

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2013.12.023

3GPP R12 MTC 终端功耗优化研究进展*

石华宇**,唐 伦,陈前斌

(重庆邮电大学 移动通信技术重庆市市级重点实验室,重庆 400065)

摘要:总结了 6 种机器类通信(MTC)终端节能功耗方案。在移动通信行业各大公司对终端功耗优化研究的基础之上,重点介绍了 MTC 终端功耗在 3GPP R12 版本标准化研究的进展情况,研究了各方案对 UE 的影响和对 eNB 的影响,对比分析了每种方案的优缺点及其应用场景,为 MTC 功耗优化问题提供了一个清晰的思路。

关键词:3GPP;机器类通信;终端功耗优化;物联网;不连续接收机

中图分类号:TN929 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2013)12-1659-06

Research Progress of MTC Power Consumption Optimization in 3GPP Release 12

SHI Hua-yu, TANG Lun, CHEN Qian-bin

(Key Lab of Mobile Communications Technology, Chongqing University of Posts and Communications, Chongqing 400065, China)

Abstract: In this paper, six kinds of power consumption mechanism for MTC (Machine Type Communication) terminals are summarized. The standardization process in 3GPP Release 12 is introduced according to the proposals from some prominent companies in the field of telecommunication. The effect of each proposal on UE and eNB is discussed, and merits and applications of each proposal are analyzed which provides a clear train of thought for MTC power consumption optimization problem.

Key words: 3GPP; machine type communication; terminal power consumption optimization; Internet of Things; DRX

1 引言

随着人类对无线通信要求越来越高,机器类型通信(Machine Type Communication, MTC)也越来越受到重视。它是机器与机器、机器与人之间数据通信的一系列技术组合总称,可以实现远程测量、追踪、监测等应用,具有巨大的市场前景。对于 M2M 设备而言,有些应用不像手持设备一样便于充电,如动物追踪器、环境监测仪、智能抄表器、货物追踪器。甚至有些应用是时间受限的,还有一些 MTC 接收设备会不定期发送少量数据,如报警数据等。针对这些应用需要对 MTC 设备进行合理的功耗优化,避免

过多的浪费。目前国内外对这一部分研究还不是特别丰富,然而 3GPP R12 对小数据触发机制和 MTC 功耗优化的两个问题进行了重点分析,为此各大公司为这一标准化进程提出了诸多解决方案。

针对 MTC 的研究工作,ETSI 是国际上较早的标准化组织,至 2009 年初该组织还专门成立了 TC 工作组负责 MTC 的研究,并从物联网业务的角度对 MTC 的业务应用模型进行、支持物联网的概要层体系结构设计以及相关数据模型、接口和过程的定义等方面制定标准^[1]。从 2005 年开始,3GPP 启动了 MTC 基于 GSM 和 UMTS 通信结构^[2]的优化方案,

* 收稿日期:2013-08-05;修回日期:2013-11-28 Received date:2013-08-05;Revised date:2013-11-28

基金项目:重庆市自然科学基金计划项目(cstc2012jjA40049)

Foundation Item:The Natural Science Foundation of Chongqing(cstc2012jjA40049)

** 通讯作者:shi_huayu@163.com Corresponding author:shi_huayu@163.com

2008 年将 MTC 纳入 LTE 通信系统的标准化演进过程的相关工作,包括 MTC 对网络的需求分析^[3]、核心网架构^[4]和无线接入网的标准化^[5]。由于 MTC 通信的特殊性,需要不连续发送小频率数据,因此 2013 年 MTC 标准化组织开始对 MTC 功耗优化进行研究,纳入 R12 版本的标准化范围,因此爱立信、诺基亚、中兴、华为、英特尔、CATT、高通等通信行业领军公司都加入了该研究领域^[9]。目前国内在 MTC 终端功耗的研究还处于空白,国内外在这个领域的资料比较少。

2 功耗优化的重要性

功耗优化对于 MTC UE 供电和 UE 外部供电设备非常重要。由于未来网络中 MTC 设备急剧增加,预计 2020 年将有 50 亿台设备接入网络,需要处理海量的数据。随着 MTC 设备的增加,应用要求也随之增加,功耗优化就显得尤其重要。其重要性体现在以下几个场景:

- (1)类似传感器的 MTC 设备,这些利用电池供电的传感器是主要耗电来源。如果不能充电或更换电池,大量设备上的电池寿命决定了设备使用寿命;
- (2)广泛的应用(例如智能手机 APP 或 MTC 应用)的增加,3GPP 系统需要为这些业务提供更多的 UE 功耗优化增强方案;
- (3)智能手机与网络频繁的通信导致电池耗尽;
- (4)UE 从外部供电设备获得电源的情况下,UE 消耗更少的电能也能有效地提高能源的有效性。

3 传统不连续接收机制 DRX

不连续接收机制(DRX)在无线通信系统 MAC 层能量优化中非常重要,因此被大多数通信系统所采纳^[6]。许多终端不连续开启关闭接收机,接收机开启时监听 PDCCH 信道寻呼消息,关闭时终端进入睡眠模式,睡眠模式下终端功耗相对较小,能够有效降低终端能耗。不连续接收机制分为两种状态:IDLE DRX 和 Connected DRX。当 UE 处于 IDLE DRX 状态下,不存在 RRC 连接未给用户分配资源,该状态下主要依靠监听寻呼信道与广播信道。Connected DRX 状态表示 UE 在 RRC connected 状态下的 DRX 机制。R12 中 MTC 功耗优化主要研究 IDLE 状态下 DRX 机制。

在 LTE 及 LTE-A 系统中 UE 的不连续接收机制分为 3 个状态:休眠态、激活态、重传态^[7-8]。

休眠态:在该阶段 UE 会根据计时器的设置交

替地关闭或开启接收器。开启无线收发器的时间段称为唤醒阶段,关闭时间段称为睡眠阶段。在唤醒阶段,UE 会打开无线收发器监听物理下行控制信道信息,也可以接收下行数据,若没有数据到达,UE 在计时器超时后进入睡眠阶段。睡眠阶段 UE 自动关闭无线接收器节省功耗。如果当唤醒阶段监听到网络有下行数据传输,等到计时器超时进入激活态。

激活态:当 UE 接收到 PDCCH 信息会开启去激活计时器,进入激活态。在激活态下 UE 开启无线收发器准备接收数据。等待去激活计时器超时之前数据发送完毕,待去激活器超时进入休眠态。

重传态:当 UE 接收的数据接收失败,由 HARQ 进程控制 UE 发送 NACK 信息给 eNB。

4 R12 阶段 MTC 相关工作

R12 首先分析了 MTC 功耗优化需要解决的几个问题:

- (1)决定扩展非连接接收机制(Disconnection Reception, DRX)的因素,包括终端提供功耗性能指示消息、终端预订信息、QoS 参数、终端采用的当前服务;
- (2)空闲模式下扩展 DRX,包括最大 DRX 空闲模式周期、扩展寻呼 DRX 周期、业务时延允许;
- (3)利用 UE 辅助信息扩展 DRX,包括允许由终端辅助消息发起扩展 DRX 周期、增加 UE specific DRX Value;
- (4)延迟发送直到传输条件变好再发送,包括增加“传输计时器”、确定延迟发送的信号质量门限、考虑业务优先级对不同业务 QoS 标准对应的信号门限;
- (5)在连接模式下采用长 DRX 周期,包括将 R11 中 DRX 最长周期为 2.56 s 扩展到数十秒、权衡省电模式与移动鲁棒性的问题。

本文主要梳理了 3GPP 在 MTC 功耗优化方面各大公司所做出的贡献,并从横向分类比较了各种方案的优缺点,为 MTC 功耗优化的研究工作指出了发展方向。

5 MTC 终端功耗优化进展研究

根据 3GPP R12 的研究进展,3GPP 于 2013 年 5 月第一次在美国芝加哥开展了 3GPP 第 81 次会议,该会议的举行主要探讨了 MTC UEPOCP(UE Power Consumption)的可行性分析。

根据目前针对功耗优化提出的要求,各大公司

围绕以下 6 个方面提出了解决方案:一是扩展空闲模式下 DRX;二是利用 UE 辅助消息扩展 DRX;三是提出功率节约状态,即休眠状态;四是附着/去附着方案;五是延迟传输直到传输条件变好;六是连接模式下采用长 DRX 周期方案。各种方案对网络的影响不同,各有优劣。下面根据目前的研究进展,对功耗优化方案进行梳理。

5.1 扩展空闲模式下 DRX

5.1.1 混合常规和扩展 DRX 方案

根据混合常规和扩展 DRX 周期^[9]提供两种解决方案:一是基于 CN 的方案——MME 交替重传计时器;二是基于 RAN 的解决方案——在一个扩展 DRX 周期中的常规 DRX 下 eNB 重传几次。

(1) 基于 CN 的方案: MME 交替重传计时器

当前,重传寻呼消息受 MME 中的重传计时器控制。当重传计时器超时, MME 再次向 eNB 发送寻呼消息,然后 eNB 通过空中接口将其传输给 UE。将常规和扩展 DRX 周期混合, MME 能够交替重传计时器如图 1 所示,并告知 UE 常规和扩展 DRX 周期和被 MME 混合的周期。

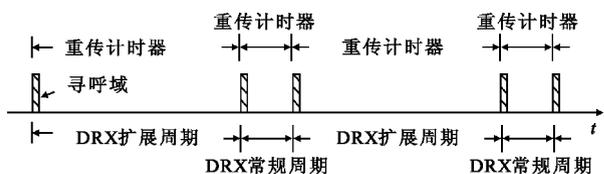


图 1 MME 交替重传计时器
Fig. 1 MME mixed retransmission timer

(2) 基于 RAN 的解决方案: 在一个扩展 DRX 周期中的常规 DRX 下 eNB 重传几次

UE 从 MME 的 NAS 信令中得到扩展 DRX 周期,并根据系统信息从 eNB 处获得常规 DRX 周期。在一个扩展 DRX 周期中,寻呼域由扩展 DRX 周期决定。此外,UE 需要在一个或多个 DRX 周期中监控寻呼信道,常规 DRX 周期和时间由 eNB 决定。该方案如图 2 所示,UE 在一个扩展 DRX 周期下唤醒两次,第一次由扩展 DRX 周期决定,第二次由常规 DRX 决定。

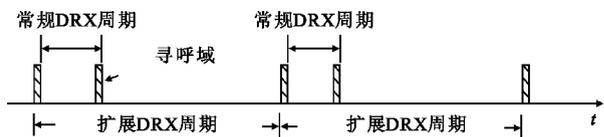


图 2 在一个扩展 DRX 周期中的常规 DRX 下 eNB 重传几次
Fig. 2 In an extended DRX cycle eNB retransmits several times which belongs to normal DRX cycles

以上两个解决方案都可以减少扩展 DRX 周期下潜在的寻呼接收。由于基于 CN 的方案超出了 RAN 的范围,因此更推荐考虑基于 RAN 的解决方案。

空闲模式下采用扩展 DRX 是 UEPCOP 的候选解决办法之一^[10]。采用空闲模式下扩展 DRX 方案的特点是最大化空闲模式下的 DRX 周期使得 UE 在节约唤醒和侦听潜在的寻呼信道时的电能消耗。该方案解决了直接扩展 DRX 带来的两个缺陷:寻呼传输周期随着扩展 DRX 周期调整。这样,更长的寻呼周期增加了寻呼消息重传的可能性;如果 DRX 周期一直维持很长的时间,那么重传寻呼消息需要等待更长的时间。例如,假设寻呼周期为 1 h,若因为一些原因使得寻呼消息没发送成功,服务器就还需要等待 1 h 才能发送重传消息,但此时可用的时隙已经被其他用户的寻呼消息所占用。对于某些紧急业务来说,不能一直允许等待这么长的时间。但是扩展 DRX 周期具体长度仍然需要讨论,单纯地扩展 DRX 会受到网络的限制。

5.1.2 RAN 侧扩展,扩展 SFN

在 LTE 中,空闲 UE 会在每个 DRX 周期监测 PDCCH 信道。根据目前的规定,DRX 周期集 {320, 640, 1 280, 2 560} ms 都受到 SFN 的限制。因此,在不扩展 SFN 的情况下 DRX 周期最大能支持 10.24 s。

如果 DRX 周期超过 10.24 s,若要获得更长的 DRX 周期,会引起 PF 寻呼帧计算错误^[11],如图 3 所示。

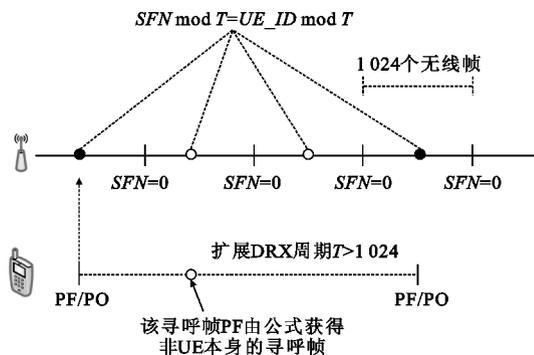


图 3 PF 模糊问题
Fig. 3 PF fuzzy

若不延长 SFN,允许采用扩展 DRX,首先会影响 RAN 计算寻呼帧(Paging Frame, PF)。根据当前的规范^[12],PF 可以从以下公式获得:

$$SFN \bmod T = (T \text{div} N) \times (UE_ID \bmod N) \quad (1)$$

简单地,假设所有的无线帧为 PFs (即, $N = T$),在这种情况下,当前系统帧号(SFN)和 UE_ID (即, $IMSI \bmod 1024$)与 DRX 周期(即 T)的模相等时,当

前的无线帧为一个 PF。然而,UE_ID 和 SFN 的值是一个 0~1 023 间的值,如果 UE 的 DRX 周期比 1 024 个无线帧长,根据上面的公式得到的无线帧可能不是一个 UE 的 PF。

根据当前的规定,SFN 中总共包含 10 b,其中 8 b 用于 MIB 消息,2 b 用于提供给同步信号。为了延长 SFN 的长度,需要额外增加 SFN 比特,额外增加的比特只用于 MTC 设备。扩展 SFN 长度可从两个方面进行:一是占用部分 MIB 消息;二是占用部分 SIB 消息^[13]。

MIB 包含很多重要信息,如下行带宽、PHICH 配置和 SFN。MIB 中,分配给 SFN 8 b。由于 MIB 包含 10 个剩余位,可以额外再分配给 SFN 几比特作为 SFN 的扩展部分。常规 UE 仍然沿用原有的 DRX 方案,同时扩展部分只需要分配给 SFN 8 b。另一方面,当 SFN 扩展了,MTC 可占用整个 SFN 长度。根据 SFN 扩展比特数,表 1 列举了最大 DRX 周期。SFN 占用更多的 MIB 位是解决扩展 DRX 最简单的方法。然而,由于 MIB 只包含 UE 与 eNB 连接的关键信息,若将剩余比特只用于 MTC 设备带来的开销很大。

表 1 扩展 SFN 后允许 DRX 最大周期

Table 1 The maximum DRX cycle after the SFN message is extended

扩展比特	扩展 DRX/s
1	20.48
2	40.96
3	81.92
4	103.24
5	327.68
6	655.36
7	1 310.72
8	2 621.44
9	5 242.88
10	10 485.76

扩展 SFN 的另一种方法是通过 SIB 消息。与 MIB 消息相比,SIB 消息比 MIB 消息有更多的空间存储额外的 SFN 比特。SIB 消息通过 FFS 承载。MTC 设备要求更长的 DRX 周期只需要读取 SIB 消息中 SFN 比特扩展部分。MTC 设备能够通过这些额外的 SFN 消息和原来的 SFN 消息延长 DRX。常规 UE 不需要读取 SIB。同时,这些表示额外比特的值在每个 SFN 增加 1。SIB 更新不能导致 system-InfoModification IE 或 systemInfoValueTag 更新,因

此,常规 UE 会尝试更新 SIB。为了优化,每个无线帧分配一次额外的 SFN 比特。不频繁传输的 SIB 消息作为 SFN 额外比特可以减少开销。从表 1 可以看出扩展 SFN 消息后能够获得最大的 DRX 周期约为 3 h。

当采用扩展 DRX 后,对 RAN 侧带来的第二个影响为系统消息的更新^[14]。针对 LTE 系统,寻呼消息也用于在空闲模式下告知 UE 系统消息的改变。UE 收到的寻呼消息中包括 systemInfoModification 指示消息,则表示系统消息会在下一个修改周期边界(MPB)改变。另一方面,如果 UE 在一个 MPB 内未接收到寻呼消息,UE 会假设没有系统消息发生变化。根据以上的结论,如果一个 UE 的 DRX 周期比修改周期更长,寻呼消息可能会接收失败,且不能告知 UE 系统消息已经发生改变,如图 4 所示。

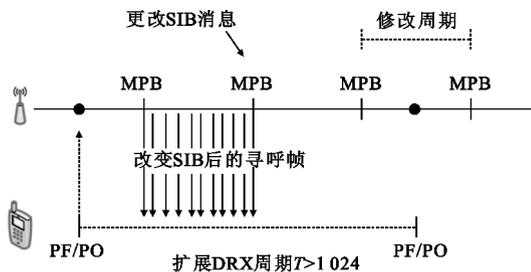


图 4 由于采用更长的 DRX 周期导致 SIB 消息改变的寻呼消息不能被接收

Fig. 4 Paging message can't be received because longer DRX cycle changes the SIB message

根据以上问题,RAN2 需要讨论在采用长 DRX 周期后当 SIB 发生变化后,怎样将这一消息告知 UE。最简单的解决办法是 UE 需要在下一个 PF/PO 到达前检查 SIB1 中的 systemInfoValueTa。如果 systemInfoValueTa 与存储在 UE 中的系统消息不同,则 UE 需要考虑 SIB 中发生了变化 systemInfoValueTag 值的范围在 0~31 之间。因此,最大 DRX 值要小于 32 倍的修改周期(MPB)。

通过 SFN 的扩展能够避免单纯扩展 DRX 周期带来的缺陷。使用 MIB 消息扩展 SFN 最简单有效,但是不能避免开销。采用 SIB 消息就得需要考虑系统消息更改,该方案对于移动性不强的 MTC 设备非常适用。

5.2 利用 UE 辅助信息扩展 DRX

TS 36.331 提出利用辅助信息扩展 DRX^[15],UE 辅助信息扩展 DRX 该过程的目的在于告知 E-UTRAN UE 的功率节约性能。E-UTRAN 假设 UE 在

未配置功率优先指示消息时采用默认的配置,当 E-UTRAN 接收到 UE 辅助消息 PPI 指示低功率后,E-UTRAN 会告知 UE 采用扩展 DRX 周期。图 5 和图 6 分别表示连接模式下的 DRX 周期和寻呼 DRX 周期。对于扩展连接模式下 DRX 周期,RRC 连接重配置用于当接收到 UE 辅助消息后告知 UE 采用扩展 DRX。对于扩展寻呼 DRX 周期,当接收到 UE 辅助消息后如果 eNB 马上决定发起 S1 释放,采用 RRC 连接释放告知 UE 扩展寻呼周期。

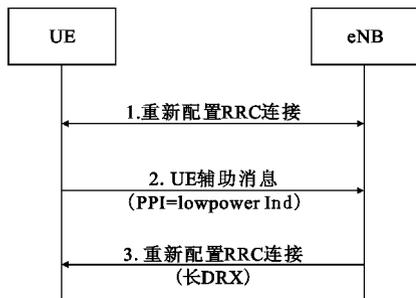


图 5 基于低功率优先指示消息扩展连接模式下 DRX 周期
Fig. 5 Extend DRX cycle in connect mode based on low power priority indicator message

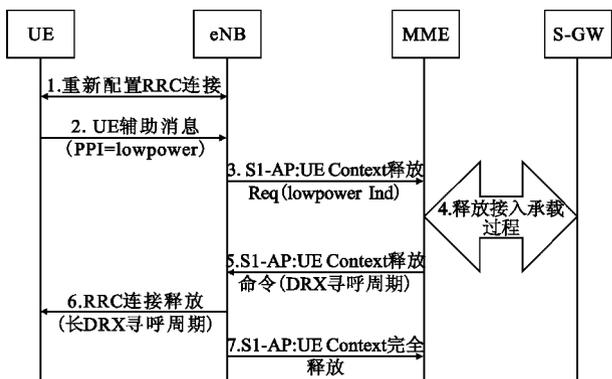


图 6 基于 UE 低功率优先指示消息扩展寻呼 DRX
Fig. 6 Extend paging DRX based on UE low power priority indicator message

该方法的最终目的仍然是扩展 DRX,但是单纯采用 UE 辅助信息仍然会带来以下问题:首先,RAN2 带来一定的寻呼 DRX 值,否则会引起寻呼帧的误差;其次,对 RAN3 也会带来一些影响,eNB 需要增加低功率指示误差标记,用于 UE Context 释放回复消息告知 MME 采用低功率状态;同时,MME 需要增加更长的寻呼周期值。

5.3 功率节约状态

TR 23.887 中 7.1.3.3 讨论了一种更新的 ECM 模型^[16-17],如图 7 所示,新的 ECM 模型需要更长的

寻呼周期,长度跟周期性更新计时器相同,激活计时器的实际长度或间隔时间决定 MTC 设备寻呼计时周期。为了减少 MTC 设备重新接入网络的时间,MTC 设备可以通过配置功耗节约,空闲模式到激活计时器超时。在功率节约状态,停止所有的 cell/RAT/PLMN、寻呼和 MM 过程,所有 NAS 计时器仍然有效。

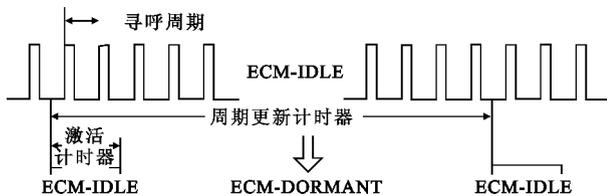


图 7 ECM 模式
Fig. 7 ECM mode

这种方案和扩展 DRX 周期相同,但与之不同的是:首先 LTE 中周期性更新计时器默认值是 54 min, MTC 设备上可以应用一种更长的周期性更新计时器,无论 RAN2 中 DRX 为何值,都仍然处于第二层;其次,根据应用的不同需求,功耗节约计时器也可以跟着改变,对于扩展 DRX 周期解决方案,UE 进行所有的 cell/RAP/PLMN 重选,然而 ECM-DORMANT 状态下这些测量或重选会停止。

UE 在 ECM-Dormant 状态下,UE 不能执行所有的与 RRC-Idle 状态有关的功能,因此该状态相当于一个新的 RRC-Idle 状态。该状态称为“休眠态”^[9],当 UE 休眠态,UE 不能获得 MT 数据,当无上行数据到达或 TAU 超时,UE 会长期保持休眠状态,如图 8 所示。

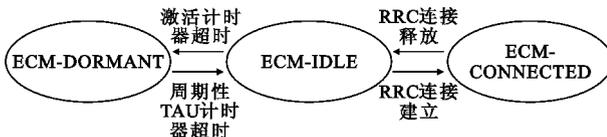


图 8 状态转移
Fig. 8 State transition

休眠状态的引入能更大程度上节约功耗,但 NAS 需要增加新的状态和信令消息,同时在扩展周期期间寻呼 UE 不可达。UE 可能需要经历休眠状态后才能进入休眠态,如果需要等待网络发送 MT 触发,该 MT 触发会被 CN 挂起。

5.4 附着/去附着方案

TR 23.887.1.3.4^[16]中提到另外一种附着/去附着方案,包括非 MNO 控制和 MNO 控制。

(1) 非 MON 控制方法

每当 UE 发现有上行数据重新依附到网络会发送 SMS 或激活一个 PDN 连接同时通过 IP 发送该信息,此过程如图 9 所示(引用 TR 23.877)。另外,SCS 要求 UE 通过附着到网络并等待的方式询问网络是否有 MT SMS 消息发送给它。该方案不考虑 UE 额性能和 UE 附着于去附着的频率。

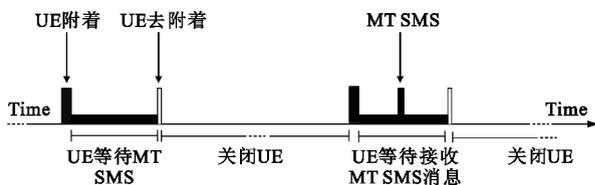


图9 附着/去附着
Fig.9 Attach/detach

(2) MNO 控制方案

UE 保持附着时间与 UE 功率节约激活时间 (UE power saving active time) 控制周期一样长,包括激活或空闲模式。UE 在计时器超时时会告知网络去附着。UE power saving wakeup timer 假定为 UE 从去附着状态到重新附着状态的间隙。当我们不能假设每时每刻 UE 都会相同的上行数据传输,UE 在空闲模式下的时间周期不固定,这样给 UE 在空闲模式接收寻呼消息带来了挑战。实际上,当 MT SMS 等待时间不超过 UE 数据传输时非 MNO 控制方案也有相同的缺陷。采用附着/去附着的过程不能像 TR 23.877 的 7.1.3.3 中的办法在空闲模式下控制 UE 的状态那么精确。该方案的优点是不需要对网络侧进行改进,同时在去附着阶段核心网络不需要存储 UE Context。但是,当有上行数据需要发送,该方案需要满足当前附着过程中的全信令流会随着时间的变化而变化,因此该过程带来了时间和信令的浪费。同时,当用户处于去附着状态,用户是不可达的,因为更长的附着过程会导致更多的功耗。

5.5 延迟传输直到传输条件变好

UE 或 MTC 应用都可以配置延迟传输计时器^[19],计时器超时前不发送消息。该计时器时间可根据不同的服务最大能容忍的时延设定。当 UE 检测到信号质量低于门限值时,UE 开启延迟传输计时器,在此时间之内 UE 不能发送任何数据,只有当信号质量达到一定的门限值才能发送数据。若计时器超时,信号质量仍然无法达到门限值,UE 忽略信号质量的门限值,继续发送传输请求。

该方法允许 MTC 设备通过延迟发送直到覆盖

条件好的情况下以低功率传输。当 MTC 设备处于空闲模式并且需要连接到网络传输消息时,但此时的覆盖条件不是很好(即低于某个门限值),需要延迟发送直到覆盖条件变好的时候再发送。MTC 设备能延迟传输直到计时器超时,该方法可应用到移动的 MTC 设备或时延允许的 MTC 设备。如果该方法运用到下行数据的传输(如 MT 短信),MTC 设备需要向 eNB 上报信道质量消息,由此会带来更多的信令开销和更高的复杂度,因此在 MT 短信的应用上不够理想。

5.6 连接模式下采用长 DRX 周期

在连接模式下采用长 DRX 周期^[20-21],可以在更长的时间周期关闭终端无线发送接收设备,因此能减少功耗。该方案适用于非连续发送数据的终端。连接模式下 DRX 周期可延长到几分钟。该方案一般只适用于移动发起的业务或时延允许的业务。若采用连接模式下长 DRX 周期方案需要对长 DRX 周期中移动性测量过程和核心网络切换进行改进。

6 对比分析

根据上面几种方法的研究,各个方案对网络的影响不尽相同,不同的方法适用于不同的应用。目前最简单有效的办法就是扩展空闲模式下 DRX 周期,但需要解决对寻呼重传的影响。附着/去附着方案对网络影响非常大,需要考虑额外的信令开销,针对 MTC 设备来说应用效果不佳。若采用休眠模式对 NAS 的影响非常大,需要为休眠状态重新定义新的状态和信令。利用 UE 辅助信息扩展 DRX,和连接模式下扩展 DRX 都是在扩展 DRX 基础之上的改进。延迟传输对网络没有影响,但是只适用于时延允许的业务,对于紧急业务不是很实用。下面将对这几种方案列表进行分析,分别研究它们对 eNB 的影响,表现在需要 eNB 新增的功能以及新的设置条件,如表 2 所示。同样对于 UE 来说,采用不同的方案也需要对 UE 做不同的改进,表 3 阐释了不同方案类型对 UE 的影响。表 4 进一步说明这几种方案类型的优缺点和业务适用范围。从表 4 可以看出,除了空闲模式下扩展 DRX 的方案,其他几个方案最大的劣势表现为开销浪费大而引起更大的功率消耗,因此是最简单有效的方法。根据应用范围的比较,只有延迟传输直到覆盖条件变好方案能够适用于移动性频繁的设备,其他都只适用于固定 MTC 设备。

表 2 不同方案类型对 eNB 的影响

Table 2 The impact on eNB while using different method

方法	对 eNB 的影响
空闲模式下扩展 DRX	支持扩展 DRX;告知 MME 扩展 DRX 性能;扩展缓存(存储该寻呼消息直到下一个寻呼消息到来)
利用 UE 辅助信息扩展 DRX	支持扩展 DRX;扩展 SI-AP context 释放消息;释放 RRC 连接的扩展包括扩展寻呼 DRX;扩展缓存
功率节约状态	增加 NAS 状态和信令;MME/SGSN 需要配置更长的周期性更新计时器
附着/去附着方案	MME/SGSN 在通信完成后需要初始化去附着过程;推迟去附着或激活时间
延迟传输直到覆盖条件变好	无(如果只用于 MO 消息的应用)
连接模式下采用长 DRX 周期	支持扩展 DRX;为设置更长的 DRX 对信令部分扩展;扩展缓存(更多的 UE Contexts 和更长的下行 UP 或 CP 信息生存期)

表 3 不同方案类型对 UE 的影响

Table 3 The impact on UE while using different method

方法	对 UE 的影响
空闲模式下扩展 DRX	支持扩展 DRX;告知 MME 扩展 DRX 的能力(伴随修订的 NAS 消息)
利用 UE 辅助信息扩展 DRX	支持扩展 DRX;告知 eNB 扩展 DRX 的能力;释放 RRC 连接的扩展包含扩展寻呼 DRX
功率节约状态	需要增加一种新的 ECM 模式
附着/去附着方案	重新配置 UE 开启去附着过程
延迟传输直到覆盖条件变好	定义新的计时器(根据具体过程而定);扩展缓存
连接模式下采用长 DRX 周期	支持扩展 DRX;告知 eNB 扩展 DRX 的能力

表 4 不同方案类型的优缺点及其应用场景

Table 4 The merits,disadvantages and application for different method

方法	优点	缺点	应用
空闲模式下扩展 DRX	简单方便且信令开销少	容易引起寻呼帧扩展,且 DRX 最优扩展周期不好确定	适合固定的 MTC 设备或时延允许的 MTC 设备
利用 UE 辅助信息扩展 DRX	直观	额外的开销的浪费引起额外的功耗浪费	适合固定的 MTC 设备或时延允许的 MTC 设备
功率节约状态	休眠期长最大程度节省功耗	引起额外信令开销的浪费	适合固定的 MTC 设备或时延允许的 MTC 设备

续表 4

附着/去附着方案	网络侧改进小	引起额外的信令开销的浪费和更长的附着时间	适用于固定的 MTC 设备
延迟传输直到覆盖条件变好	最大限度节约功耗	更多的信令开销和更高的复杂度	适合移动的 MTC 设备或延允许的 MTC 设备
连接模式下采用长 DRX 周期	连接模式下关闭终端接收器节约部分功率	设备移动后重新接入网络时会产生很大的信令开销	适合固定的 MTC 设备或时延允许的 MTC 设备

7 结束语

综上所述,以上 6 个分类都是专门针对 MTC 通信终端功耗优化提出来的,对比分析发现目前在空闲状态下扩展 DRX 的方法能够有效地减少功率消耗,同时不会带来新的信令开销,但是仍然需要解决寻呼帧扩展失步的问题,考虑通过扩展 SFN 消息保证在扩展 DRX 的同时不会引起寻呼帧的失步。

由于目前针对 MTC 通信终端能耗优化的研究比较少,以后的研究中需要进一步考虑以下几个方面的问题:一是考虑如何结合终端的各种休眠、空闲模式,将分组调度控制与不(非)连续接收机制(DRX)联合实现 M2M 终端节能;二是如何根据 M2M 终端不同业务特征和 QoS 需求,提出适合于混合业务的 DRX 机制;三是如何结合不(非)连续接收机制(DRX)减少信令交互,都是以后需要讨论的问题;四是网络侧的改进;五是如何根据不同的应用需求提出最佳 DRX 周期长度;六是针对信令开销较多的方案,如何能够做到尽量减少信令的开销减少信令开销引起的降低设备功耗问题;七是如何解决移动性 MTC 设备的功耗优化问题。

参考文献:

- [1] ETSI TR 102 935v2.1.1[S].
- [2] 3GPP TR 22. v8.0.0, Study on facilitating machine to machine communication in 3GPP systems[S].
- [3] 3GPP TS 22.368 v11.2.0,Service requirements for machine-type communications(Stage 1)[S].
- [4] 3GPP TR 23.888 v1.3.0, System Improvements for Machine-Type Communications[S].
- [5] 3GPP TR 37.868 v0.7.0, R2-106033, Study on RAN Improvements for Machine-type Communications[S].

- [6] 张雅清, 李方伟. 增强 DRX 技术对 TD-LTE 系统节能机制中的研究与应用[J]. 计算机应用研究, 2010, 27(12): 4758-4760.
ZHANG Ya-qing, LI Fang-wei. Enhanced discontinuous reception mechanism for power saving in TD-LTE[J]. Application Research of Computers, 2010, 27(12): 4758-4760. (in Chinese)
- [7] 黄海波, 田辉, 徐海博. 基于时延的动态非连续接受周期调整机制[J]. 中国科学技术大学学报, 2009, 39(10): 1108-1113.
HUANG Hai-bo, TIAN Hui, XU Hai-bo. A delay based dynamic discontinuous reception cycle adjusting scheme[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2009, 39(10): 1108-1113. (in Chinese)
- [8] 李小文, 徐志文, 张峥. TD-LTE 系统 DRX 机制的分析与设计[J]. 电子技术应用, 2012, 38(3): 44-46.
LI Xiao-wen, XU Zhi-wen, ZHANG Zheng. Analysis and design of DRX mechanism in TD-LTE systems[J]. Application of Electronic Technique, 2012, 38(3): 44-46. (in Chinese)
- [9] 3GPP TSG RAN WG2 R2-13000, Mix Normal and Extended DRX Cycles [S].
- [10] S2-130645, LS on requesting input on MTCe solutions [S].
- [11] 3GPP TSG RAN WG2 R2-131024, RAN Aspect of Extended DRX in Idle Mode [S].
- [12] 3GPP TS 22. 268 v12. 1. 0, Public Warning System (PWS) requirements[S].
- [13] 3GPP TSG RANWG2 R2-131102, Introduction of longer SFN length for MTC [S].
- [14] 3GPP TS 36. 331 v11. 5. 0, Technical Specification Group Radio Access Network [S].
- [15] 3GPP TR 23. 887, v. 0. 8. 0, Machine-Type and other Mobile Data Applications communications enhancements, Release 12[S].
- [16] 3GPP TSG - RAN WG2 Meeting #81bisR2 - 131345, Shanghai Bell, Alcatel-Lucent. Discussion on MTC idle states for power saving [S].
- [17] 3GPP TSG-RAN WG2 Meeting #81bis, Qualcomm Incorporated. R2-131232, Discussion on UE power consumption reduction for MTC devices with infrequent transmission[S].
- [18] 3GPP TS 36. 304 v11. 3. 0, User Equipment (UE) procedures in idle mode [S].
- [19] 3GPP TS 22. 268 v12. 1. 0, Public Warning System (PWS) requirements[S].
- [20] 3GPP TSG-RAN2 #81bis Meeting, R2-131036, MediaTek Inc. Analysis of extending paging cycle in idle mode [S].
- [21] 3GPP TSG - RAN WG2 Meeting #81bis, Sony. R2 - 131199, Power consumption of idle-mode UE with extended DRX [S].

作者简介:



石华宇(1988—),女,重庆开县人,重庆邮电大学硕士研究生,主要研究方向为 LTE-A 系统支持机器间通信(MTC)终端功耗优化研究;

SHI Hua-yu was born in Kaixian, Chongqing, in 1988. She is now a graduate student. Her research concerns LTE-A MTC terminal.

Email: shi_huayu@163.com

唐伦(1973—),男,重庆合川人,博士,副教授,主要研究方向为车辆自组织网络、无线资源管理、移动性管理等;

TANG Lun was born in Hechuan, Chongqing, in 1973. He is now an associate professor with the Ph. D. degree. His research concerns Ad Hoc network, wireless resource management and mobile management.

Email: tangl@cqupt.edu.cn

陈前斌(1967—),男,四川营山人,博士,教授,主要研究方向为个人通信、多媒体信息处理与传输技术、下一代网络技术等。

CHEN Qian-bin was born in Yingshan, Sichuan Province, in 1967. He is now a professor with the Ph. D. degree. His research concerns proviate communication, multimedia information processing and next-generate network.

Email: chenqb@cqupt.edu.cn