

一种 H2H 和 M2M 混合场景下的前导码资源动态分配机制



王 聪¹ 魏成强² 李 宁² 马文峰¹ 田 辉¹

1 陆军工程大学野战工程学院 南京 210007

2 陆军工程大学通信工程学院 南京 210007

摘 要 在 H2H 和 M2M 混合场景下,随着大规模 M2M(Machine-to-Machine)设备接入网络,受限于有限的接入前导码资源, H2H(Human-to-Human)用户的接入成功率会大幅降低。针对此问题,提出了一种 H2H 和 M2M 混合场景下的前导码资源动态分配机制。在满足 H2H 平均接入时延要求的情况下,动态调整分配给 M2M 设备的前导码资源数量,然后根据分配的资源数量,自适应调整每个随机接入子帧内参与竞争的 M2M 设备数量,最大化 M2M 设备的接入效率。对 M2M 设备接入成功率及 H2H 平均接入时延进行仿真,结果表明所提方法相比固定资源分配机制,在 H2H 平均访问时延较低的情况下,明显提高了 M2M 设备的接入成功率。

关键词: M2M 通信;组寻呼;ACB 机制;资源分配

中图法分类号 TN929.5

Dynamic Allocation Mechanism of Preamble Resources Under H2H and M2M Coexistence Scenarios

WANG Cong¹, WEI Cheng-qiang², LI Ning², MA Wen-feng¹ and TIAN Hui¹

1 College of Field Engineering, Army Engineering University of PLA, Nanjing 210007, China

2 College of Communications Engineering, Army Engineering University of PLA, Nanjing 210007, China

Abstract As massive M2M devices are connected to the network, the network performance declines sharply. At the same time, due to limited preamble resources, the access success probability of H2H users is severely reduced. To solve this problem, this paper proposes a dynamic allocation mechanism of preamble resources in hybrid H2H and M2M scenarios. In this method, on the condition that the H2H average access delay meets requirements, the amount of preamble resources allocated to M2M devices is dynamically adjusted. Then, according to the amount of allocated preamble resources, the number of M2M devices competing in each random-access opportunity is dynamically adjusted to maximize the access efficiency of M2M devices. Through the simulation of the success probability of M2M devices and the average H2H access delay, experimental results show that this method significantly improves the success probability of M2M devices when the average H2H access delay is low, compared with the fixed resource allocation mechanism.

Keywords M2M communication, Group paging, ACB mechanism, Resource allocation

1 引言

物联网的主要目标是万物互联。M2M 通信是物联网的主要实现方法。M2M 是指不借助于人(或者很少借助于人)的机器与机器之间的通信。M2M 的应用遍布各个领域,如智能交通、健康医疗、环境检测、工业自动化、智能家居等^[1]。

随着物联网应用的发展, MTC(Machine Type Communication)设备数量也急剧增加,根据 Gartner 公司统计,2020 年 M2M 设备将突破 204 亿台^[2]。大规模 M2M 设备同时接入网络会引起网络拥塞,这不会降低 M2M 设备的接入成功率,而且会增加 H2H 业务的时延。因此,大规模 MTC 设备

接入网络造成的拥塞成为 M2M 通信亟需解决的问题。

为了解决这个问题,学术界提出了许多技术和方法。其中有代表性的是 GP(Group Paging)技术和 ACB(Access Class Barring)技术。

GP 技术是 3GPP 提出的一种有效解决 LTE(Long Term Evolution)网络拥塞的方法。它本质上是一种基于 PULL 的技术,是一种中心控制方法^[3]。在 GP 方法中, MTC 设备根据不同的 QoS(Quality of Service)需求被分为不同的组,每个组被赋予一个 ID,称该 ID 为 GID。当基站发出寻呼消息后,相应的指定组中所有的 MTC 设备同时发起随机接入进程。但是当组内设备数量变多时,组寻呼的性能急剧下降。

到稿日期:2020-03-03 返修日期:2020-06-30 本文已加入开放科学计划(OSID),请扫描上方二维码获取补充信息。

基金项目:国家自然科学基金(61771486);江苏省博士后科研资助计划项目(2019K090)

This work was supported by the National Natural Science Foundation of China(61771486) and Jiangsu Planned Projects for Postdoctoral Research Funds(2019K090).

通信作者:王聪(lgd_dolphin@139.com)

ACB机制作为一种冲突解决机制,早已被广泛运用于2G/3G网络中^[4-5]。在LTE系统中,ACB参数(包括AC barring factor和AC barring time)^[6]由基站在系统信息块SIB(System Information Block)中广播。每个设备在开始随机接入过程之前,首先判断自己是否在禁止类中。如果在禁止类中,设备生成一个 $[0,1]$ 中的随机数,并将此随机数与禁止参数进行比较。若随机数小于禁止参数,则设备正常初始化随机接入过程;若随机数大于禁止参数,设备将进入回退过程。通过这种方法,ACB机制可以减少同时访问网络的设备数量,从而提高设备的接入成功率。但如何根据网络负载情况实时调整ACB参数,一直是一个令人困扰的问题。

本文提出了一种H2H和M2M混合场景下的前导码资源动态分配机制。该机制在满足H2H平均接入时延要求的情况下,动态分配M2M设备的前导码资源,并根据MTC设备数量自适应调整ACB参数,从而降低网络时延,提高接入成功率。

本文第2节介绍相关工作;第3节给出系统模型;第4节讨论LTE网络中H2H和M2M混合场景下的前导码资源动态分配机制;第5节进行性能仿真分析;最后总结全文。

2 相关工作

随着M2M设备的激增,由大规模M2M设备接入网络带来的网络拥塞问题也越来越受到重视,已经成为了研究的重点^[1]。现有的方法可以分为基于PULL的技术和基于PUSH的技术。GP作为一种基于PULL的技术被广泛运用,GP的性能也得到广泛的分析。与一般方法将网络流量均分到所有的接入时隙中不同,在GP方法中,被寻呼的组中的设备会在第一个接入时隙内同时发起接入请求,这样会导致系统负载变大^[7]。文献[8]提出了一种连续组寻呼方法CGP(Continuous Group Paging),通过增加设备的接入机会来提高接入成功率,代价是增加了设备的接入时延。文献[9]提出了预回退机制,设备在接入网络前会首先被基站强制均匀地回退一段时间,这在一定程度上分散了同时接入网络的设备数量,提高了设备的接入成功率。

对于资源分配,文献[10]提出了一种适用于组寻呼的动态资源分配机制,该机制针对突发M2M业务,通过估计每个接入时隙内请求接入的用户数量,在满足一定接入成功率的情况下,动态调整前导码资源的分配,从而最大化资源利用率。

ACB机制是目前公认的在M2M通信中比较有效的一种控制网络负载的方法。目前的研究主要集中在动态调整ACB参数上^[11-14]。文献[11]提出了一种基于PID的动态ACB参数调整方法,ACB参数动态调整的基础是网络流量估计。文献[12]根据网络冲突状态,利用基于马尔可夫链的流量估计方法估计通信流量。文献[13-14]提出了两种动态ACB算法(Dynamic ACB, D-ACB),这两种算法可以根据网络流量动态调整ACB参数,从而缩短系统整体服务时间。文献[8]根据估算请求接入的设备数量,在取ACB最优参数值的情况下,动态地调整分配给M2M设备的前导码资源。

与H2H相比,M2M的业务特征不同,其QoS需求也不同。为了满足M2M不同的QoS需求,文献[15]提出了一种

MACB(Multiple ACB)机制,给不同的应用赋予不同的接入优先级。为了提高接入性能,3GPP提出了一种EAB(Extended Access Barring)机制,将时间容忍(time-delayed)业务分为0-9个不同的接入级别,基站可以根据当前的负载情况,允许或拒绝某个级别的设备接入网络^[16]。

除此以外,解决大规模M2M设备接入物联网所引起的网络冲突、资源共享等问题的文献还有许多,如文献[17]在不考虑用户优先级的情况下,分析了面向海量用户的通用随机接入系统资源分配策略;文献[18]提出了一种两阶段随机接入过程,用以提高物联网接入效率;文献[19]提出了一种高效的物联网随机接入方案;文献[20]提出了一种增强的随机接入方案等。

无论是GP,还是ACB机制,都存在优点和缺陷。ACB机制作为一种PUSH方法,是一种去中心化的方法,因此在ACB方法中,网络的整体资源利用率不平稳。GP方法作为一种中心控制的方法,虽然资源利用率是平稳的,但是其在信令过载和灵活性方面存在问题。此外,GP和ACB机制在大规模M2M设备的场景下均表现都不佳。

3 系统模型

本文假设的场景是一个单基站小区,小区内包含H2H用户和M2M设备。基站根据QoS将小区内所有设备随机分为不同的组,每个组被分配一个ID。例如,将时延敏感型业务分为一组,将时延非敏感型业务分成另外一组。组内包含 M_{H2H} 个H2H用户和 M_{M2M} 个M2M设备,如图1所示。基站需要某些设备的信息时,只需要向对应设备所在的组发送寻呼消息,收到寻呼消息的组,由组内成员发起随机接入过程。假设基站在每个单频带随机接入时隙内为H2H用户和M2M设备提供的总的接入前导码资源为 R 。将前导码资源 R 分为3个部分: R_1 表示M2M设备提供的前导码资源; R_2 表示H2H设备提供的前导码资源; R_3 表示H2H和M2M共用的前导码资源。其资源分配如图2所示。

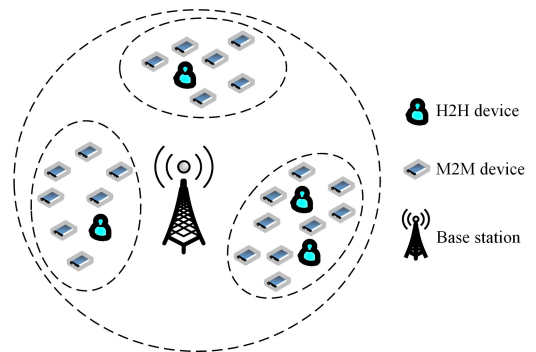


图1 系统模型

Fig. 1 System model

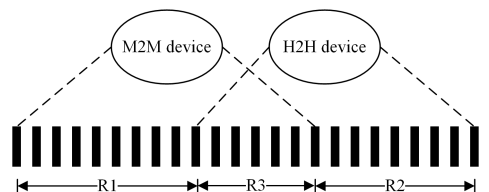


图2 资源分布图

Fig. 2 Resource distribution

4 LTE 网络中 H2H 和 M2M 混合场景下的前导码资源动态分配机制

随机接入过程如图 3 所示。整个寻呼周期 T 被分为 N_{sub} 个子帧,每个子帧的时间长度为 T_{interval} 。在每个子帧内,待接入的设备只能进行一次随机访问,发生冲突的设备将在下一个子帧重新开始随机访问过程。

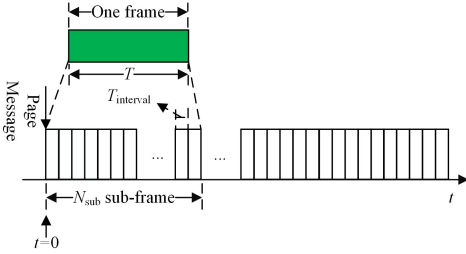


图 3 随机接入过程

Fig. 3 Radom access procedure

接入效率是指,在每个随机接入子帧内给定可用前导码数量和待接入 M2M 设备数量的情况下,一个设备恰好选择一个前导码的概率。假设在随机接入子帧 i 内可用前导码数量为 L ,每个前导码被选中的概率则为 $\frac{1}{L}$,当随机接入子帧 i 内待接入的 M2M 设备数量为 $M_{\text{M2M},i}$ 时,接入效率 R_{eff} 为:

$$R_{\text{eff}} = M_{\text{M2M},i} \cdot \left(\frac{1}{L}\right) \left(1 - \frac{1}{L}\right)^{M_{\text{M2M},i}-1} \quad (1)$$

其中, $M_{\text{M2M},i}$ 表示随机接入子帧 i 内待接入的 M2M 设备数量, L 表示用于 M2M 设备接入的前导码数量,因此其最大上限为 $R1+R3$ 。每个随机访问过程中,在满足 H2H 平均接入时延的情况下,机制通过动态调整前导码资源的分配来最大化 M2M 的接入效率。优化目标如下:

$$\begin{aligned} \max R_{\text{eff}} &= \max \left(M_{\text{M2M},i} \cdot \left(\frac{1}{L}\right) \left(1 - \frac{1}{L}\right)^{M_{\text{M2M},i}-1} \right) \\ \text{s. t. } &R1 \leq L \leq (R1+R3) \\ &E(D) \leq D_{\text{rep}} \end{aligned} \quad (2)$$

其中, $E(D)$ 表示 H2H 用户的平均接入时延, D_{rep} 表示最小时延要求。根据文献[21],假设在本文中随机接入访问没有重传限制,则 H2H 的平均访问时延为:

$$\begin{aligned} E(D) &= \sum_{n=0}^{\infty} T_{\text{interval}} \cdot (n+1) \cdot P_{\text{success}} \cdot (1-P_{\text{success}})^n \\ &= \frac{T_{\text{interval}}}{P_{\text{success}}} \end{aligned} \quad (3)$$

其中, n 表示一个设备重传的次数; T_{interval} 表示一个随机接入子帧的时间长度; P_{success} 表示在给定 L^* 的情况下,一个 H2H 用户与 $M_{\text{H2H},i}-1$ 个用户竞争并成功接入网络的概率; L^* 表示基站分配给 H2H 用户的前导码数量。

$$\begin{aligned} P_{\text{success}} &= L^* \cdot \left(\frac{1}{L^*}\right) \left(1 - \frac{1}{L^*}\right)^{M_{\text{H2H},i}-1} \\ &= \left(1 - \frac{1}{L^*}\right)^{M_{\text{H2H},i}-1} \end{aligned} \quad (4)$$

由式(2)一式(4)得到满足 H2H 平均接入时延要求的前导码资源集合 L_{H2H} 为:

$$L_{\text{H2H}} = \left\{ L^* \left| \frac{T_{\text{interval}}}{\left(1 - \frac{1}{L^*}\right)^{M_{\text{H2H},i}-1}} \leq D_{\text{rep}}, R2 \leq L^* \leq (R2+R3) \right. \right\} \quad (5)$$

因为总的前导码资源数量为 R ,所以在满足 H2H 平均接入时延要求的情况下,分配给 M2M 的最大前导码接入资源数量为:

$$L_{\text{max}} = \begin{cases} R - \min(L_{\text{H2H}}), & \text{if } L_{\text{H2H}} \neq \emptyset \\ R1, & \text{if } L_{\text{H2H}} = \emptyset \end{cases} \quad (6)$$

其中, $\min(L_{\text{H2H}})$ 表示集合 L_{H2H} 中的最小元素。式(6)体现了尽量满足 H2H 用户需求的资源分配原则。若 $L_{\text{H2H}} = \emptyset$,则表示即使把全部资源都分配给 H2H 用户,也无法满足 H2H 用户的时延要求,在这种情况下不存在最优解,所以令 $L_{\text{max}} = R1$ 。

根据文献[22],当 $M_{\text{M2M},i} = L$ 时,接入效率达到最大。因此,为达到最大的接入效率,采用 ACB 机制控制每个随机接入子帧内待接入的 M2M 设备数量。在设备发起基于竞争的随机接入过程前,首先根据系统信息判定其所在的组是否被禁止。若该组没有被禁止,则组内所有设备都可以同时发起随机接入进程;否则,组内每个设备在 $[0,1]$ 之间随机选择一个数值,然后与基站广播的 ACB 机制的禁止参数进行比较。若随机数小于参数值,则设备发起随机接入进程;否则,设备被强制回退一定的禁止时间,直到禁止时间为 0,该设备重新选择一个随机数进行判定。因此,每个随机接入子帧内 ACB 机制的禁止参数为:

$$\text{ac_BarringFactor} = \begin{cases} 1, & \text{if } L_{\text{max}} \geq M_{\text{M2M},i} \\ \frac{L_{\text{max}}}{M_{\text{M2M},i}}, & \text{if } L_{\text{max}} < M_{\text{M2M},i} \end{cases} \quad (7)$$

进而可以得到分配给 M2M 设备的最优的前导码数 L_{opt} 为:

$$L_{\text{opt}} = \begin{cases} M_{\text{M2M},i}, & \text{if } L_{\text{max}} \geq M_{\text{M2M},i} \\ L_{\text{max}}, & \text{if } L_{\text{max}} < M_{\text{M2M},i} \end{cases} \quad (8)$$

假设 $M_{\text{M2M},i}$ 和 $M_{\text{H2H},i}$ 分别表示在随机接入子帧 i 内待接入的 M2M 和 H2H 数量, $M_{\text{M2M},i-1,c}$ 和 $M_{\text{H2H},i-1,c}$ 分别表示在子帧 $i-1$ 传输失败的 M2M 和 H2H 设备数量, $M_{\text{M2M},i}^{\text{rv}}$ 和 $M_{\text{H2H},i}^{\text{rv}}$ 分别表示在子帧 i 内新到达的 M2M 和 H2H 设备数量, $M_{\text{M2M},i-1,c}^{\text{ACB}}$ 表示在子帧 $i-1$ 内未通过 ACB 机制的 M2M 设备数量,则每个随机接入子帧内待接入的设备数量分别为:

$$M_{\text{M2M},i} = M_{\text{M2M},i-1,c} + M_{\text{M2M},i-1,c}^{\text{ACB}} + M_{\text{M2M},i}^{\text{rv}} \quad (9)$$

$$M_{\text{H2H},i} = M_{\text{H2H},i-1,c} + M_{\text{H2H},i}^{\text{rv}} \quad (10)$$

根据前面的分析,可以得到算法 1。

算法 1 Dynamic resource allocation

Input: $L, R1, R2, R3, \lambda_{\text{H2H}}, \lambda_{\text{M2M}}, D_{\text{rep}}$

Output: $\text{ac_BarringFactor}, L_{\text{opt}}$

1. $i=1$
2. For i th slot do
 3. Compute $M_{\text{M2M},i}$ through Equation (9);
 4. Compute $M_{\text{H2H},i}$ through Equation (10);
 5. Compute L_{H2H} through Equation (5);
 6. Compute L_{max} through Equation (6);
 7. If $L_{\text{max}} \geq M_{\text{M2M},i}$ Then
 8. $\text{ac_BarringFactor} = 1$;
 9. $L_{\text{opt}} = M_{\text{M2M},i}$
 10. Else
 11. $\text{ac_BarringFactor} = \frac{L_{\text{max}}}{M_{\text{M2M},i}}$;
 12. $L_{\text{opt}} = L_{\text{max}}$;
 13. End If
14. End For

5 性能分析

假设在每个随机接入子帧内, H2H 设备和 M2M 设备的到达服从泊松分布。令设备到达率为 λ , 则时间 T 内, 到达 k 个设备的概率 A_k 为:

$$A_k = \frac{(\lambda T)^k}{k!} e^{-\lambda T}, k=1, 2, \dots \quad (11)$$

设 H2H 设备和 M2M 设备的到达率分别为 λ_{H2H} 和 λ_{M2M} , 则可以估计出网络的流量。

下面对接入成功率、资源利用率、前导码分配情况、H2H 用户平均接入时延以及 M2M 设备接入效率等性能进行仿真。仿真平台采用 Matlab R2019b, 使用蒙特卡洛法进行仿真, 对于 M2M 和 H2H 的每个流量模型, 本文进行了 100 次独立仿真。仿真参数如表 1 所列。

表 1 仿真参数
Table 1 Basic simulation parameters

Notations	Definitions	Values
λ_{M2M} /(arrivals/s)	The arrival rate of M2M devices	500~5 000
λ_{H2H} /(arrivals/s)	The arrival rate of H2H devices	200~2 000
R1	The number of preambles assigned to the M2M device	5
R2	The number of preambles assigned to the H2H device	5
R3	The number of shared preambles	44
R	The total number of preambles	54
D_{rep} /ms	The minimum delay requirement of H2H devices	22
T/s	The paging cycle	1
$T_{interval}$ /ms	Length of the random access subframe	10
Fixed 1		
R1	The number of preambles assigned to the M2M device	19
R2	The number of preambles assigned to the H2H device	35
Fixed 2		
R1	The number of preambles assigned to the M2M device	24
R2	The number of preambles assigned to the H2H device	30

图 4 给出了分配给 M2M 设备的前导码变化趋势。随着 M2M 设备的增加, 分配给 M2M 设备的前导码数量增多, 并最终趋于平稳。当 H2H 用户数量较少(如 $\lambda_{H2H} = 200, \lambda_{H2H} = 400$)时, 分配给 M2M 的前导码资源可以达到 45, 甚至更多; 当 H2H 用户数量较多时, 分配给 M2M 用户的总的前导码资源减少, 当 $\lambda_{H2H} = 5 000$ 时, 因为即使将 $R2 + R3$ 全部分配给 H2H 都不能满足 H2H 用户的时延要求, 所以最终分配给 M2M 设备的前导码资源等于 R1。

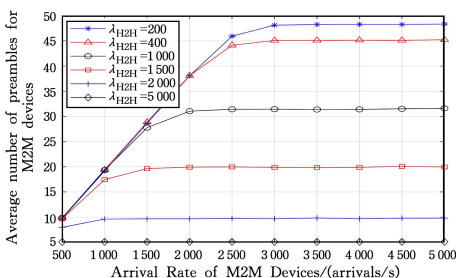


图 4 前导码变化趋势

Fig. 4 Average number of preambles for M2M devices

图 5 给出了 ACB 参数的变化趋势。总的来看, 随着 M2M 数量的增多, ACB 参数减小, 这限制了更多的设备进入网络; 随着 H2H 用户的增多, 分配给 H2H 用户的资源增加, 因此分配给 M2M 设备的资源在减少。通过减小 ACB 参数来控制同时接入网络的 M2M 设备数量, 可以保证接入效率, 并减少网络拥塞。

当 H2H 到达率较低(如 $\lambda_{H2H} = 200, \lambda_{H2H} = 400$)且 M2M 到达率小于 2 000 时, 因为分配给 M2M 的资源可以满足 M2M 设备的接入需求, 所以此时 ACB 参数设为 1; 相反当 $\lambda_{H2H} = 2 000$ 时, 因为 H2H 需要的资源比较多, 所以在多数情况下, M2M 的资源无法满足 M2M 设备的接入需求, 此时 ACB 参数比较小, 限制了大多数 M2M 设备的接入请求。

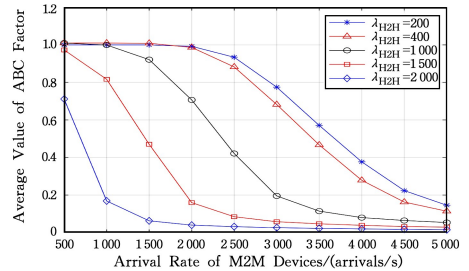


图 5 ACB 参数的均值

Fig. 5 Average value of ACB factor

图 6 给出了 M2M 接入成功率, 随着 M2M 设备数量的增多, M2M 接入成功率逐渐降低。将所提方法与两种固定资源分配方法进行比较发现, 因为固定资源分配方法分配给 H2H 和 M2M 设备的资源数是常数, 所以 H2H 用户数量对 M2M 接入成功率没有影响。但同时, 这两种方法的 H2H 用户平均接入时延也是无法控制的(见图 7)。

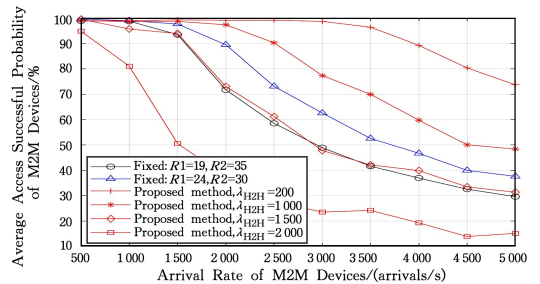


图 6 M2M 的接入成功率

Fig. 6 Success probability for M2M devices

本文所提方法在 $\lambda_{H2H} < 1 500$ 时, M2M 设备的接入成功率明显大于两种固定分配方法; 当 $\lambda_{H2H} = 1 500$ 时, M2M 设备接入成功率也高于固定分配方法 1; 当 $\lambda_{H2H} > 1 500$ 时, 因为要保证 H2H 用户的接入时延, 所以 M2M 设备的接入成功率就降低了。

图 7 给出了 H2H 的平均接入时延。可知, 本文所提方法较好地控制了 H2H 用户的接入时延, 与两种固定分配方法相比, 其 H2H 用户的平均接入时延较短。当 $\lambda_{H2H} < 1 500$ 时, 3 种方法分配给 H2H 用户的资源充足, 都可以满足 22ms 的时延要求。但本文所提方法为了尽量提高 M2M 设备的接入效率, 在满足时延要求的情况下, 限制了分配给 H2H 用户的资源数, 因此其 H2H 用户的接入时延略大于固定分配方法。

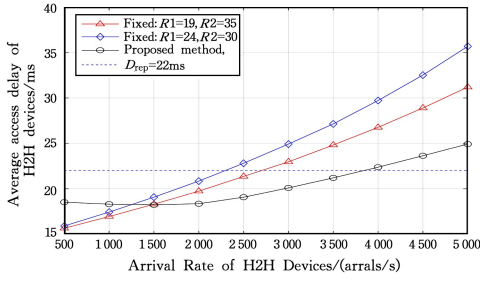


图7 H2H的平均访问时间延

Fig. 7 Average access delay of H2H devices

当 $\lambda_{H2H} > 1500$ 时,本文所提方法的 H2H 接入时延明显小于两种固定分配方法。

当 $\lambda_{H2H} < 4000$ 时,本文所提方法通过动态调整资源分配,可以有效地控制 H2H 用户的平均接入时延。

当 $\lambda_{H2H} > 2500$ 时,固定分配机制无法满足 H2H 用户的时延需求。

当 $\lambda_{H2H} > 4000$ 时,不论采用何种方法,将所有资源都分配给 H2H 用户也无法满足 H2H 用户的时延要求。但此时本文所提方法将分配给 M2M 设备的资源设置为 R_1 ,即在最大程度上保障了 H2H 用户的通信性能,同时也保证部分 M2M 设备可以得到网络服务。

图 8 给出了 M2M 设备的接入效率,每个随机接入子帧内的 M2M 设备的接入效率由式(1)得到。由图 8 可知,针对固定机制,当 ACB 机制没有发挥作用时,接入效率随着每个随机接入子帧内 M2M 设备数量的增加而提高;当每个随机接入子帧内的 M2M 设备数量大于可用的前导码资源数量时,ACB 机制发挥作用,由于 ACB 机制严格控制待接入的设备数量,因此接入效率达到最大并保持稳定状态;此外,H2H 用户的数量不影响固定机制的平均接入效率。

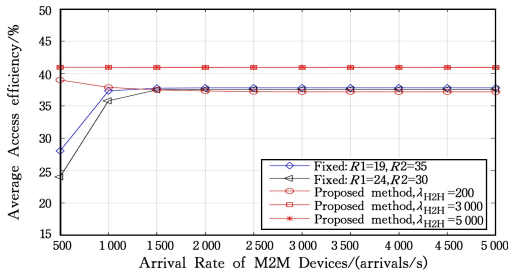


图8 M2M设备的接入效率

Fig. 8 Access efficiency of M2M devices

当 H2H 用户数量较少(如 $\lambda_{H2H} = 200$)时,本文提出的方法与固定分配方法在平均接入效率上的性能差不多;相比较而言,如果 M2M 的数量也较少(如 $\lambda_{M2M} = 500$),因为本文所提方法限制了分配给 M2M 设备的资源数(此时资源大于需求),所以其接入效率较其他方法高。

当 H2H 用户较多(如 $\lambda_{H2H} = 3000$)时,本文所提出的方法在保证 H2H 性能的前提下,尽量多地将资源分配给 M2M 设备,因此其接入效率明显高于其他方法;但当 H2H 用户数进一步增多(如 $\lambda_{H2H} = 5000$)时,分配给 M2M 设备的资源数将趋于固定值 R_1 ,且因为通过 ACB 机制很好地控制了同时接入网络的 M2M 设备规模,所以本文方法的平均接入效率

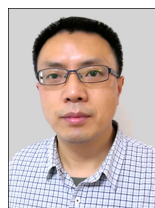
趋于平稳,并大于其他方法。

结束语 本文针对 H2H 和 M2M 共存的场景,提出了一种动态资源分配方法,在保证 H2H 用户接入时延需求的条件下,尽量优化 M2M 设备的接入效率。该方法主要是根据网络负载情况,动态调节前导码资源和 ACB 参数。为了验证所提方法的性能,本文对其进行了仿真。由仿真结果对比可知,所提方法在 M2M 设备接入成功率、H2H 平均接入时延、M2M 设备接入效率等方面都有显著提高,尤其是在 M2M 设备规模比较大(5000 arrivals/s)时,所提方法在上述指标上都有很好的表现,因此本文方法适用于大规模 M2M 设备的接入,可以有效缓解网络拥塞,提高网络性能。

参考文献

- [1] HUSSAIN F, ANPALAGAN A, VANNITHAMBY R. Medium access control techniques in M2M Communication: Survey and Critical Review [J]. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 2014, 28(1): 1-24.
- [2] LI S S, XU L D, ZHAO S S. 5G Internet of Things: A Survey [J]. Journal of Industrial Information Integration, 2018, 10: 1-9.
- [3] 3GPP. 3GPP RAN2 71: Pull Based RAN Overload Control[R]. Madrid, Spain: 3GPP, 2010.
- [4] 3GPP. 3GPP TR 23. 898: Access Class Barring and Overload Protection (Release 7)[R]. 3GPP, 2005.
- [5] WEI C H, CHENG R G, TSAO S L. Performance Analysis of Group Paging for Machine-Type Communications in LTE Networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2013, 62(7): 3371-3382.
- [6] CHEN J, LIN Y, CHENG R. A Delayed Random Access Speed-up Scheme for Group Paging in Machine-Type Communications [C]// Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Communications. Taipei, Taiwan, 2015: 623-627.
- [7] SUI N N, XU Y Y, WANG C, et al. Performance Analysis of a Novel Hybrid s-Aloha/Tdma Protocol for Beta Distributed Massive MTC Access[J]. Sensors, 2017, 17(12): 1-25.
- [8] HARWAHYU R, CHENG R G, SARI R F. Consecutive Group Paging for LTE Networks Supporting Machine-type Communications Services[C]// Proc. IEEE 24th Int. Symp. Pers. Indoor Mobile Radio Commun. (PIMRC). 2013: 1619-1623.
- [9] HARWAHYU R, WANG X, SARI R, et al. Analysis of Group Paging with Pre-Backoff [J]. EURASIP Journal on Wireless Communications & Networking, 2015, 2015(1): 34.
- [10] CHENG R G, FIRAS A T, CHEN J H, et al. A Dynamic Resource Allocation Scheme for Group Paging in LTE-Advanced Networks[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2015, 2(5): 427-434.
- [11] KSENTINI A, HADJADJ-AOU Y, TALEB T. Cellular-based machine-to-machine: Overload control[J]. IEEE Network, 2012, 26(6): 54-60.
- [12] HE H, DU Q, SONG H. Traffic-aware ACB Scheme for Massive Access in Machine-to-Machine Networks [C]// Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Communications (ICC). 2015: 617-622.

- [13] DUAN S, SHAH-MANSOURI V, WONG V W S. Dynamic Access Class Barring for M2M Communications in LTE Networks [C]//Proceedings of the 2013 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps). 2013:9-13.
- [14] DUAN S, SHAH-MANSOURI V, WANG Z. D-acb: Adaptive Congestion Control Algorithm for Bursty M2M Traffic in LTE Networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2016, 65(12):9847-9861.
- [15] ZANGAR N, GHARBI S, ABDENNEBI M. Service Differentiation Strategy based on MACB Factor for M2M Communications in LTE-A Networks[C]//Proceedings of the 2016 13th IEEE Consumer Communications & Networking Conference. 2016:9-12.
- [16] 3GPP. 3GPP TR 37. 868; Study on RAN Improvements for Machine-Type Communications [R]. Sophia-Antipolis Cedex, France;. 3GPP, 2011.
- [17] MALAK D, HUANG H, ANDREWS G. Throughput maximization for delay-sensitive random-access communication[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2019, 18(1):709-723.
- [18] CHENG R G, HUAN Y S, HAWAHYU R. Two-phase random-access procedure for LTE-A networks[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2019, 18(4):2374-2387.
- [19] PARK E, BAE J, HAN Y. Energy-efficient random access for LTE-based stationary IoT networks[J]. IEEE Communication Letters, 2019, 23(2):346-349.
- [20] KIM T, BANG I. An enhanced random access with preamble-assisted short-packet transmissions for cellular IoT communications[J]. IEEE Communication Letter, 2019, 23(6):1081-1084.
- [21] OH C Y, HWANG D, LEE T J. Joint Access Control and Resource Allocation for Concurrent and Massive Access of M2M Devices[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2015, 14(8):4182-4192.
- [22] LI N, CAO C, WANG C. Dynamic Resource Allocation and Access Class Barring Scheme for Delay-Sensitive Devices in Machine to Machine (M2M) Communications[J]. Sensors, 2017, 17(6):1-20.



WANG Cong, born in 1975, Ph.D, associate professor. His main research interests include mobile communications, M2M communications and computer networks.