**第一章 绪论**

物联网建设的主要挑战之一是如何处理急剧增加的设备的大规模连接。据统计，2014年全世界M2M设备的总数量约为7.4亿，按增长趋势可预测，到2019年设备数可能会增加到11.4亿，而M2M设备的连接数也将从2014年的4.95亿增长为2019年的30亿。此外，在蜂窝网络中M2M设备数量的占比也会从1%扩大到20%。预计下一代5G网络不仅需要提高数据传输速率，还要在单蜂窝小区内提供充足的大概30万设备所需的连接。因此，建造良好的物联网生态环境很有必要。

* 1. **研究背景和意义**
     1. **M2M通信**

M2M通信作为一种新型的通信方式，是指以减少人为干预实现机器之间的信

息交换过程的一系列组合或技术组合的总称。

M2M实现通信的数据通道可以是包括互联网、蜂窝网、有线电信网等任意网络。其中由于蜂窝网具有无限覆盖的广域性与遍历性，在实现M2M通信时具有较大优势。3GPP（the 3rd generation partnership project）将此类M2M通信定义为MTC通信与机器类通信，也可以通俗地理解为移动M2M通信或者蜂窝M2M通信。由于M2M通信的主导者是机器，而在当前世界中，机器的数量显然远超过人的数量，且数量还在呈指数增长，同时M2M通信通常以小数据量的数据为主要传输内容。

M2M通信的特点大致可以归纳为以下几个方面：（摘录的）

1. 低移动性：Ｍ２Ｍ通信终端基本上都是固定在某一个位置，很少有地理位置的移动或者在一个特定的区域中移动。

２．时间相关性：一般Ｍ２Ｍ通信业务与时间相关，它的应用服务数据都有时间的限制，必须在给定的时间间隔内发送或者接收。

３．时间容忍性：对于Ｍ２Ｍ通信，它的应用数据都有时间控制的间隔期，如果在间隔期里还没有成功的发送或者接受，则阻止用户接入网络，这个最长间隔时间就是时间容忍。

４．小数据传输性：虽然Ｍ２Ｍ通信的终端是海量的，但是每次传输的数据是很小的。

５．监控性：所有的Ｍ２Ｍ用户终端都是几乎无人工干预条件下进行工作，所Ｗ需要一定的机制监控设备各项状态，而且定期上报。

６．安全连接性：Ｍ２Ｍ通信设备与服务器之间的连接必须是安全可靠的。所有的设备终端不会脱离网络，除非电源电量耗尽。

７．不频繁传输性：Ｍ２Ｍ通信终端只是偶尔发起业务，所ＷＭ２Ｍ通信的数据上报频率较低，换句话说，两个传输的数据包之间间隔很大。

８．终端分组性：由于终端数目多，所必须支持分组。

９．周期性：Ｍ２Ｍ通信绝大部分数据都是周期性数据。

有了以上对M2M通信特点的了解，接下来本文将针对这些特点对海量M2M设备接纳控制算法进行建模以及性能分析。

* 1. **国内外研究现状**

近年来，物联网发展迅猛，在很多领域中应用广泛。由于M2M业务种类繁多，具有终端数量庞大、传输数据量小、会话持续时间短以及上行流量占主导等典型特征，明显区别于研究较为成熟的H2H业务，因此需要基于物流网的业务流特性对不同应用场景下的业务流统计建模，并基于此分析具体网络架构下的网络性能。

目前，已有相关文献提出了具有指导意义的流量模型与分析方法，文献[1]提出将自动售货机、遥感监测等这类M2M小数据业务建模为IPP模型,基于排队理论构建了IEEE802.11DCF网络分析模型，建立了IPP/G/1/K离散时间排队系统模型。文献[2]在文献[1]的基础上进一步使用串联排队理论，为模拟802.11接入网和IP承载网络传输M2M业务的通信场景建立了多节点串联队列模型。文献[3]从M2M小数据业务的行为特性和流量特性出发，将业务到达过程建模为IBP模型，且业务是以批量的形式到达，采用具有不同突发度的数学模型表征M2M业务每批到达业务的数量，基于排队理论得到了系统的吞吐量和时延等性能指标。文献[4]提出采用贝塔分布对具有激增和锐减特性的事件驱动M2M业务进行建模，同时针对该类业务流分析改进的流量控制随机接入协议的系统性能。文献[5]根据M2M终端数据传输所处状态建立离散时间马尔科夫列仿真模型，首先分析了该队列模型下的平均队列长度以及平均传输时延等性能，接着分析了M2M和H2H共存情景下基于竞争接入的队列模型。不同于H2H通信业务流具有自相似性，3GPP TR 37.868提案[6]提出了到达过程分别服从均匀分布和贝塔分布的用于描述非同步入网和同步入网场景时的两类模型。基于该3GPP业务模型，文献[7]为承载M2M业务的GSM/GPRS 网络建立接入强度受 Beta 分布调制的复合泊松过程，文献[8]设计了M2M终端到达速率受Beta调制的MMPP2仿真模型，两者均在一定程度上体现了M2M业务建模的精确性，成为较为通用的仿真模型。文献[9]更详细地讨论了流量传输所处状态，建立了输入为半马尔科夫过程的模型，实验证明仿真生成的数据流基本与物联网流量特性一致。文献[10]建立了Beta/M/1队列模型，研究了海量M2M终端同步入网时对网络造成的影响，结果表明M2M终端的接入必然会增加系统平均逗留时间和平均等待时间，鉴于此特点提出了分段均匀随机退避算法以解决过载问题。

存在的问题：

目前在对M2M业务建模与分析的领域中，仿真分析多于理论分析，且现有的分析模型局限于利用传统排队论建立用于网络性能评估及系统优化设计的队列模型。然而，对于当前日益复杂的网络形态和业务流特征来说，通过网络演算建立具有QoS保障的界模型更为适用。物联网环境下的流量特性不同于常规的H2H业务特性，针对承载数据传输的无线接入网和回程网络中传输物联网业务的应用场景，亟待研究该环境下的流量模型以及各种网络单元提供数据传输服务的多节点服务模型，并在此基础上，推导便于实时网络分析的QoS性能模型。

* 1. **本文主要内容和结构安排**

**1.3.1课题的研究内容**

针对物联网环境下M2M通信存在的通信问题，本文将从以下几个方面展开

研究：

（1）蜂窝网M2M通信中基于随机网络演算的接纳控制建模与性能分析。针对目前对蜂窝网M2M通信的接纳控制问题研究匮乏的问题，提出一种基于各类请求优先级调度的接纳控制模型，从控制层面将蜂窝基站接收到的所有请求按照优先级从高到低分类为：蜂窝用户请求、M2M实时请求、M2M非实时请求以及M2M时延容忍请求。在假定的调度模型中，不仅包括了M2M请求的非抢占式调度，还包括了蜂窝用户请求对M2M请求的抢占式调度，有助于更加全面地分析蜂窝网M2M通信请求的接纳控制问题。通过引入随机网络演算，分析了该接纳控制模型的性能参数如时延和积压长度，并且通过数值分析，给出了不同优先级请求的到达特性以及基站服务能力对网络性能的影响情况。

（2）基于随机网络演算的物联网业务流量建模与分析方法。从数据层面考虑M2M通信业务流在回程网中端到端传输性能，利用耦合马尔科夫调制泊松过程(CMMPP）对 M2M 业务流进行建模，旨在体现 M2M 业务流在空间和时间上的相关性。同时运用随机网络演算理论推导该模型的到达曲线，并分析了网络传输业务流的服务曲线，得出 M2M 业务流的端到端时延边界，最后通过数值分析验证了结果的正确性。

（3）

**1.3.2论文结构安排**

第一章简述了当前对M2M通信的研究现状，紧接着给出了本课题的主要研究内容和论文的结构安排。

第二章介绍了贯穿本文用于网络性能分析的工具——网络演算理论的简要发展历程，就其作为性能分析工具所具备的基本性质以及数学运算基础最小加代数做了说明。然后，通过先介绍确定网络演算中的重要概念以及基本定义定理，随后扩展到对另一分支随机网络演算的介绍，不断深入了解和分析网络演算理论。

第三章针对蜂窝网M2M通信中存在大量蜂窝用户请求以及各类M2M请求而缺少从接入层优化对请求的处理以优化整个通信系统的问题，提出了基于多优先级调度的接纳控制模型。在该模型中，不仅为各类通信请求指明特定优先级，同时考虑了抢占式调度和非抢占式调度，使得分析更加全面和贴近实际网络。

第四章分析了物联网环境中的M2M业务流流经回程网的端到端性能。使用了CMMPP模型对M2M进行建模，以突显M2M 业务流在空间和时间上的相关性，并利用随机网络演算推导出了该流量模型的到达曲线，同时将流量经由多网元传输的过程抽象为多节点串联提供服务的模型，并给出了对应的服务曲线，综合以上到达曲线和服务曲线，推导出了CMMPP流的传输时延。

第五章

第六章对本课题所做的研究做了全面总结，并且根据本课题尚未考虑到的方面做出展望。

参考文献：

[1] 王雅辉,迟学芬, M2M小数据业务的IEEE802.11WLAN分析模型. 通信学报, 2011. 32(12): 122-130.

[2] 迟学芬等, 针对M2M业务的IEEE 802.11优化及其性能评价. 吉林大学学报(工), 2014. 44(5): 1488-1497.

[3] 张嘉盛等, M2M业务批量到达排队系统性能分析. 吉林大学学报信息科学版, 2012. 30(4): 335-340.

[4] 杨柳, 范平志, 郝莉. LTE系统中事件驱动M2M业务的流量控制随机接入协议[J]. 通信学报, 2014, 35(12):53-61.

[5] Performance Modeling and Analysis of Heterogeneous Machine Type Communications

[6] 3GPP.Study on RAN Improvements for Machine-type communications. Technical report, TR 37.868, 2012.

[7] Paiva, R.C.D., Random Access Capacity Evaluation with Synchronized MTC Users over Wireless Networks. 2011: p. 1-5.

[8] Laner, M., et al. Traffic Models for Machine Type Communications. in Tenth International Symposium on Wireless Communication Systems. 2013.

[9] Nikaein N, Laner M, Zhou K, et al. Simple Traffic Modeling Framework for Machine Type Communication[C]// Iswcs. 2013:1-5.

[10] Jian X, Zeng X, Jia Y, et al. Beta/M/1 Model for Machine Type Communication[J]. IEEE Communications Letters, 2013, 17(3):584-587.