不建立RRC连接。在eNB支持该功能的情况下,在有数据传输时,UE和eNB都激活默认的DRB(data radio bearer,数据无线承载),并启动DRB定时器,在DRB激活时间内通过PUSCH完成数据传输。DRB定时器期满时,双方去激活DRB。

5 结束语

以上是业界从终端和网络两个方面尝试解决信令风暴的方案,终端主要从调整和优化终端唤醒的节奏来减少与网络的信令交互,网络侧则从优化寻呼机制、简化信令流程等方面降低寻呼信令,减少信令开销。未来,随着标准研究的进一步深入和优化方案的实施以及各种方案的综合运用,信令风暴的问题会得到进一步解决。

(上接第133页)

参考文献

- 1 3GPP TS 23.401 v12.4.0. General Packet Radio Service (GPRS) Enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network, 2014
- 2 3GPP TS 32.421 v11.6.0. Telecommunication Management; Subscriber and Equipment Trace; Trace Concepts and Requirements, 2013
- 3 华为技术有限公司. Nstar 北向 LTE 用户跟踪结果文件接口开发指南 北向接口定义部分, 2014
- 4 3 GPP 32.422 v12.1.0. Telecommunication Management; Subscriber and Equipment Trace; Trace Control and Configuration Management, 2014

参考文献

- 1 3GPP TR 23.887. Study on Machine-Type Communications (MTC) and Other Mobile Data Applications Communications Enhancements, 2014
- 2 3GPP TR 37.869. Study on Enhancements to Machine-Type Communications (MTC) and Other Mobile Data Applications; Radio Access Network (RAN) Aspects, 2014

[作者简介]



邢燕霞,女,现就职于中国电信股份有限公司北京研究院,长期从事智能终端操作系统研究和基于智能终端的移动互联网产品研发工作,参与研发的多个移动互联网产品已经上线并获得大规模应用。

毛聪杰,女,现就职于中国电信股份有限公司北京研究院,长期从事CDMA和LTE核心网标准研究及规范制订工作,并对现网存在的问题提出解决方案,一些方案已经在现网实施。

杨静雯,女,中国电信集团公司网络发展部高级业务经理,长期从事CDMA和LTE核心网网络规划以及网络部署工作。

(收稿日期:2014-08-10)

[作者简介]



王哲,女,博士,中国电信股份有限公司广东分公司高级工程师,主要从事电信核心网、宽带和业务网技术发展以及运营规划工作。

许洪东,男,中国电信股份有限公司广东分公司工程师,主要从事宽带、业务网、移动互联网核心网的维护管理工作。

赵丽敏,女,中国电信股份有限公司广东分公司平台维护工程师,主要从事移动互联网核心网的维护和优化工作。

(收稿日期:2014-10-15)