

硕 士 研 究 生 读 书 报 告



题目 5G移动通信的发展

作者姓名 张灏

作者学号 21651030

指导教师 李启雷

学科专业 软件工程

所在学院 软件学院

提交日期 二○一六 年 十二 月

The Effect Of The Requirements Analysis On The System Design

A Dissertation Submitted to

Zhejiang University

in partial fulfillment of the requirements for

the degree of

Master of Engineering

Major Subject: The development of 5G mobile communication

Advisor: Li Qilei

By

Zhang Hao

Zhejiang University, P.R. China

2016

摘要

本文重点探讨了与未来移动互联网息息相关的5G网络，介绍了5G网络搭建的背景，LTE网络的发展现状以及现状对于5G网络产生的需求，还有5G网络即将发展的趋势。同时介绍了5G网络所需要具备的一些属性，它所面临的机遇和挑战。最后介绍了5G网络的多项核心技术如多用户MIMO、SDN、ICN、感知网络等等。

**关键词**：5G，背景，趋势，核心技术

Abstract

This paper focuses on the 5G network which is closely related to the future mobile Internet. It introduces the background of the 5G network, the development status of the LTE network and the demand for the 5G network, as well as the trend of the 5G network. At the same time it introduced the 5G network which needs to have some of the attributes, it faces opportunities and challenges. Finally, the core technologies of 5G network are introduced, such as multi-user MIMO, SDN, ICN, sensing network and so on.

**Keywords：**5G, background, trends, core technology

# 引言

随着5G研究的全面展开并逐步深入，业界就5G场景形成基本共识：面向增强的移动互联网应用场景，5G提供更高体验速率和更大带宽的接入能力，支持解析度更高、体验更鲜活的多媒体内容；面向物联网设备互联场景，5G提供更高连接密度时优化的信令控制能力，支持大规模、低成本、低能耗IoT设备的高效接入和管理；面向车联网、应急通信、工业互联网等垂直行业应用场景，5G提供低时延和高可靠的信息交互能力，支持互联实体间高度实时、高度精密和高度安全的业务协作。

面对5G极致的体验、效率和性能要求，以及“万物互联”的愿景，网络面临全新的挑战与机遇。5G网络将遵循网络业务融合和按需服务提供的核心理念，引入更丰富的无线接入网拓扑，提供更灵活的无线控制、业务感知和协议栈定制能力；重构网络控制和转发机制，改变单一管道和固化的服务模式；利用友好开放的信息基础设施环境，为不同用户和垂直行业提供高度可定制化的网络服务，构建资源全共享、功能易编排、业务紧耦合的综合信息化服务使能平台。5G国际标准化工作现已全面展开，需要尽快细化5G网络架构设计方案并聚焦关键技术方向，以指导后续产业发展。

# 5G发展背景

5G需求：

每一代移动通信系统都是在一定的技术基础上，因特定的业务和用户需求而诞生的。4G 网络是全IP 化网络，主要提供数据业务，其数据传输的上行速率可达20 Mbit/s，下行速率高达100 Mbit/s，基本能够满足各种移动通信业务的需求，然而移动互联网技术和物联网技术的快速发展又几乎颠覆了传统的移动通信模式，这些新型移动通信业务，例如社交网络、移动云计算、车联网等，对移动通信网络的发展提出了新的需求。根据对未来移动通信网络中典型的通信场景的研究可知，未来移动通信网络将服务于人们居住、工作、休闲和交通等各种场所，涵盖了住宅区、办公室、体育场、露天集会、高速铁路等多种场景。这些不同场景下的移动通信具有不同的特征，例如超高的流量密度、超高的连接数密度、超低时延、超高的移动性等，因此，国内外的科研组织机构都对未来移动通信网络中的通信场景进行了分类研究，例如国内IMT-2020网络工作组将这些通信场景分为一下比较典型的4类。

1、连续广域覆盖场景：最传统的通信场景，以保证用户的移动性和业务连续性为目标， 为用户提供100 Mbit/s 以上无缝的高速业务体验。

2、热点高容量场景：主要面向局部热点区域，为用户提供极高的数据传输速率（1 Gbit/s），满足网络极高的流量密度需求。

3、低功耗大连接场景：针对物联网中部署大量终端的应用场景，要求网络支持超千亿设备连接，满足百万每平方千米连接数密度指标要求，还要保证终端的超低功耗和超低成本。

4、低时延高可靠场景：主要面向车联网、工业控制等垂直行业的极端性能需求，为用户提供毫秒级的端到端时延和接近100%的业务可靠性保证。

LTE网络的发展现状和问题

随着移动互联网业务和物联网业务的发展，LTE 网络逐渐难以适应新业务的需求或者网络运营的新需求，具体表现为集中式的移动性管理机制决定需要在接入网和核心网之间存在大量的信令交互，当网络中存在海量终端或者存在密集组网场景时，核心网将面临信令拥塞的风险；集中式的路由方式降低“本地数据”的传输效率，使得内容的边缘缓存难以部署；保持终端“永远在线”可能导致网络资源被大量闲置的PDN 连接消耗，例如物联网终端；网络节点的逻辑与硬件紧耦合使得网络的扩展性受到制约，网络运营的成本增高。

近几年来，LTE 的标准化组织3GPP 一直致力于LTE网络的演进和增强，使得LTE 网络既能够满足用户需求又能够提高网络运营的效率。针对LTE 网络的特性增强可以分为以下几点。

1、提高网络容量，为了提高热点区域的系统容量。

2、提高数据传输效率。

3、降低系统信令开销。

4、提高网络的运营能力：网络的运营能力包括对业务的支撑能力和对网络资源优化调度的能力。

未来网络的发展趋势

通过分析目前广泛研究的5G 网络中的通信场景和LTE 网络的不足可以发现，未来5G 网络中存在的多种不同的通信场景分别具有不同的性能要求，而LTE 网络并不能适用于这些新的通信场景，也无法满足通信的性能要求。因此未来需要重新定义5G 网络架构和支撑5G 网络架构的关键技术。

5G 网络发展的驱动力源于5G 网络中的需求，根据现有5G 网络的研究，5G 的需求可分为业务自身的需求和网络运营的需求两个方面，因此，5G 的网络架构和关键技术需围绕这两个方面的需求进行设计。由于5G 网络中需支持多种不同类型的业务，存在多种不同的通信场景，因此5G 的网络架构不应该是静态统一的，而应该能够根据业务和通信场景的特点呈现不同的形态，实现以用户为中心的目的，提高用户体验。此外，从网络运营的需求考虑，为了实现5G 网络中用户需求和网络资源的匹配，保证用户体验并降低运营成本，提升业务感知能力和加强网络能力开放，也是5G 网络的重要发展趋势。

综合分析未来5G 网络技术的发展趋势，可以总结为以下几点。

1、SDN 和NFV 成为平台支撑技术。SDN对网络技术产生了变革性的影响。传统移动通信网络的控制平面与转发平面没有完全分离，网络的控制平面无法集中化，这使得网络无法通过集中的平台来统一控制和调度网络硬件资源，因此网络难以做到网络资源的动态调整，无法实现根据用户需求进行可编程操作的目的，也无法基于网络的特性进行开放创新，从而难以做到网络资源的按需分配，并且造成网络中的新业务部署的周期很漫长。而SDN 恰好具有控制与转发分离、控制逻辑集中和网络可编程三大特征，因此成为新型网络架构的支撑技术之一。此外，NFV 技术也是未来5G网络的平台支撑技术之一。

2、网络实现动态切片。多种类型的业务和多样化的通信场景对5G 网络提出了多样化的性能需求，而这些多样化的性能需求显然无法通过统一的网络架构来保证，因此5G 网络需具备虚拟化切片的能力，使得每个网络切片能够适配不同的业务和通信场景，以提供合理的网络控制和高效的资源利用。网络切片是指将物理网络通过虚拟化技术分割为多个相互独立的虚拟网络，每个虚拟网络被称为一个网络切片，每个网络切片中的网络功能可以在定制化的裁剪后，通过动态的网络功能编排形成一个完整的实例化的网络架构。通过为不同的业务和通信场景创建不同的网络切片，使得网络可以根据不同的业务特征采用不同的网络架构和管理机制，包括合理的资源分配方式、控制管理机制和运营商策略，从而保证通信场景中的性能需求，提高用户体验以及网络资源的高效利用。

3、网络能力深度开放目前提出的5G 网络的需求都着重强调了用户体验，体现了以用户为中心的理念。而用户体验的提高依赖于用户需求与网络服务的高度匹配，因此要求5G 是一个开放的网络，能够实现业务信息与网络服务信息的有效交互，促进用户、网络服务和业务应用之间的信息共享，提升网络的服务水平和用户的体验。

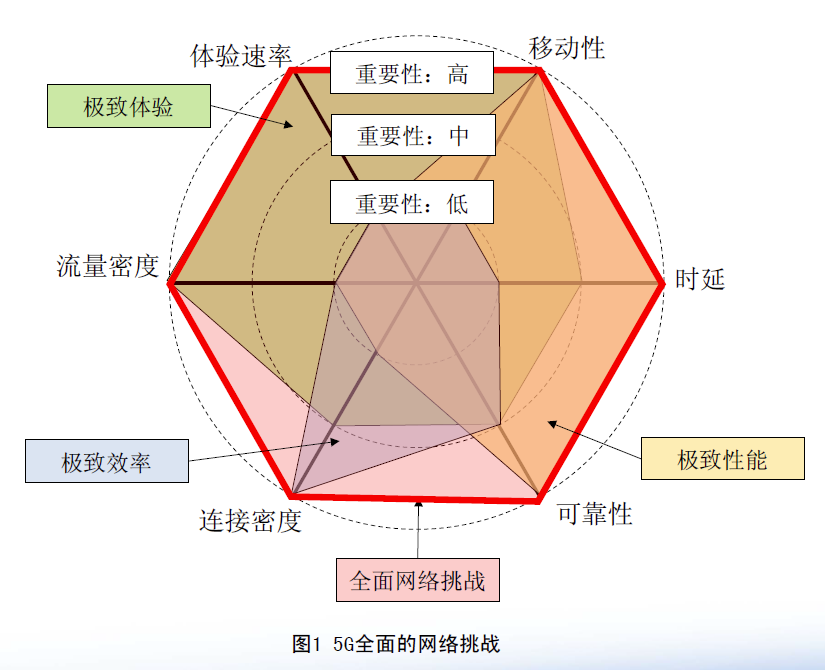
未来5G 网络将更大程度地实现能力开放，使得网络和应用实现更紧密的互动、更深度的信息共享，使得应用可以基于网络的资源状况（基础设施、管道能力、网络服务、网络数据）提供更优质的服务，网络也可以基于应用层的用户信息进行资源的定制和优化调度，从而共同提高用户体验，实现用户、网络和应用的三方共赢。

极致性能指标带来全面挑战

首先，为了满足移动互联网用户极致的视频及增强现实等业务体验需要，5G系统提出了随时随地提供100Mbps—1Gbps的体验速率的指标要求，甚至在500km/h的高速运动过程中，也要求具备基本服务能力和必要的业务连续性。

第二， 为了支持移动互联网和物联网场景设备高效接入的要求，5G系统需同时满足的流量密度和百万连接密度要求，而现有网络流量中心汇聚和单一控制机制5G网络: 挑战与机遇在高吞吐量和大连接场景下容易导致流量过载和信令拥塞。

第三，为了支持自动驾驶和工业控制等高度实时性要求的业务，5G系统需要在高可靠性前提下，满足端到端毫秒级的极低时延要求。现网中，端到端时延和业务中断时间都在百毫秒量级，与5G时延要求存在两个数量级的差距，也难以满足特定业务的可靠性和安全性要求。



网络与业务融合触发全新机遇

丰富的5G应用场景对网络功能要求各异：从突发事件到周期事件的资源分配；从自动驾驶到低移动性终端的移动性管理；从工业控制到抄表业务的时延要求等。面对如此多样化的业务场景，5G提出的网络与业务深度融合，按需提供服务的新理念能为信息产业的各个环节带来全新的发展机遇。

基于5G网络“最后一公里”的位置优势，互联网应用服务提供商能够提供更具差异性的用户体验。例如，基于网络开放的位置区域、移动轨迹和无线环境等上下文信息，APP能够筛选出更恰当的服务参数，提升客户黏性。

基于5G网络“端到端全覆盖”的基础设施优势，以垂直行业为代表的物联网业务需求方可以获得更强大且更灵活的业务部署环境。依托强大的网管系统，垂直行业能够获得对网内终端和设备更丰富的监控和管理手段，全面掌控业务运行状况；利用功能高度可定制化和资源动态可调度的5G基础设施能力，第三方业务需求方可以快捷的构建数据安全隔离和资源弹性伸缩的专用信息服务平台，从而降低开发门槛。

对于移动网络运营商而言，5G网络有助于进一步开源节流。开源方面，5G网络突破当前封闭固化的网络服务框架，全面开放基础设施、组网转发和控制逻辑等网络能力，构建综合化信息服务使能平台，为运营商引入新的服务增长点。节流方面，按需提供的网络功能和基础设施资源有助于更好的节能增效，降低单位流量的建设与运营成本。

# 5G核心技术内容

多用户MIMO

为了提高用户容量及匹配信息传输的质量，MIMO 技术在设备的发送和接入端口都增加了很多接入天线，提高了通信设备模块嵌入的可能性。为提高用户数量，MIMO 在无线设备接入端口大幅增加天线，这与基站连接有些相似，如何提高边缘用户的上网体验，这成为技术研发团队考虑的重点。在信息传输过程中，可参考发射机如何有效分工，处理信息传输过程中的突发状况，提高信息传输的稳定性及高容量性。大规模的MIMO 在增加基站天线数量的同时，还能大大降低设备研发成本。在通信设备的研发过程中，信道技术是相互匹配的，从接入、输出到发送的整个流程中信息输出的峰值都将大大提高，这为提高用户接入速度提供了解决方案。

SDN

SDN 是从数据传输的角度对传输与控制进行分离，能从多个信息接口进行控制的网络结构。数据中心在提高信息输出质量的同时，对设备的要求越来越高，对设备信息容量的要求也越来越高，如何从这一层面出发研发设备成为提高信息传输稳定性的关键。SDN 能创建多用户网络资源中心，达到输出与接入控制分离，能提高设备的传输稳定性，并且能大大缩短设备的维护和维修时间，减少给用户带来的损失。

在链路接入的过程中，对提高信息存储容量及模拟信号的传输质量来讲， 网络设备非常重要。在对信号进行处理的过程中，NFV（网络功能虚拟化）网络设备从根本上降低了数据程序处理的复杂性，有利于数据维护和5G 通信技术的发展成熟。在数据传输的控制层面，利用SDN 技术进行数据外围处理， 提高设备的灵活性，丰富信息传输功能，意义至关重要。

ICN

ICN 网络技术更加强调位置的精准度。在大数据的发展背景下，对用户的位置需求进行深入研发，利用ICN 网络技术进行位置锁定，提高信息传输的精准度，将网络设备的结构进行重新梳理整合，完善设备的设计参数，为5G 通信技术的研发及应用提供帮助。ICN 就是为满足用户的新需求提出的。在信息梳理层面，信息传输不再是通信设备提供商的专利，每个移动终端都将成为信息传输的发起者，从信息编辑处理到发送都由移动终端完成，网络设备在此过程中只需要不断完善自身技术，提高用户体验就可以了。

D2D 通信

在3G 时代就已经考虑引进D2D 技术，但那时功能很少。在5G 技术中强调其重要性，是因为它有了更宽泛的应用范围，不再局限于公共安全通信或一般商业应用上。更高端的集成介入技术及多跳通信将成为下一步重点考虑对象，导入D2D 通信中，这会为无线接入提供新的解决方案。其优点是：

a）整体性能更高，不再局限于附近设备的终端数据传输。

b）设备中继将成为一个新的基点，扩大常规设施的应用范围。

c）不再局限于终端设备的通信，多设备之间的联合和接收有了更多可能，信息对称更为理想，实现了设备的协同输送。

在虚拟的信息传输世界里，对数据的加工处理很大程度上取决于当前通信设备的研发水平。抽象的信号处理对设备的要求很高，这就为D2D 通信如何执行新的参照标准增加了挑战难度。5G 技术的研发在提高用户体验的同时，要降低信息流量费用，这对于5G 通信技术的发展具有明显的导向作用。这项工作的核心是在提高网络设备服务质量的同时，加大移动终端的相互融合，最终将每个信息终端相互连接，组成以移动终端为中心的通信网络，这对社会资源的整合意义非凡。

超密集异构网络

应5G 网络发展朝着多元、综合、智能等方向发展的要求，同时随着智能终端的普及，数据流的爆炸式增长将逐步彰显出来，减小小区半径、增加低功率节点数等举措将成为满足5G 发展需求并支持愿景中提到的网络流量增长的核心技术之一。超密集组网的组建将承担5G 网络数据流量提高的重任。未来无线网络中，在宏站覆盖范围内，无线传输技术中的各种低功率的节点密度将会是现有密度5-15 倍，站点间的距离将缩小到10 米以内，站点与激活用户甚至能够做到一对一的服务，从而形成超密集异构网络。超密集异构组网中，网络的密集化的构造拉近了节点与终端的距离，从而使功率效率和频谱效率加以提升，并且可以让系统容量得到巨幅提升。

自组织网络

传统移动通信网络中，主要依靠人工方式完成网络部署及运维，既耗费大量人力资源又增加运行成本，而且网络优化也不理想。在未来5G 网络中，将面临网络的部署、运营及维护的挑战，这主要是由于网络存在各种无线接入技术，且网络节点覆盖能力各不相同，它们之间的关系错综复杂。因此，自组织网络(self-organizing network，SON) 的智能化将成为5G 网络必不可少的一项关键技术。自组织网络技术解决的关键问题主要有以下2点:

1、网络部署阶段的自规划和自配置;

2、网络维护阶段的自优化和自愈合。自配置即新增网络节点的配置可实现即插即用，具有低成本、安装简易等优点。自优化的目的是减少业务工作量，达到提升网络质量及性能的效果，其方法是通过UE 和eNB 测量，在本地eNB 或网络管理方面进行参数自优化。自愈合指系统能自动检测问题、定位问题和排除故障，大大减少维护成本并避免对网络质量和用户体验的影响。自规划的目的是动态进行网络规划并执行，同时满足系统的容量扩展、业务监测或优化结果等方面的需求。

内容分发网络CDN

在未来5G 中，面向大规模用户的音频、视频、图像等业务急剧增长，网络流量的爆炸式增长会极大地影响用户访问互联网的服务质量。如何有效地分发大流量的业务内容，降低用户获取信息的时延，成为网络运营商和内容提供商面临的一大难题。仅仅依靠增加带宽并不能解决问题，它还受到传输中路由阻塞和延迟、网站服务器的处理能力等因素的影响，这些问题的出现与用户服务器之间的距离有密切关系。内容分发网络(content distribution network，CDN) 会对未来5G 网络的容量与用户访问具有重要的支撑作用。内容分发网络是在传统网络中添加新的层次，即智能虚拟网络。CDN 系统综合考虑各节点连接状态、负载情况以及用户距离等信息，通过将相关内容分发至靠近用户的CDN 代理服务器上，实现用户就近获取所需的信息，使得网络拥塞状况得以缓解，降低响应时间，提高响应速度。在未来5G 网络中，随着智能移动终端的不断普及和快速发展的应用服务，用户对移动数据业务需求量将不断增长，对业务服务质量的要求也不断提升。CDN 技术的优势正是为用户快速地提供信息服务，同时有助于解决网络拥塞问题。因此，CDN技术成为5G 必备的关键技术之一。

全双工无线传输

全双工无线传输是区别于以往同一时段或同一频率下只能单向传输的一种通信技术。能够实现双向同时段、同频传输的全双工无线传输技术在提升频谱利用率上彰显出其优越性，它能够使频谱资源的利用趋于灵活化。全双工无线传输技术为5G 系统挖掘无线频谱资源提供了一种很好的手段，使其成为5G 移动通信研究的又一个热点技术。

# 总结和愿景

移动互联网和物联网的发展推动了移动通信技术的更新，当LTE 系统不能完全满足新型移动通信业务的需求时，第五代移动通信网络的研究已经启动。从需求层面上讲，5G 网络的需求指标突出了用户体验；从架构层面上讲，受到IT 产业的冲击，5G 网络技术烙上明显的IT 印记，SDN 和NFV 的技术思想影响了5G 系统架构的设计，例如控制转发分离、网络虚拟化等。

未来的5G 网络将以用户为中心，注重用户体验，因此5G 网络将更加开放、智能、灵活。通过采用SDN 和NFV 作为平台支撑技术，5G 网络可以实现更加开放的API，完成对用户需求和业务特征的感知以及接受应用层的编程管理；基于对需求和通信场景的深度感知，5G 网络能够完成对网络功能的智能编排，灵活地完成网络资源的高效调度，保证用户体验。

5G 将是移动通信技术的一次革命性创新，它将满足人们对高质量生活的需求，实现无处不在的高速网络连接，是低能耗的、更安全的网络。

目前，世界各国针对未来5G 移动通信网络在技术的可行性研究、标准化以及产品发展方面进行了大量的投入，5G 的发展需要在统一的框架下进行全球范围内的协调。对高频段的大带宽无线频谱资源的使用，不仅能够有效改善无线频谱效率，而且加快了无线数据传输速率和海量数据的处理能力。为了应对未来信息社会高速进步的趋势，网络应具备智能化的自感知和自调整能力，并且高度的灵活性也将成为未来5G 网络必不可少的特性之一。同时，绿色节能也将成为5G 发展的重要方向，网络的功能不再以能源的消耗为代价，实现无线移动通信的可持续发展。

参考文献

[1]IMT-2020(5G)推进组.5G网络架构设计白皮书[M].2013.02．

[2]王胡成 徐晖 程志密等.5G网络技术研究现状和发展趋势[J].电信科学.2015（09）．

[3]张锋 王明华.5G移动通信发展现状及其关键技术[J].中国新通信.2016（06）．

[4]张臻.5G移动通信关键技术探究 [J].电信快报.2016（01）．

[4]赵国锋 陈婧 韩远兵等.5G移动通信网络关键技术综述[J].重庆邮电大学学报.2015（04）．