

分 类 号: TN929.5

研究生学号: 201552E056

单位代码: 10183

密 级: 公 开



吉 林 大 学

硕 士 学 位 论 文

(专业学位)

窄带物联网部署方案研究

Research on Narrowband IOT Deployment Plan

作 者 姓 名: 徐 宏

类 别: 工程硕士

领域(方向): 电子与通信工程

指 导 教 师: 范亚芹 副教授

培 养 单 位: 通信工程学院

2018 年 12 月

窄带物联网部署方案研究

Research on narrowband IOT deployment plan

作 者 姓 名：徐宏

领域（方向）：电子与通信工程

指 导 教 师：范亚芹（副教授）

类 别：工程硕士

答 辩 日 期：2018年12月2日

未经本论文作者的书面授权，依法收存和保管本论文书面版本、电子版本的任何单位和个人，均不得对本论文的全部或部分内容进行任何形式的复制、修改、发行、出租、改编等有碍作者著作权的商业性使用（但纯学术性使用不在此限）。否则，应承担侵权的法律责任。

吉林大学硕士学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交学位论文，是本人在指导教师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：徐磊

日期：2018年11月27日

摘 要

窄带物联网部署方案研究

随着无线网络技术的不断发展和人民生活水平的提高，万物互联的概念走入了人们的生活，人们希望随时随地可以掌控自己生活中方方面面的信息并及时处理，希望可以实时的得到一些智能化的建议和方案。市场的需求推动了物联网技术的突飞猛进，而窄带物联网将是未来占据物联网市场份额 70% 的网络。因此本文重点研究了联通公司如何在物联网发展迅速的今天，如何进行物联网的部署及市场的开拓。

本文根据中国联通公司的整体部署思路以及长春市分公司的实际部署方案进行深入的探讨，对联通公司的物联网部署进度及服务效果进行了详细的呈现。同时本文展示了联通公司在物联网基础上开展的一系列智能化业务，在互联网化转型的今天，联通公司迎头赶上，在物联网部署的基础上开拓了一系列新兴领域。

本文的主要工作如下：

(1) 根据联通公司整体思路分析并制定了长春市分公司具有独特地域特点的物联网部署方案，组织全市城乡 2G 基站进行减频退网，为窄带物联网的网络部署储备充足的频率资源。

(2) 综合长春市各设备厂家出具的建设方案，进行比对和选择。组织并实施全网 N900 基站和 L1800 基站的建设和升级工作，组织完成建设后的测试和优化工作，并对窄带物联网后续的维护和优化提出指导意见。

(3) 参与并配合完成建立在物联网网络基础上的智慧业务方案的制定，参与方案的整体实施，整理方案整个生命周期的经验和总结，不断提升联通公司在智慧业务方面的业务水平，提升联通公司在新兴领域的信誉度和知名度。

建设和测试结果表明，本文提出和制定的部署方案，在全网的部署方面取得了良好的效果。物联网覆盖水平较同频段 LTE 基站提高了 20dB 左右，接入率指标达到 100%，重选成功率指标达到 100%，能够全方位的满足物联网业务的需求。

本文的主要贡献和创新点如下：

(1) 提出了符合联通公司长春市分公司现状的部署方案，该部署方案综合考虑了成本和建设周期等各方面因素，是目前长春分公司可以组织并实施的最可行的部署方案，并落实了执行，组织完成了后期的测试和优化工作，效果良好。

(2) 配合并制定了基于物联网网络基础的智慧业务方案，方案包括智慧公安、智慧城管、智慧农业、智慧环保、智慧商城、车联网等一系列涉及到民权民生的方案，方案在不同程度上起到提升人民生活质量的作用，为公司带来创新收益。

关键词：

窄带物联网，方案选择，基站部署，效果验证，智慧业务

Abstract

Research on narrowband IOT deployment plan

With the continuous development of wireless network technology and the improvement of people's living standards, the concept of interconnection of all things has come into people's lives. People want to control all aspects of their lives and deal with them in time anytime and anywhere. They hope to get some intelligent suggestions and solutions in real time. The demand of the market promotes the rapid development of the Internet of Things technology, and the narrow-band Internet of Things will occupy 70% of the Internet of Things market share in the future. So this paper focuses on how to deploy the Internet of Things and how to open up the market with the rapid development of the Internet of Things.

According to the overall deployment ideas of China Unicom and the actual deployment plan of Changchun Branch, this paper presents the deployment progress and service effect of the Internet of Things in detail. At the same time, this paper demonstrates a series of intelligent services carried out by Unicom on the basis of the Internet of Things. Today, with the transformation of the Internet, Unicom is catching up and exploring a series of new areas on the basis of the deployment of the Internet of Things.

The main work of this paper is as follows:

(1) According to the overall train of thought of Unicom, this paper analyzes and formulates the deployment plan of the Internet of Things (IOT) in Changchun Branch, which has unique regional characteristics, and organizes the 2G base stations in urban and rural areas to reduce and withdraw the frequency of the network, so as to reserve sufficient frequency resources for the deployment of the narrowband IOT network.

(2) integrate the construction plan issued by various equipment manufacturers in Changchun, make comparison and selection. To organize and implement the construction and upgrading of N900 and L1800 base stations in the whole network, to organize and complete the testing and optimization work after construction, and to provide guidance for the follow-up maintenance and optimization of the narrowband Internet of Things.

(3) Participate in and cooperate with the formulation of the intelligent business plan based on the Internet of Things, participate in the overall implementation of the plan, collate the experience and summary of the whole life cycle of the plan, constantly

improve the business level of the intelligent business of Unicom, and enhance the credibility and popularity of the company in emerging areas.

The construction and test results show that the deployment scheme proposed and formulated in this paper has achieved good results in the deployment of the whole network. The coverage of the Internet of Things (IOT) is 20 dB higher than that of LTE base stations in the same frequency band. The access rate index reaches 100% and the re-selection success rate index reaches 100%, which can meet the needs of IOT services in all directions.

The main contributions and innovations of this paper are as follows:

(1) Put forward the deployment plan which accords with the present situation of Changchun Branch of China Unicom. The deployment plan considers the cost and construction cycle and other factors comprehensively. It is the most feasible deployment plan that Changchun Branch can organize and implement at present. It implements the implementation and completes the later testing and optimization work. Good.

(2) Cooperate with and formulate a smart business plan based on the Internet of Things network. The plan includes a series of schemes related to civil rights and people's livelihood, such as smart public security, smart city management, smart agriculture, smart environmental protection, smart mall, car networking and so on. The scheme plays an important role in improving people's livelihood in varying degrees and brings benefits to the company. Innovative revenue.

Key Words:

Narrowband IOT, scheme selection, base station deployment, effect validation, smart business

目 录	
第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 物联网不同网络发展情况	3
1.2.1 物联网不同网络介绍	3
1.2.2 窄带物联网现状	4
1.3 研究内容及论文安排	5
1.4 本章小结	6
第 2 章 窄带物联网系统原理	7
2.1 窄带物联网系统简介	7
2.1.1 窄带物联网设计目标	7
2.1.2 窄带物联网优势呈现	8
2.2 窄带物联网主要特点	8
2.2.1 海量用户数连接	9
2.2.2 覆盖增强	12
2.2.3 终端低功耗	13
2.3 窄带物联网创新点	13
2.4 窄带物联网关键技术	13
2.4.1 eDRX 技术	13
2.4.2 PSM 技术	15
2.5 窄带物联网部署	17
2.5.1 窄带物联网网络架构	17
2.5.2 窄带物联网部署方式	18
2.6 本章小结	19
第 3 章 中国联通窄带物联网建设方案	21
3.1 中国联通集团物联网建设思路	21

3.1.1	选择 NB-IOT 的必然性	21
3.1.2	中国联通现阶段网络情况分析	22
3.1.3	中国联通物联网演进方案	23
3.1.4	集团物联网频率选择意见	23
3.1.5	集团物联网基站建设意见	25
3.2	长春联通物联网建设思路	26
3.2.1	长春联通网络情况分析	26
3.2.2	长春联通接入侧建设策略	26
3.2.3	长春联通核心网建设策略	28
3.3	长春联通物联网整体架构	29
3.4	长春联通物联网建设进度	30
3.4.1	减频退网进度	31
3.4.2	GN900 基站建设进度	31
3.4.3	LN1800 基站升级进度	32
3.5	本章小结	32
第 4 章	长春联通物联网覆盖验证	33
4.1	物联网建设进度	33
4.2	物联网测试方式	34
4.2.1	测试前准备	34
4.2.2	测试方法	35
4.2.3	测试结果分析	36
4.3	物联网测试问题总结	38
4.3.1	无法接入网络	38
4.3.2	峰值速率不达标	39
4.3.3	其他问题	40

4.4 物联网优化重点	40
4.4.1 参数配置	41
4.4.2 问题解决	42
4.5 物联网 KPI 指标	43
4.5.1 小区可用性指标	43
4.5.2 性能类 KPI 指标	44
4.5.3 业务类 KPI 指标	45
4.6 本章小结	47
第 5 章 基于物联网的智慧应用	49
5.1 物联网智慧应用总述	49
5.2 智慧城管	50
5.2.1 智慧城管的需求背景	50
5.2.2 智慧城管的实现方式及优势	50
5.3 智慧消防	50
5.4 智慧商城	51
5.5 智慧农业	51
5.6 智慧停车	52
5.7 本章小结	53
第 6 章 总结与展望	55
6.1 全文工作总结	55
6.2 建议与展望	56
参考文献	57
作者简介及所取得科研成果	61
致 谢	63

第 1 章 绪论

随着科学技术的进步，无数智能化技术和设备应运而生。无线网络的高速发展和频繁的更新换代，给人民带来了更丰富的生活体验，而与此同时也对移动网络提出了更高的要求。“万物互联”的概念走入了百姓的生活当中，人民渴望着实时的掌握自己生活中的一切信息，享受智能化设备和基础设施带来的便利的生活体验。随着数以亿记的智能终端涌入网络，独立建设一个承载物联网业务的网络迫在眉睫。本章首先探讨物联网的研究背景与意义，然后介绍物联网中不同技术的发展对比情况，最后概述本文的研究内容及论文安排。

1.1 研究背景及意义

从远古时期的烽火台，到古代的书信，再到近现代的电报系统，人类进化发展的历史同样也带来了通信业的蓬勃发展。从 20 世纪 90 年代以来，随着科学技术和信息技术的爆炸式增长，电子技术及通信技术也呈现出惊人的发展态势。进入了 21 世纪的今天，是一个信息爆炸的年代，我们的日常生活当中充斥着各种各样的信息。我们一边在享受着科技带给我们便利的同时，也渴望着能够做一个“上帝”，随时随地掌控我们生活中的一切，并且渴望着享受智能商品、智能城管、智能基础设施所带给我们的一切便利。设备厂商技术的高速发展和市场大量的需求形成了一个相互促进的模式，将“万物互联”（Internet of things）推上了时代的风口浪尖。

通信技术从贝尔的第一通电话开始，经历了模拟通信技术、数字通信技术的一系列发展和革新。从 2G 单调的语音通信技术及短信技术发展到可以承接小流量的数据业务，到 3G 的大带宽数据业务可以初步承接视频业务，再到如今的大带宽、扁平、全 IP 的 LTE 技术，移动网络每一个技术上的革新和飞跃都离不开无数通信工作者呕心沥血的付出。如今“人与人”之间的通信已经可以实现随时随地都能获得面对面的体验，通信技术发展已经走到了一个瓶颈的位置。大量的科技工作者和实业制造厂商将目光转向了物联网，“物物”互联的实现将是未来很长一段时间内的主研领域。

市场发展规律中蕴含着一个必然的规律，一旦某技术发展成熟到一定程度，那么该项技术所能带来的利润就会降低到一个极限的程度。通信技术也是如此，由于通信技术发展迅速，运营商之间的竞争，通信市场的饱和，“人人”通信产品 and 市场之中能获得的利润已经十分微薄^[1]。物联网领域是一个具有无限发展可能的市场领域，且空间无限，给各种创新业务和智慧方向一个广阔的发展平台，就未来发展考虑，物联网市场是运营商必须抢占的市场。智能设备和传感器的迅速发展也催动

着运营商尽快完善物联网网络的建设。

技术先于网络迅速发展，在一个完整的网络铺设成熟之前，大量的智能家居就已经涌入了我们的生活^[2]。但传统的智能设备都是通过短距离的通讯技术（如蓝牙和 Wifi）联通到网络中，无法进行移动化、远距离的通信和控制，使得技术的发展和使用时受到了很大的限制。如今的物联网设备终端的通信是在蜂窝移动网络上进行的，大量设备的涌入对现有的网络造成了一定的冲击，使得传统的语音网和数据网不堪重负，不仅无法保障物联网高可靠性的要求，同时也影响到网络中本来承接的用户体验。因此，运营商有必要为日趋发展成熟的物联网业务独立铺设一张网络，拓宽自身的业务领域，同时也减轻自身的网络压力。

物联网主要实现的技术目标是将物理终端通过通信技术（主要是无线通信技术）与网络联通^[3]，实现人机互联、物物互联等一系列智能化网络。根据物联网业务带宽、连接用户数、能耗等一系列要求，可以将物联网划分为三个层次：第一个层次为低速率物联网，此层次网络所需的带宽较小，但需要大量的连接用户数和较低的功耗，预计到 2020 年在全球范围内将有 80 亿终端通过该层网络接入，将占据最大的物联网份额；第二个层次为中等速率物联网，要求带宽及速率略大；第三层次为高速率物联网，此种网络所需的带宽和速率较高，可能无法实现通过独立搭建一个专门的网络来实现。

低速率物联网要求网络具备连接海量用户数的基本要求，业务时延不敏感但需要高度可靠性，设备要求低功耗，能够长时间不间断的使用。窄带物联网技术应运而生，在众多的低功率物联网技术中脱颖而出，成为了部署低功率物联网最佳的选择。窄带物联网的优势主要体现在如下几个特点：

第一、覆盖能力增强，与 LTE 系统相比，窄带物联网的覆盖增强了 20dB。

第二、海量用户数连接，在 200KHz 的带宽下，根据仿真测试数据单小区可以支持 5 万个 NB-IoT 终端的接入^[4]。

第三、超低功耗，窄带物联网中使用的终端，5wh 电池可供 UE 使用 10 年。

第四、低成本，UE 单模组成本小于 5 美元。

窄带物联网已是运营商铺设物联网的首选技术，随之而来的问题即为如何建设这样一张网络并且在网络上开展相应的智能业务。通过长期运营的经验来判断，站址和频率资源是运营商最为宝贵的资本。但是随着电信技术和其他卫星技术的发展，运营商可用的频率资源已经少的可怜，而长期的建站和铺网更是大量的侵占了现网中可用的站址资源。2G、3G、4G 网络的建设投入也耗费了运营商大量的投资成本。因此如何在自身网络的基础上，在自己已经获得营业执照的频段上以最少投资进行网络的建设，是需要运营商反复斟酌的问题。

网络建设方式的选择需要在网络覆盖效果和建设周期之间权衡考虑，两方面缺一不可。结合这样的一个市场现状，联通公司制定了两层网络同步发展的策略。在

抢占市场份额的方面不落于人后，同时利用自身占据优势的 900M 网络建设覆盖效果更好的物联网网络，从而巩固用户，提升用户满意度和品牌的商业好感度，为用户提供更为优质的服务。

物联网网络的建设需要先行在小范围地理区域的基站进行实验测试，进行覆盖效果和业务的验证，总结参数配置和优化方式等一系列经验，评估可大范围铺设的可行性。确定可以进行大范围建设之后，逐步的进行铺设，并在铺设的范围内，不断的总结所获得的经验和教训，逐步对业务和参数的配置进行调整，并且不断完善自身关于网络优化和维护的技能，形成一个完整的网络维护的生态链。

网络的铺设是抢占市场的基础，运营商要摆脱自己成为高盈利互联网产业的廉价管道的现状，就要从自身出发，进行互联网化转型，即在网络的基础上进行自己的业务拓展。时至今日，联通公司已有许多智慧公安、智慧城管、智慧农业等产业和行业的成功案例。这些产品的推陈出新不仅打响了联通公司在物联网运营方面的知名度，而且促进了联通公司自身物联网完整生态链的循环，以业务为牵引，进行物联网的优化和建设，提高自身的维护和业务水平，为联通公司未来的运营和发展注入了一股活泉，使得企业能够活泛的运转起来。

1.2 物联网不同网络发展情况

1.2.1 物联网不同网络介绍

物联网主要分为三层网络，不同网络之间的区别主要是由各自承接的不同业务的特点决定的。每一层网络都有各自不同的网络技术进行业务的承接，下面对物联网的不同层次的网络及网络技术进行介绍。

第一层网络为低功耗广覆盖网络（LPWA）网络^[6]，此层网络所要求的速率和带宽不高，业务关注的重点在于覆盖的广度和深度、成本的低廉、功耗的降低、海量的用户数，且在此层网络上传输的业务均对时延不敏感，但对数据的可靠性需求较高，因此采用的传输方式主要是信令的方式。此层网络上承接的业务主要包括智能抄表、智慧农业、气象/环保检测以及智能停车等一系列业务。现有的 3G/4G 技术无法承接如此大量的连接用户数，同时也无法满足低功耗的要求；2G 网络虽然可以承接一部分，但是同样无法满足海量用户数的接入请求。因此，建立一个全新的网络来承接此层网络的业务是市场发展的必然。而且低功耗网络的大市场份额也证明了建设此种网络的投资是值得的。此层网络的的技术主要有三种：窄带物联网技术（NB-IoT）、LoRa 技术、Sigfox 技术。

第二层网络为中速率网络，此层网络对速率有一定的要求，需求速率在 1Mbps 左右，对时延也有一定的要求，需求时延小于 100ms，需要网络可以保证终端在一定移动速度以内的移动性管理。同时需要网络提供语音服务。此层网络承担的业务

主要包括电梯广告、城市和城管车队的管理、VIP 人物的跟踪、宠物的跟踪等一系列业务。结合此层网络的业务特点，也同样发展了新的网络技术进行承载，即 eMTC 技术，目前联通公司在建设窄带物联网的同步也在进行 eMTC 网络的建设，以满足后续的物联网网络的需求。但目前此层网络最普遍的承接方式是建立在 2G 的 GPRS 网络上和电信专属的 CDMA 网络上。

第三层物联网网络为高速率网络，此层次网络一般要求速率在 10Mbps 以上，与前两层网络有本质上的区别。需要较大的带宽，且对于时延较为敏感，需要网络保证较低的时延。主要承接的业务包括车载娱乐、日渐成熟的自动驾驶技术以及广受大众欢迎的视频监控技术。由于此层网络需要较大的带宽，且在物联网市场上所占份额较小，为此层网络单独建立一个带宽的网络显然是运营商不可能选择的方案，因此最好的选择只能是在现有或未来即将上线的网络上进行承载。当然，相应的也发展出了一种理论意义上的技术，即 LTE-V 技术，但目前未投入生产，目前承载此层网络的主要技术是 LTE 网络、LTE-A 网络，未来将会在 5G 网络上开展此种业务。

1.2.2 窄带物联网现状

窄带物联网(NB-IoT)技术是从 LTE 技术演变而来的^[6]，接入网部分保留着 LTE 网络的扁平化、单点结构，保证信令和结构的简化。核心网目前仍然使用 LTE 网络的传统全 IP 网络结构进行承接，但添加了物联网专用的节点，便于物联网业务的扩展和升级，未来将逐步进行物联网核心部分的虚拟化过渡，达到动态分配物联网核心资源的作用，同时以窄带物联网的核心网为依托，促进 5G 核心网络的建设和发展。

由于窄带物联网技术是在 FDD 制式下的 LTE 技术改造而来。因此，目前只有 FDD 制式下的 LTE 系统支持窄带物联网技术，TDD 制式下的 LTE 系统是无法支持窄带物联网技术的。从这个层面上看，联通公司占有先天优势，因为联通公司拥有唯一的 FDD 营业执照，并且拥有一个已经完整建设的 LTE 网络，通过软件技术在原有的 LTE 网络上升级，便可以建设一个同样完整的 NB 网络。

窄带物联网的层一设计大部分继承了 LTE 系统的物理层技术。上行采用 SC-FDMA 技术；下行采用 OFDM 技术，保证多用户可以并行的进行业务，互不产生干扰。高层的协议栈设计同样继承了 LTE 系统的协议栈结构，在原有的结构基础上，增设了针对物联网业务特点而设计的个性化改造，缩短信令流程，减少信令开销，从增加用户数和降低终端功耗两个角度为窄带物联网带来优化效果。无线侧与核心网的互联依然采用 S1 接口，连接方式也与 LTE 相同，连接到由若干个 MME 组成的 pool 当中去，这样既保证了当前基站的业务可靠性，也保证了 MME 可以根据自身承接的业务进行负载均衡，增加整个系统的稳定性。同时窄带物联网网络还

支持独立部署方式和升级部署方式，运营商可以根据自身的频率资源情况以及可投入的资金综合考虑，自主选择部署的方式。

窄带物联网技术在无线覆盖、设备功耗、终端成本、用户连接数等方面综合考虑是性能最优的，以上种种技术特点决定了窄带物联网是最符合低功耗广域物联网业务要求的网络。

但是窄带物联网技术也存在由于自身技术限制所产生的缺点：窄带物联网支持低速的移动性，但是无法满足高速移动的设备正常进行业务量；无法满足大流量数据的传输；不支持语音业务，因此无法承接需要进行语音交互的应用；保证的时延在秒级上下，无法承接对时延敏感的业务。上述业务可以考虑采用 eMTC 技术，或在现有的移动网络上进行升级和承接。

在现有的通信网络之中（如 2G、3G 网络），研究还是围绕着手机展开的，研究范围较为狭窄。物联网为通信领域技术的提升和发展开拓了新的局面，将研究范围扩展到以物联网为核心的一系列周边产品（如各种各样的传感器和智能终端设备）。打破由单一终端困囿的行业发展进程，进入一个全新的技术发展周期。而窄带物联网的铺设，将是这一周期平稳进行发展的土壤。打破壁垒，建立真正的万物互联的系统，是通信人现阶段的主要工作目标，这是一个时代的转变，也是通信技术的一次“工业革命”^[7]。

1.3 研究内容及论文安排

本文研究的主要内容是联通公司关于物联网网络的建设方案，以及后续在铺设好的网络上开展的一系列智慧创新型业务的进展情况。

首先，对物联网的若干种网络技术进行比对和分析，详细分析物联网网络的特点，深度掌握物联网的制式和关键技术。通过对比和总结，选定窄带物联网为联通部署物联网的首选方案。然后，在集团公司发布的整体思路牵引下，通过对比 900M 频段和 1800M 频段建设物联网的覆盖效果、建设周期、建设成本等一系列因素，综合考虑长春市自身的网络现状，制定一套适合于长春自身发展的物联网建设体系，即“两步走”计划。在现网 L1800 升级的基础上，同步进行 900M 的减频退网工作，为在 900M 频段上建立更好覆盖效果的物联网网络做好频率资源的准备。L1800 升级和 N900 新建两种实验同步进行，随着项目的深度推进，不断的进行方案的调整和经验的总结。目前 L1800 基站正在逐步建设，已初具规模。同时也完成了部分 L1800 基站的效果验证工作，验证结果较好，覆盖强度比 LTE 提升了 20dB，RRC 接通率可以达到 100%，重选成功率可以达到 100%，掉话率可以降低到 0。联通公司采用了业务先行的策略，抢先推出了各种行业的智慧方案，将物联网公用推向前台，先期使用 2G 网络或者 3G 网络进行承载，随着物联网网络建设的逐步完善，将业务向专业的物联网网络上转移。

论文研究内容和章节安排如下：

第1章呈现了题目的研究背景和意义,通过对比了物联网不同网络技术的特点,引出了部署窄带物联网的必要性,同时展示了论文整体结构。

第2章呈现了窄带物联网的核心技术,网络特点,以及为满足网络要求所制定的个性化的关键技术。探讨了窄带物联网在若干个物联网技术当中脱颖而出的原因,深层次的了解窄带物联网的运行方式。

第3章以联通公司部署窄带物联网的整体思路为牵引,制定符合长春市地域特点的部署方案,通过对比不同的部署方式,制定详细到实施阶段的窄带物联网的部署方案,并推进实施,呈现目前窄带物联网的部署进度。

第4章对已完成部署的 L1800 升级窄带物联网络进行现场测试,验证网络的覆盖效果。从测试前期的准备工作、测试方式以及后续的测试结果分析,一手牵引并总结经验。同时对 N1800 网络后期的维护和优化提出一定的指导意见,提出主要关注的 KPI 指标以及标准,其中最为重要的指标为小区重选成功率。

第5章对目前联通公司开展的一系列基于物联网的智慧方案进行展示,分析智慧方案需求的背景,智慧方案实现的方式,以及智慧方案的优势。

第6章对全文所展示的验证效果和智慧方案进行总结,在目前已经取得成果基础上提出更具有深远意义的意见和想法。

1.4 本章小结

本章主要讨论了窄带物联网的研究部署的背景和实际意义,通过对比不同网络的优势和劣势确定了窄带物联网是部署物联网的最佳选择。确定了部署方案的研究、后续覆盖效果的验证以及智慧方案的制定等一系列生态化研究目标。在本章节的最后,对全文的研究对象和内容以及行文安排进行了整理和总结。

第2章 窄带物联网系统原理

窄带物联网系统原理的研究涉及到若干方面：包括窄带物联网设计的目标、窄带物联网发展的现状、窄带物联网无线侧的基础理论、窄带物联网的核心技术以及系统架构等方面。本章首先从窄带物联网的设计目标牵引出物联网网络的整体特点，从而导出关于物联网为满足这些设计目标所设计的一系列关键技术和创新点。最后将重点集中在物联网整体架构的呈现，本文的行文重点也放在物联网网络的部署方案以及网络完成建设后的效果验证。

2.1 窄带物联网系统简介

2.1.1 窄带物联网设计目标

伴随着万物互联概念的提出和普适，智能终端的生产和设计的水平呈指数级增长，大量的“人物”互通和“物物”互通的数据包涌入网络，令现有的通信网络不堪重负，3GPP 组织建立了一套完整的“物物”互通的标准和规范，并在此基础上发展了窄带物联网（NB-IoT）技术用于建立专门的物联网移动网络，从而适应潮流的发展，同时减轻基础网络的压力。

窄带物联网的设计理念是承接海量用户数，大量小数据包的基础网络，面向时延不敏感但对功耗要求高的终端^[8]。针对窄带物联网的上述设计理念，制定了一系列个性化的技术。

窄带物联网从 FDD 制式的 LTE 系统演进而来，因此暂可以采用 LTE 系统的核心网结构^[9]，且通过在 LTE 基站上进行软件升级的方式，保留 LTE 基站基础建设，进行 NB 基站建设。但由于窄带物联网和 LTE 系统的服务目标有着本质上的区别，NB 小区和 LTE 小区的部分指标存在着一定的差异，具体表现如表 2.1 所示^[10]。

通过表 2.1 的对比可知，NB 小区在覆盖强度、容量、功耗、成本等方面都有着绝对的优势。

表 2.1 NB 小区和 LTE 小区性能对照表

网络类型	覆盖	容量	速率（上行/下行）	功耗	成本	时延	移动性
NB-IoT	MCL=164 dB	>5万/cell	64K/28K	10年	<5美元	约10s	静止/慢速/不支持切换
LTE	MCL=142.7dB	1200/cell	50M/100M	——	30美元	<100ms	<500km/h/支持切换

2.1.2 窄带物联网优势呈现

物联网网络从业务需求速率的角度可以分为三层，每层所承载的主流业务同样有所区别，具体的速率要求和业务如图 2.1 所示。

第一层承接低速率业务，带宽要求在 200k 以下，速率要求低，终端数量大，拥有最大的市场份额，是目前物联网网络的兵家必争之地。

第二层承接中速率业务，对带宽有一定要求，可以考虑用 2G 网络承载，或单独建立 eMTC 网络，但尚在研究方案阶段。

第三层承接高速率业务，带宽要求较大，速率要求高，终端数量少，拥有最少的市场份额，建议采用现有网络进行承接，不建议新建网络。

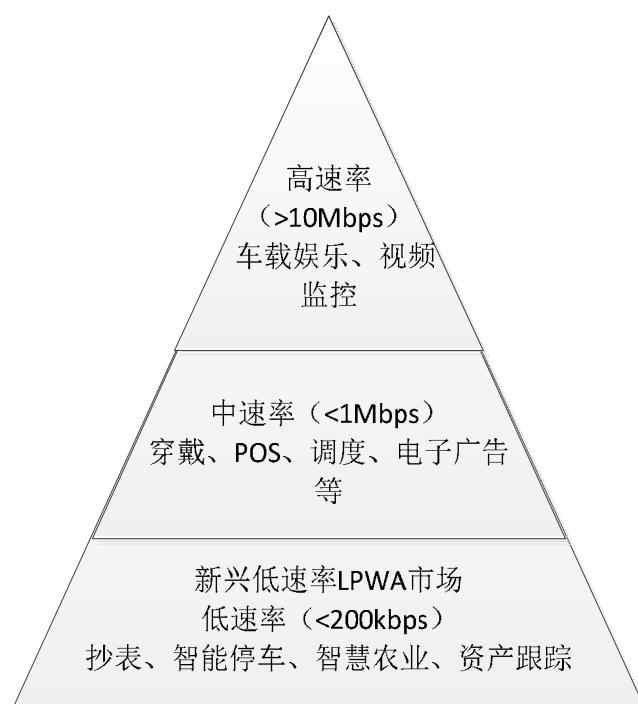


图 2.1 物联网分层网络体系

LPWA 市场目前两种主流的网络技术有三种：NB-IoT 技术、LoRa 技术、SigFox 技术。三种技术当中，只有 NB-IoT 技术有完整的规范体系，且拥有频率资源的执照，可以建立起一个稳定运行的物联网网络。且从连接用户数和功耗两个方面考虑，NB-IoT 技术相较于其他两个技术，也拥有着绝对的优势。因此 NB-IoT 技术是物联网部署网络首选的网络技术。

2.2 窄带物联网主要特点

窄带物联网设计的目标是实现低速率的海量用户连接，同时最大限度的降低终端功率。与其他基础网络相比，窄带物联网具有其鲜明的特点，下面将详细介绍。

2.2.1 海量用户数连接

随着物联网技术的不断成熟和发展，物联网终端井喷式的涌现，大量的物联网终端涌入了基础移动网络，对基础网络造成了相当大的负担，不仅无法保证原有用户的业务体验，同时也无法保证物联网业务对高可靠性的要求。在这样的环境背景下，就需要一个能够吸纳海量用户连接的专网，来承载物联网业务。现有的移动网络都无法实现这样的功能，窄带物联网由此应运而生。

窄带物联网的海量用户数连接的功能是由其无线侧和核心侧的设计方式所决定的^[11]，3GPP 对其进行规范制定的同时，综合考虑了其所需要实现的所有功用和特点。

窄带物联网所需的带宽不大，仅需要 200KHz 的带宽就可以部署一个功能完备的 NB-IoT 网络，根据实验室阶段所出具的仿真数据，NB 小区单扇区可以接入的用户数可达到 50000 个，足以满足窄带物联网海量连接的需求。

窄带物联网实现海量连接的关键技术之一是其在原有 LTE 基站的基础上，进行了无线侧信令的优化。NB 基站拥有独立的准入拥塞控制功能^[12]，保证基站对自身资源情况有一个绝对的控制权力。同时 NB 基站还对终端侧的上下文所包含的信息进行存储，保证 NB 基站随时掌握终端的动态，能够根据终端的业务突发情况调整自身的资源控制。3GPP 组织在发布 NB 的 Rel11 版本时，增设了终端接入的等级限制和扩展类型的接入限制两种功能^[13]。通过如上两种限制功能结合，对激增类型的大量用户数接入导致的拥塞情况进行预防和应对，同时保证高等级终端用户的服务。移动终端不断的获取基站所下发的 MIB 消息，从该系统消息当中可以获取当前的资源控制情况（即等级和终端限制的信息）。通过综合系统当前的资源情况，以及自身在系统中所登记的级别来判断能否成功接入网络，从而决定是否发起随机接入的申请^[14]。无线基站则可以根据自身的资源使用情况，结合请求接入的终端等级信息来判断，是同意该申请允许该移动终端接入，或是拒绝该申请。

窄带物联网实现海量连接的关键技术之二是其在核心网络侧进行的优化和调整。窄带物联网在核心网接口侧也保留着移动终端的 context 信息，通过识别和记录终端的等级以及当前的资源使用状态，来对网络资源进行相应的控制^[15]。NB 网络在核心网络侧实现了对需要下发的下行数据包进行缓存，统一下发。以往的全 IP 网络不对业务进行判断，在业务数据包到来之后，不经任何核实直接转发，在某些时候会导致某些端口和接口的拥塞，使得业务无法正常运行，甚至会影响其他用户的正常使用。而一旦添加了缓存机制，相当于在端口处添加了一个窗口，系统和用户可以根据网络中资源的使用情况、终端的接收情况等信息综合判断如何处理缓存中的数据，这样给核心网接口一个资源配置的自主权，便大大减少了业务激增，堵塞住所有接口，导致所有业务无法正常进行的可能。

窄带物联网实现海量连接的关键技术之三是其牺牲了网络的许多附加特性，坚持 NB 小区设计的初衷。牺牲掉包括支持载波聚合小区、双连接等一系列新近开发的功能^[16]。同时由于 NB 小区不保证比特率，因此也就没有服务质量等级（QoS）的概念。窄带物联网不支持任何对时延要求较高的业务，如实时的信息交互等业务，因此也就无需增设许多其他的功能。这种近乎于“断尾”的自我简化的牺牲，为窄带物联网减轻了大量的业务负担，从而保证窄带物联网的海量连接的特性。

窄带物联网实现海量数据连接的关键技术之四是在于其在控制面层面所进行的信令简化^[17]，穷尽极限的减少各种信令的开销，保证所有的资源都进行有效的用户数据传输。通过非接入层（NAS）信令数据包来传送用户数据，减少了终端和无线侧、核心侧之间进行交互的信令开销。具体连接方式如图 2.2 所示。

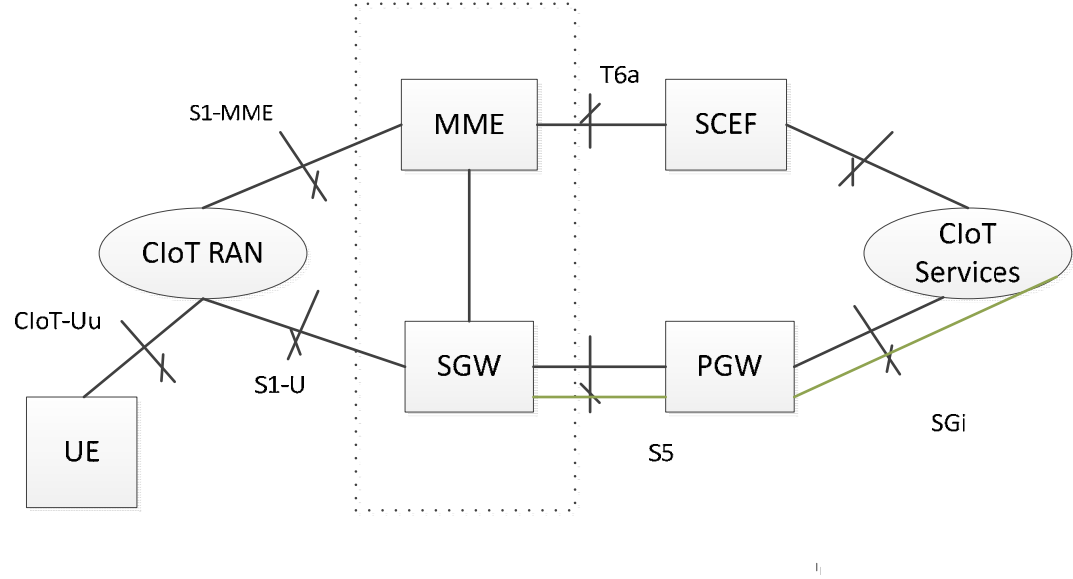


图 2.2 物联网网络架构图

窄带物联网实现海量用户数连接的关键技术之五在于其加入了 RRC 挂起模式，在用户面进行简化。基站在业务结束时，保留用户接入面的 context 信息，用户可以自由的在 suspend 模式和 RRC 连接模式之间进行迁移，如图 2.3 所示。

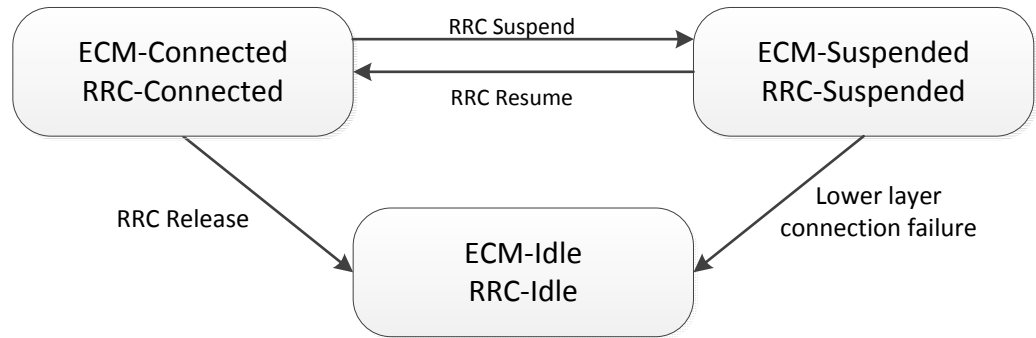


图 2.3 RRC 状态迁移图

RRC 挂起的流程如图 2.4 所示。

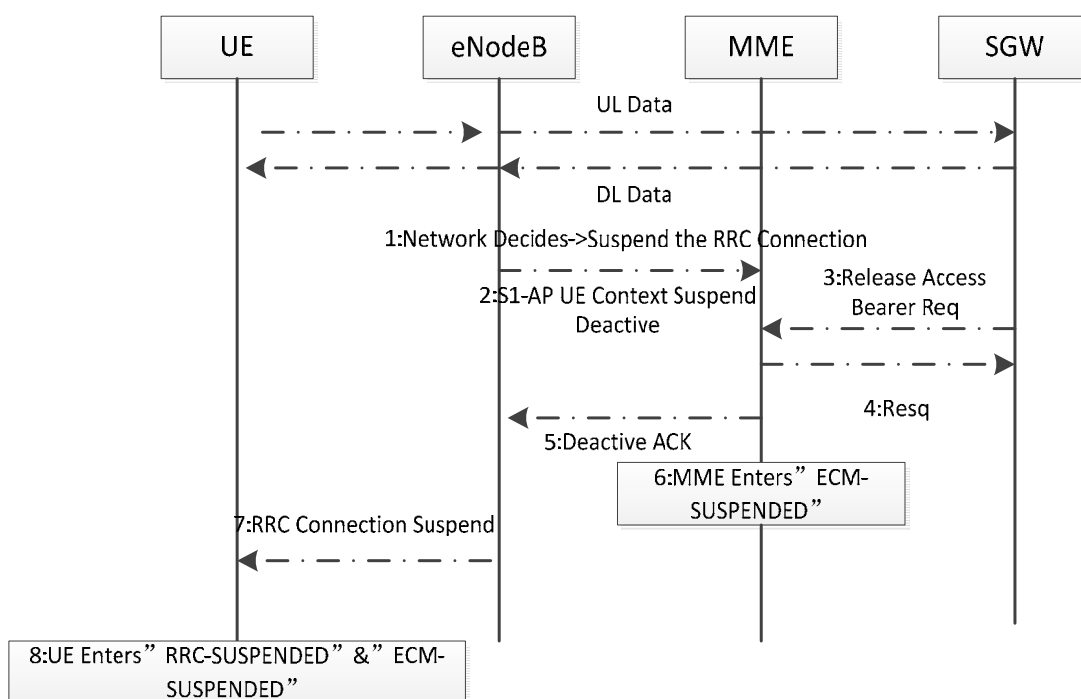


图 2.4 RRC 挂起流程图

RRC 恢复的流程如图 2.5 所示。

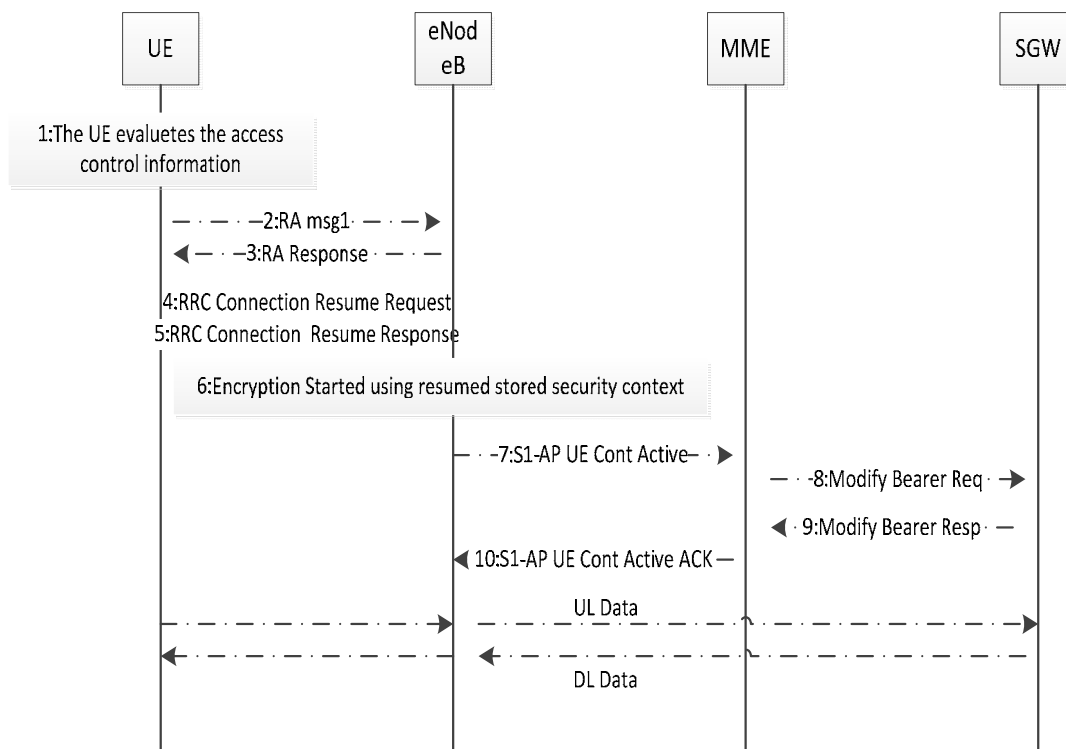


图 2.5 RRC 恢复流程图

2.2.2 覆盖增强

相较于 LTE 系统而言，NB 小区在覆盖强度方面提高了 20dB。覆盖强度加大保证了 NB 信号的强度和穿透能力，保证一些位于室内的 NB 终端能够完整的接收到基站下发的信号并完成正确的解读，同时也保证终端能够将自身的数据完整的发送到网络侧。

NB 小区覆盖增强的关键技术为其特有的功率谱密度较高的特点，NB 系统是一个窄带的网络系统，系统带宽为 200KHz，除去保护间隔，合理可以使用的带宽仅为 180KHz，仅仅相当于 LTE 系统的一个 RB 的大小。NB 小区下行的一个子载波的宽度大小仅为 15KHz，上行的一个子载波的宽度大小存在着两种模式，分别为 15KHz 和 3.75KHz。将基站的功率全部分布于一个较小的频率宽度，带来了一定的信号增强效果。

NB 小区上行的 15KHz 载波配置同时还支持多个子载波捆绑在一起，成为一个子载波的模式，这样方便 UE 在不同传输模式之间进行切换，用于传输不同数据流大小的数据。载频配置模式如图 2.6 所示。

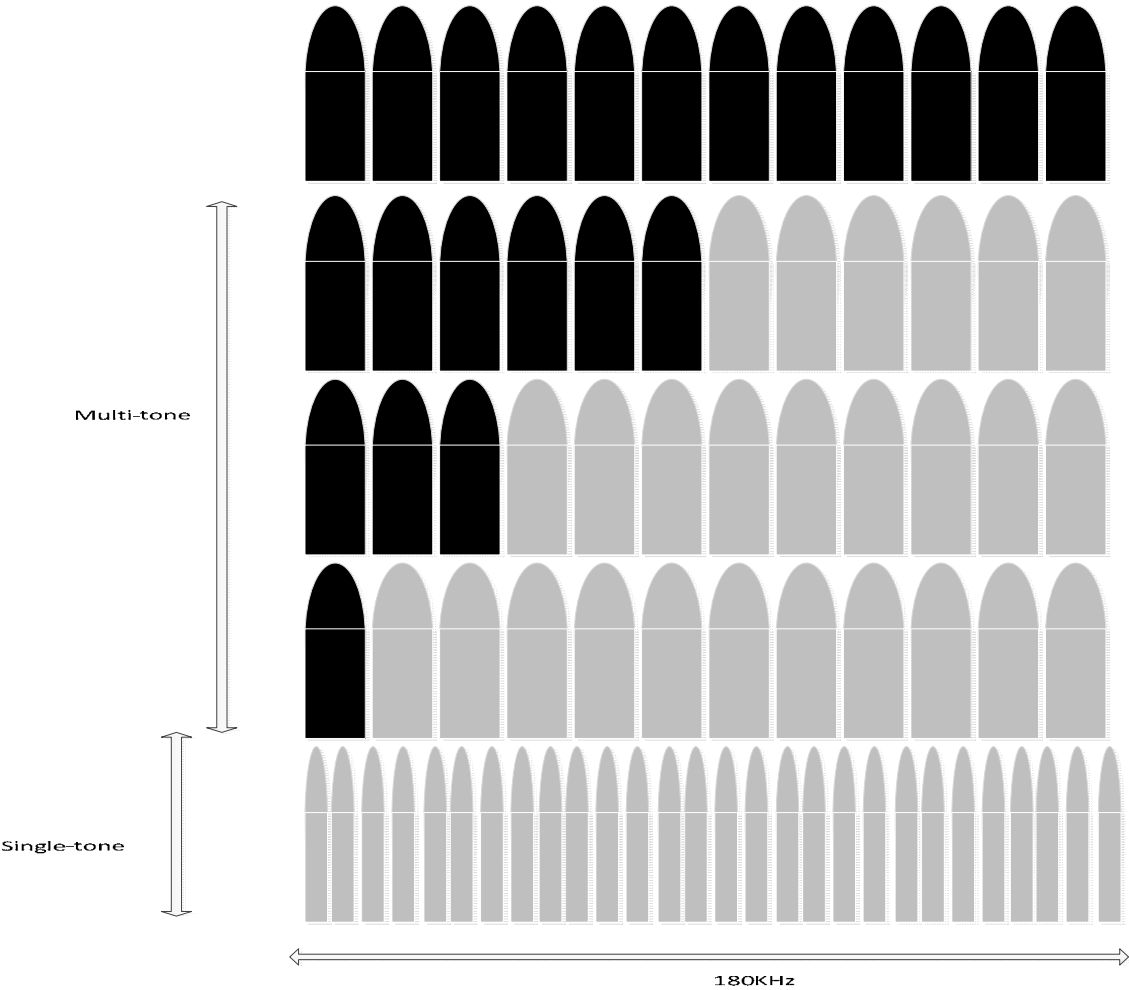


图 2.6 载频配置模式

2.2.3 终端低功耗

物联网移动终端功耗较低，一块电池可以使用十年，在极大程度上降低了能源的使用，这是物联网设计的一个很重要的目标，也是 NB 网络技术在众多网络技术当中脱颖而出的主要原因。

决定物联网移动终端具有低功耗特点的关键技术如表 2.2 所示。

表 2.2 低功耗关键技术

	技术详情
关键技术1	芯片复杂度低/电流小
关键技术2	空口信令简化
关键技术3	基于覆盖等级的传输和接入
关键技术4	PSM 模式
关键技术5	eDRX模式
关键技术6	长周期TAU
关键技术7	只支持重选/不支持切换

2.3 窄带物联网创新点

相对于传统的基础移动网络而言，窄带物联网是一个全新的网络。区别来源于设计的目标以及承载的业务要求不同。传统移动网络的演进趋势的目标是“速率更快、时延更短”，而窄带物联网主要承载的业务类型是小功率、小数据包、时延不敏感的终端业务。所以窄带物联网牺牲了大量的业务特性，最主要的是高速率和基于服务等级的业务类型，不对任何业务的可靠性进行专门的保障。

窄带物联网牺牲了自身业务的升级和多样性，而朴素的作为一个基础网络而存在着，所有一切关于业务的多样性，均在核心网的服务器端进行实现。

为满足 NB 网络如上的业务特点，窄带物联网在技术层面进行了创新，具体技术上的创新点如下所示：

- 1) 相对于 LTE 网络而言，明显提高的单载波的功率谱密度，将基站可以配置的功率全部集中在 15KHz 的带宽内，实现自身增强覆盖的特点；
- 2) 相对于 LTE 网络而言，明显简化的用户面信令流程以及控制面信令流程，通过减少大量的信令开销，实现自身大规模用户连接和终端功率低的特点^[18]；
- 3) eDRX、PSM 模式的添加，UE 可以与网络侧进行协商，选定更节电的方式。

2.4 窄带物联网关键技术

2.4.1 eDRX 技术

窄带物联网最具有代表性，也是相对于其他网络最具有优势的一个特点就是移

动终端的低功耗特性。而 NB 网络实现该特性最重要的一个创新技术为移动终端的 DRX，即终端在连接状态时的不连续接收^[19]。

普通移动终端如手机，在 RRC 连接状态时，是对寻呼信道进行不间断的侦听的，这样将保证终端对寻呼信息迅速和实时的反馈，但是这样的运行机制会大量的耗费终端的电量。而物联网中的终端往往不需要对寻呼信息进行及时的反馈，因此为 NB 移动终端设计了 DRX 连接模式，用于节省电量，保证移动终端能够保持较长时间的使用。

一个完整的 DRX 周期由两部分组成：Onduration 时期和可能存在的休眠期^[20]。终端在 Onduration 时期内打开接收机，对寻呼信道上的信息进行接收；而在休眠期则关闭接收器，停止对寻呼信道上的信息进行接收，尽量保存自身电量。

在实际操作和配置当中，Onduration 时期和休眠期的时长是需要进行配比的，配比不合理将影响全网物联网业务的合理进行。Onduration 时期过长，终端耗电量将增大；而休眠期时期过长，又将影响终端对寻呼信息的及时反应程度，影响业务的正常进行。

eDRX 技术是在 DRX 技术上进行的一种扩展，其技术规范封存在基站和终端的底层数据配置当中^[21]。若终端在空闲状态下对业务反应的及时性有一定的要求时，可以根据自身的资源使用、自身终端的能力以及根据系统广播获得的系统资源配置情况发起申请，NB 基站根据当前资源情况以及用户的鉴权结果进行判断，是否为终端开启服务。双方进行协商，确定侦听周期等一系列参数。

移动终端在处于 DRX 和 eDRX 模式下时，周期性的进行状态的迁移，状态迁移的情况和时间周期如图 2.7 所示。

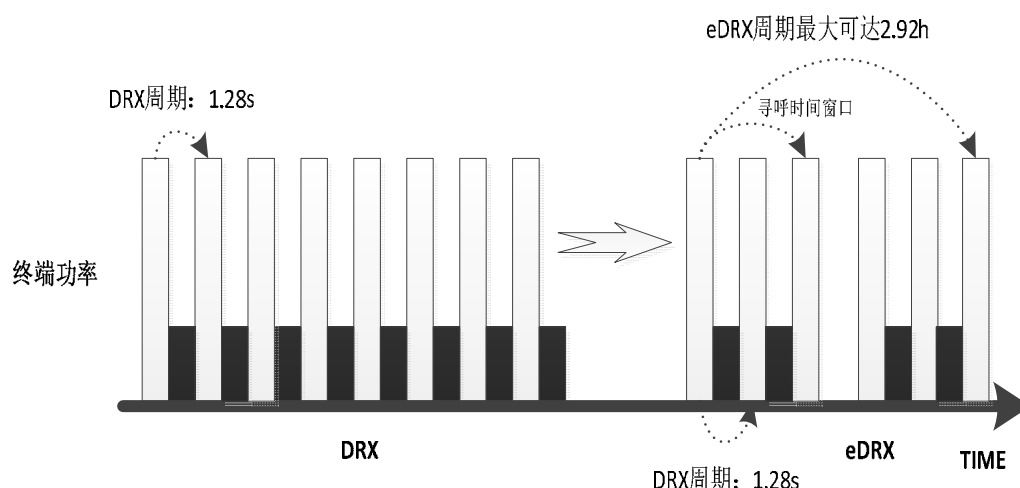


图 2.7 eDRX 周期

UE 在启用 eDRX 功能时，需要与网络端进行通信。通过信令的方式进行交互，整个流程包括申请、判定、鉴权、反馈、相关参数的交流和确认、最终建立成功的最终确认等一系列信令信息^[22]，具体流程如图 2.8 所示。

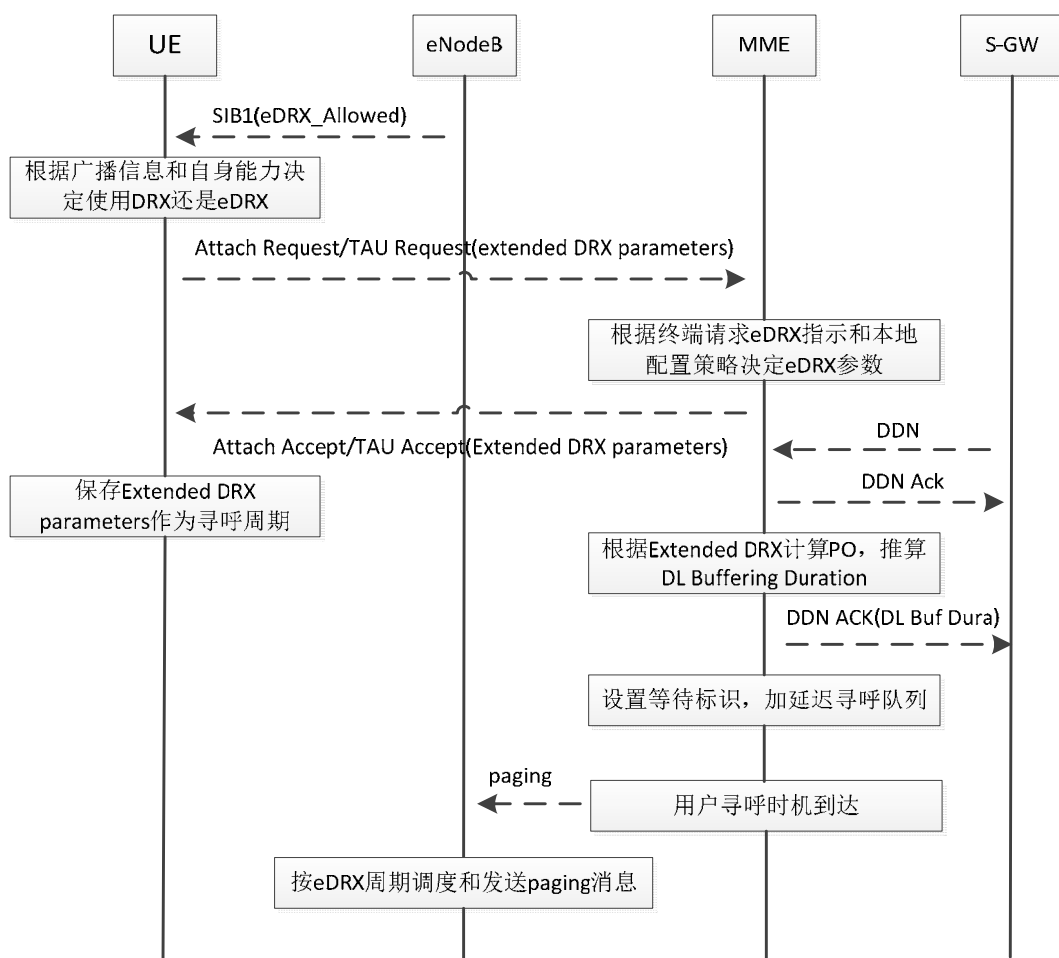


图 2.8 eDRX 信令流程

eDRX 模式对时钟同步要求较高，在对 UE 和基站进行基础配置的时候，需要对时钟进行严格的设置，保证业务的正常进行^[23]，时钟配置的原则如下所示：

- 1) 最优先的时钟同步方式是使用 GPS，因此在条件允许的情况下，开启终端的 GPS，并且保证基站 GPS 系统的正常运行。
- 2) 如无 GPS 实现的条件，在 MME 和基站同步配置了 NTP 时钟信号源的情况下，也可以使用 NTP 时钟，但要保证和 MME 的时钟对准。
- 3) 在上述条件均无法达成的情况下，才考虑使用外部时钟源。
- 4) 时钟源一定要正确配置，否则终端将无法正常运行。

2.4.2 PSM 技术

窄带物联网为保证其终端低功率的特性，引入了 PSM 省电模式。

传统的移动网络为保证“人人”通信的实时性，需要终端在注册入网的情况下，就要保证信令可达，能够时刻接收到寻呼消息和系统下达的信令消息。在保证侦听实时消息的情况下，就要耗费大量的电量。但物联网终端不需要实时的对业务进行反应，在一定的周期内保证能够收到寻呼消息，或者在自身有需求的时候可以进行

网络接入即可，因此引入了 PSM 省电模式。

终端在 PSM 模式下，虽然保持着终端注册入网的状态，但是已经不侦听任何信道的消息^[24]，终端处于一个注册在网但不可达的状态。此时，终端处于一个极端省电的状态。

物联网为保证终端在从 PSM 模式状态下跳出时，可以正确接收到数据信息，启用了数据缓存的机制。即在 MME 或 S-GW 侧对数据进行暂存，当终端发起 RRC 连接请求后，能够接收到其在脱网状态时所有应接收的消息。

为保证终端能够长期安全的处于 PSM 模式下，不用不定时的从省电模式跳出进行位置更新，NB 网络还引入了长 TAU 机制^[25]。即终端在较长的一个周期内向网络侧进行一次位置区的更新即可，这样一个机制的引入也是由物联网终端的低移动性决定的。由此可以看出，物联网的网络特点和所有的技术均是息息相关，相互补充，相互制约的，缺少其中任何一点，都不是一个完整的、合格的窄带物联网网络。

终端处于 PSM 模式下的定时器配置，以及相应的状态迁移如图 2.9 所示，此图中包含着完整的终端业务周期，清晰明了。

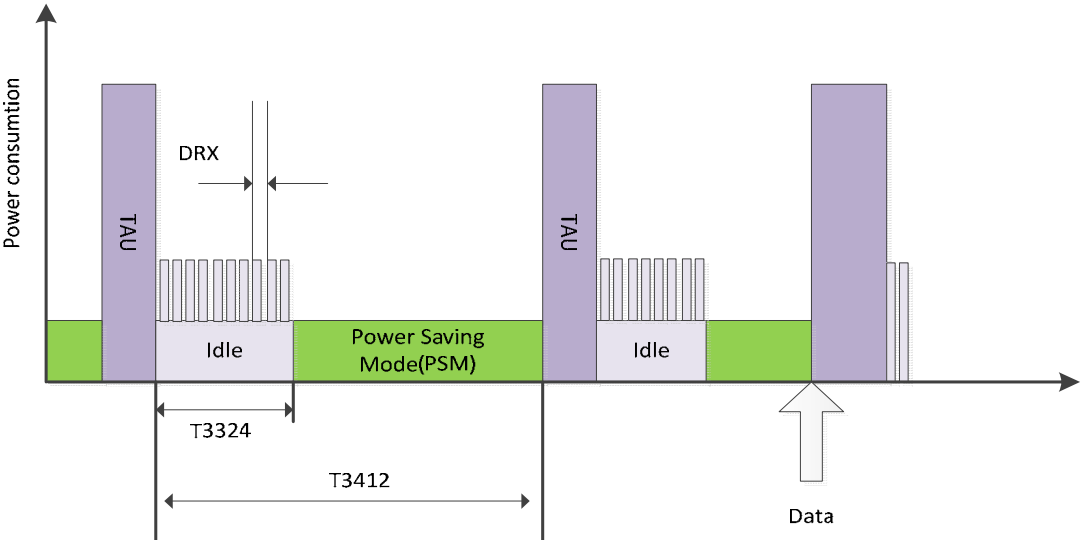


图 2.9 PSM 模式示意图

随着物联网终端技术的不断发展，物联网终端也在向多样化方向发展，不同的物联网终端对位置更新周期和数据传输周期有着不同的需求，以适应不同业务对数据更新及时性和设备移动性的要求。表 2.3 展示了物联网终端在不同位置更新周期和数据传输周期下，电池的试用寿命情况^[26]。

在实际进行网络部署的时候，需要根据不同的业务特点，对物联网终端设备进行不同的配置，来实现其不同的功能，但从下图中我们可以看出，即使是最频繁的更新和数据传输，移动终端也可以在 3.7 年内无需更换电池。而最普遍的情况是设置 TAU 更新时间为 10 分钟，而设备上传数据的周期为每周上传一次数据，那么在这样的配置下，移动终端的电池寿命在 132 个月以上（11 年）。

表 2.3 低功耗关键技术

TAU Cycle Trans	2.56s(Rel-8)	10.24s	1m in	10m in	1h	2h	1day
15 m in	3.7(m onth)	4.5	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
1 hour	8.1	13.8	17	17.8	17.9	17.9	17.9
1 day	13.2	39.1	84.9	110.8	110.8	111.1	111.3
1 week	13.5	42	99.4	136.2	136.2	136.6	137
1 m onth	13.6	42.3	101.6	140.2	140.2	140.7	141.1
1 year	13.6	42.5	102.3	141.4	141.4	141.9	142.3

2.5 窄带物联网部署

2.5.1 窄带物联网网络架构

窄带物联网是在 LTE 网络上发展而来的，因此在网络整体框架上基本保留着 LTE 的基本架构。NB 网络的基本网络特征与 LTE 网络特征一样，突出的两个特点是扁平化和核心网的全 IP 化^[27]。

扁平化架构体现在打破了从 2G 到 3G 一直保留的“基站-控制器”结构，在无线侧仅保留一个物理节点，即 eNodeB，无线侧的数据传输和信令控制功能均在 eNodeB 节点上实现。这样的—个简化的网络，减少了繁琐的信令交互流程，大大减少了开销。

NB 网络在沿袭 LTE 网络整体架构的同时，也做了相应的改进。为了适应物联网业务的推陈出新，在核心网侧增设了一些服务的开发单元。这些单元为 NB 网络的升级和发展带来了极大的便利，而且也为 NB 网络从融合网络向独立网络过度打下了—个良好的基础。图 2.10 为 NB 网络完整的网络结构图，包含了 NB 网络的网络节点以及所有接口信息^[28]。

目前 NB 网络的核心侧依然是承载在 LTE 的核心网络上，三家运营商均没有作过大的改变，但是 NB 核心网络的虚拟化是—个必然的趋势，虚拟化能够保证核心网资源的动态分享。

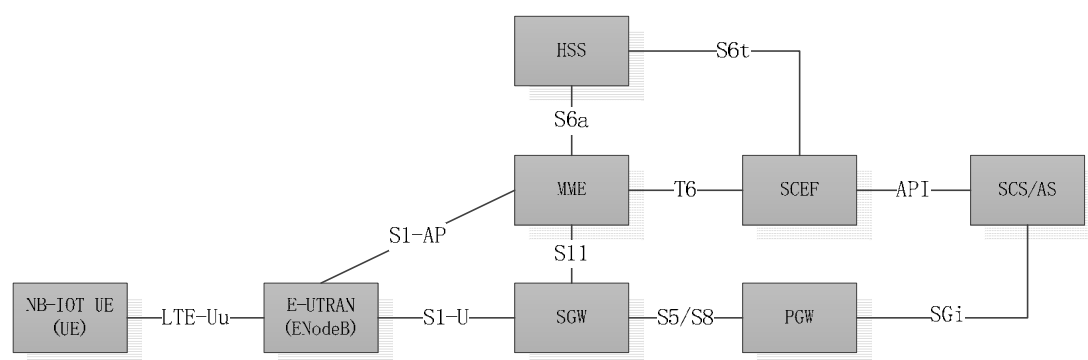


图 2.10 NB 网络结构图

2.5.2 窄带物联网部署方式

窄带物联网提供了三种网络部署的方式：分别是独立部署方式（Standalone）、保护带部署方式（Guard Band）、频带内部署方式（In-Band）^[29]。运营商可根据自身的频率资源情况以及投资使用情况来判断，如何进行 NB 网络的部署。

独立部署方式是利用 2G 网络和 4G 网络未使用的频率资源来进行部署，从两种网络所能提供的频率资源来考虑，在 2G 网络的频率资源上进行部署是一个比较优质的选择。

保护带部署方式是指在 LTE 的保护间隔内进行部署，LTE 系统的保护间隔大于 200K，满足 NB 小区的带宽需求。

频带内部署是指在 LTE 网络内，提供一个 RB 资源来进行 NB 小区的部署，这种方式节省频率资源，但是由于需要严格管控 LTE 网络和 NB 网络之间的干扰，所以需要通过新建基站，使用物理间隔来降低干扰，所以投资较大，目前没有被选用。图 2.11 呈现了三种部署方式的区别^[30]。

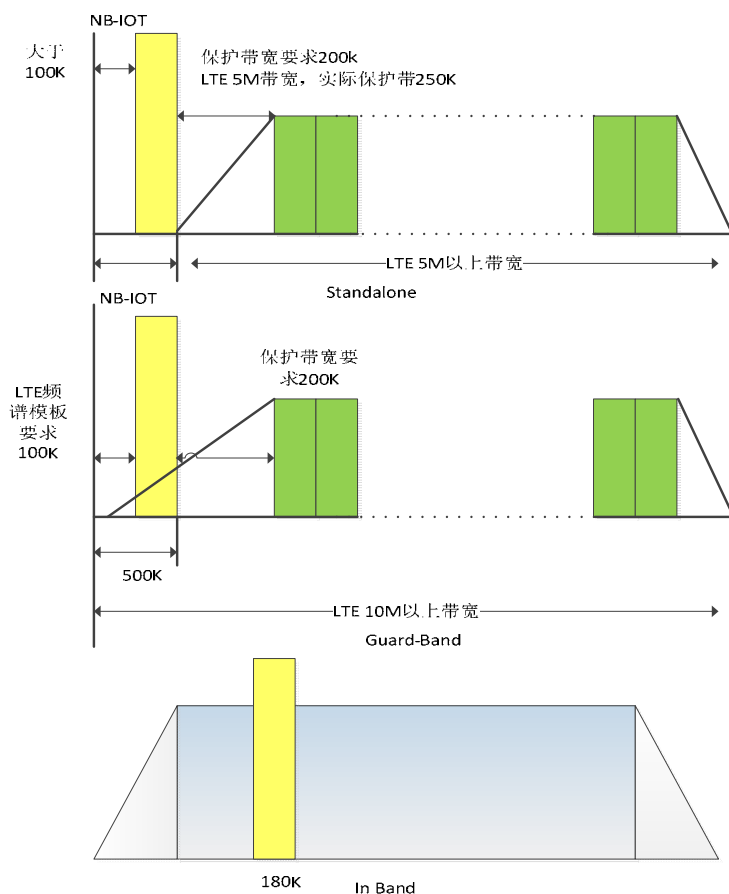


图 2.11 三种网络部署方式

2.6 本章小结

本章对窄带物联网的理论依据做了详尽的介绍。主要包括窄带物联网的设计目标，以及根据设计目标而对网络进行的种种个性化设计，其中重点介绍了窄带物联网几种创新的技术点，物联网的技术特点和专项技术是分不开的。同时对窄带物联网的网络架构和部署方式进行了讨论，引出后文中关于网络部署方案的研究和探讨，这同样也是本文行文的重点。

第3章 中国联通窄带物联网建设方案

物联网承载的主要是“人与物”、“物与物”之间移动化、实时化的通信业务，越来越多基于物联网发展而来的智能业务和方案发展起来，越来越多的物联网终端涌入了网络当中。传统的网络已经不堪重负，且无法满足物联网终端低功耗的需求。^[7]因此建设一个专门承载物联网业务的网络势在必行，且是运营商的兵家必争之地。本章将针对物联网建设的方式、选择窄带物联网的必然性以及如何选择适用于联通公司现阶段发展的网络进行探讨，并最终设计出一个适合于长春市分公司进行部署的网络建设方案。

3.1 中国联通集团物联网建设思路

从现阶段物联网的几种网络技术发展趋势考虑，窄带物联网（NB-IoT）是建设物联网的最佳选择，目前三家运营商都在各自探索物联网建设的方案，在覆盖效果和网络建设投资之间进行权衡，在能够保证自家市场份额的前提下，尽可能的减少建设的投资和对频率资源的占用。

中国联通集团针对如何进行物联网建设下达了整体建设思路和规划，但是各地市情况有各自的不同，集团公司放宽政策，允许各分公司在不违背大方向的前提下，制定符合各地市实际情况的部署方案。依据此种集团总指挥意见，长春市分公司结合自身网络发展情况，制定了“两步走”的建设和部署方案。

3.1.1 选择 NB-IOT 的必然性

通过绪论部分的总结也可以清晰的看出，在物联网市场发展迅速的今天，低功耗广覆盖网络（LPWA）占有最大的市场份额，并且预计在未来相当长的一段时间内将居高不下^[31]。抢占该部分的业务市场，开拓该部分网络的产品将是运营商进行互联网化转型的关键所在，是运营商在移动网络已经饱和的今天，如何站稳生存和发展的脚跟的战略必争之地。

目前 LPWA 网络中三种主要的网络技术是窄带物联网技术（NB-IoT）、LoWa 技术和 Sigfox 技术。其中 LoRa 技术无法与现有网络进行融合，需要完完全全的独立建立一张网络，目前没有可以进行部署该网络的有执照频段，部署局域网物联网网络的风险较高，无法保证建立好的网络能够安全的运行；而 Sigfox 技术更是不适配我国内现有的波段，网络建设的风险较 LoWa 网络更高，同样无法保证网络的安全运行^[32]。因此相对而言，NB-IoT 是一个国际化标准的技术，由 3GPP 组织进行规范的制定和开发，属于“官方承认网络”，并且具有可以和现有蜂窝网络进行融合

部署演进的先天优势，部署和建设的成本较低，可靠性较高，且可以保证安全无虞的运行，因此可以在全国范围内甚至全球范围内大面积的进行铺设和部署。^[8]

NB-IoT 网络相较于其他网络技术而言，具有覆盖增益更高，终端功耗更低，终端设备价格更低廉的优点。这些优点主要体现在 NB 网络相比于 LTE 网络可以有高达 20dB 的功率提升，一块电池可供终端使用 10 年，单个终端设备的成本低至 1 美元等方面^[33]。这些技术上的优势都是其他网络技术所无法相比的。

在 3GPP 的领导下，NB-IoT 的演进过程是一个平稳渐进的过程，全程由核心标准组织进行主持和参与。从 2014 年 5 月提出概念以来，到 2015 年 5 月正式建立专门的项目组，2016 年 6 月核心部分便已完成技术和规范的冻结，2016 年 9 月性能部分规范和技术完成冻结，2016 年 12 月测试部分完成部分^[34]。图 3.1 展示了 NB-IoT 技术整体的发展时间进度。至此，窄带物联网的技术部分完成全面的冻结。时至今日，各大设备厂商均已经发展出一套自己完整的设备建设、维护、优化的方案，配套的业务和终端发展迅速，NB-IoT 网络已从理论实验阶段走向成熟商用的时代^[35]。

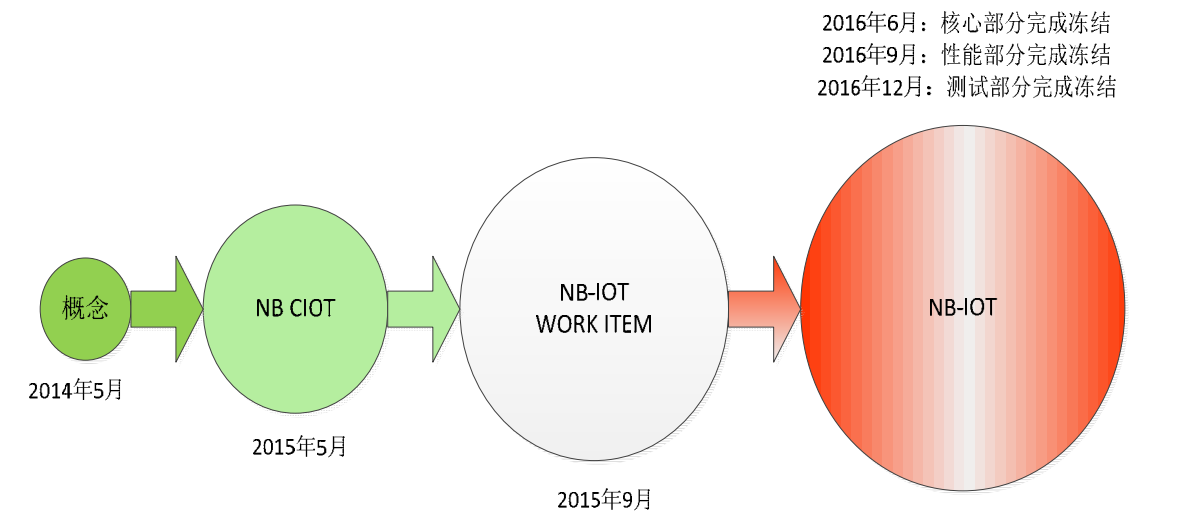


图 3.1 NB-IoT 演进进度

NB-IoT 的终端发展收到科技各界的大力支持：全球领先芯片厂家提供了大量的芯片制造理论基础；国内外模组厂家进行深度的合作探讨；与行业 TOP 终端厂家进行和谐合作；同时终端厂家技术和产品的不断推陈出新，都推动了 NB-IoT 终端的迅速发展，促进了 NB-IoT 网络的商业进程^[36]。

3.1.2 中国联通现阶段网络情况分析

中国联通现阶段主要有三张网络：在 900M 和 1800M 频段上部署的 2G 网络，在 2100M 频段上部署的 3G 网络，在 1800M 频段上部署的 4G 网络。这三张网络是联通公司主要投入商用，并且占有一定市场份额的网络，在长期的运营经验中体现了各自的优势。联通公司合作的厂商主要爱立信、华为、中兴，目前中兴厂家的移

动基站占比正在逐渐减少，爱立信和华为分享了联通公司绝大多数的订单和维护优化合同。

随着智能化网络的不断推进，联通公司正在着手筹划低速率的物联网网络部署和高速率的 5G 网络部署。网络部署的前提是充足的频率资源的准备，但目前可用的频率资源有限，无法实现五张网络并行的移动网架构。因此需要对现网中的频率资源进行清理和整合，更加合理的实现资源利用的最大化。

目前的三张网络中，2G 网络占有最优的频率资源，且用户所能带来的效益最低。因此整体思路是对 2G 网络的用户进行鼓励转网，一方面促进联通整体客户结构向智能化方向的转变，一方面为物联网和 5G 网络的建设准备出频率资源。

3.1.3 中国联通物联网演进方案

中国联通物联网的演进方案从整体上考虑共分为三个阶段。

近期以构建物联网专网为战略性目标^[37]。主要为了满足大数量连接物联网接入的需求，抓住 NB-IoT 物联网接入技术变革这样的机遇，以此为抓点，推进并全面开展物联网专网的建设。在全国范围内，将思路、建设方案、实际经验铺展开来，在各地市播撒下物联网建设和互联网化转型的种子。

中期的目标转移到“人”“物”网络的分离，在前期已经建设并验证能够正常承接业务的物联网专用核心网络部署的基础上，大面积的建设物联网基站，理论上建议与现有基站进行一比一的建站^[38]。通过网元建设的尽量分布化，来满足物联网随时随地接入网络的需求，建设一个多元化、多层次、多种业务种类网络的结构部署。

远期的建设目标将是按照业务的需求，融合整张 NB 网络，在这个阶段进行的主要工作将是物联网虚拟化的全面推进，从核心层面出发，逐步将虚拟技术扩展到网络的各个层面，以此为依托，推动整个多层次网络向虚拟化的转变，实现不同行业、不同业务之间的资源调配。在此基础上，加大网络虚拟化的推动力度，为 5G 网络的部署和演进作好准备，迎接一个百花齐放、万物互联、多种业务并行的“数据时代”。

3.1.4 集团物联网频率选择意见

根据中国联通目前的网络现状、频率资源的使用情况、网络中 2G 基站的分布情况、网络中 LTE 基站的地理分布情况，同时对 900M 基站和 1800M 基站在覆盖性能、产业链成熟程度、网络升级和优化的复杂程度以及网络建设成本的各方面影响因素进行对比分析。中国联通集团公司发布了如下的总体频率选择指导意见，但同时也规定，各省市地区可以结合各自地域内的网络特点，进行相应的调整，不影

响整体的思路和方针即可。

根本原则上集团建议采用 900M 基站和 1800M 基站混合组网的形式，这样的一个根本原则是出于对“建设周期”和“覆盖效果”两方面因素的综合考虑，为了追赶物联网飞速发展的潮流，必须在短时期内建设起一个可以正常投入使用的物联网网络，而与此同时，为了保证联通品牌的信誉度，又需要一张品质较高的物联网网络进行补充覆盖^[39]，因此采用如上的根本原则。对各个地市所放宽的指导意见如下所述。

各个省市持续推进各个省市的 U900、L900 和 L1800 基站的建设，在建设物联网网络的同时，不能忽略基础网络的建设和升级优化。紧随着 U900、L900 和 L1800 基站的建设进度和部署策略，可以自主的选择 900M 或者 1800M 频段进行各自的物联网网络建设，此部分没有强制规定和方案，完全由地市结合自身网络的特点自主决定，集团不做干涉，并且鼓励各个地市根据自己的实际情况进行创新，制定最符合自己地市的频率选择方案。完成方案制定和建设，且覆盖效果良好的地市在全国范围内进行交流，带领其他地市推进物联网网络的建设。

新增设的 L900 和 U900 基站具有后向兼容的特点，因此对于部分已经完成 L900 或者 U900 基站部署的省市地区，集团建议可以首先将原有基站进行升级，在原有基站的硬件设施上添加部分板卡，或者通过软件补丁的方式，扩展其功能，提升其服务级别。通过升级的基站将会支持 NL900 设备或者 NU900 设备，在同样的一套基础网络上可以实现两种网络的功能^[40]。这样既能够快速适应物联网发展的进展，又避免了对新建网络的推到重来，充分利用网络中的基站资源。从目前的发展情况来看，站址资源和频率资源，是网络运营中稀缺的资源，如果能通过在老站址、老设备基础上进行升级的方式进行网络的补充建设，将是现阶段网络建设和投资最好的选择。

对于在当前阶段有计划进行 L900 基站铺陈建设，或者有对老旧 G900 基站进行替换的地区。集团建议可以考虑直接建设 LN900 或者 GN900 基站，一套设备实现两种网络的功能，在最大程度上利用有限的投资资源^[41]。对原有的 LTE 网络进行了补强，巩固我们在 4G 网络上所占有的优势，又建立了新型网络，开拓了新业务，一举两得，同时替换老旧设备也能节省电力的能耗。

不属于以上任意一种情况的其他省市地区，集团建议可以暂不进行设备的新建，节省投资为后续整体推进施用。在现阶段只需要通过对现网已经布设成熟的 L1800 基站进行软件升级和补丁的方式，来实现 N1800 基站的网络建设，承载不断涌入的物联网终端，减轻基础网络的负荷压力。在具有明确的建设、升级和迁移方案之后，同步规划好 NB 网络的建设方案，在各方面的因素考虑完全后，再行实施和投资建设。

3.1.5 集团物联网基站建设意见

集团对于物联网基站建设主要分为三种策略，具体策略详情如下。

第一种策略是基于 G900 网络的升级部署策略。通过新建 NB 基站为基础，需要基站满足 L900 的软件开通要求，即在基站硬件部分不进行添加的情况下可以开通 LTE 网络的业务^[42]，但这种部署策略需要新增 NB-IOT 基站的无线基带处理的所有模块、主体控制模块以及 RRU 的硬件设备。除无需另觅站址资源外，投资项目相当于重新建设一个基站。在硬件建设的基础上仍然需要进行软件升级，使的基站满足 NB 小区的功能。但是 N900 基站较其他网络相比，具有最好的覆盖效果，是部署的必然方向，但可能根据战略需要将部署时间向后进行调整。^[12]

第二种策略是对现网已经完成一部分部署的 U900 基站进行升级调整，在基站的基础上建设支持 NB-IOT 的 UL 多种模式的设备^[43]。这种部署方式在硬件基础上需要新增无线侧的基带处理模块以及主体控制模块，并且同样需要在硬件建设的基础上进行软件升级处理，使的基站同时满足网络中 3G、4G 网络的盲点的补点需求，以及 NB 网络的建设需求。如非如此建设，则需要单独新建 NB-IOT 基站，并且在基站建设的基础上进行软件升级，使其可以承载 4G 网络，具备 L900 的业务承接能力。这样的网络部署策略虽然一举三得，但是由于各地市建设 U900 的进度不一致，甚至可能存在某些地市根本没有建设 U900 基站，因此推广度不高。

第三种策略是 G/L1800 基站的网络升级策略，G1800 基站需要添加 NB 基站的无线基带处理模块以及主体控制模块，在此基础上，对 RRU 设备继续进行软件升级；而部分厂家的 L1800 设备（如华为公司），则无需增加任何硬件模块，在原有已经完成建设的基站基础上添加软件许可证资源，并且对基站基础数据进行配置和添加，既可以实现 NB 小区的开通和正常运行^[44]。此种策略可以说是最为经济实用的一种策略，但覆盖效果将不如在 900M 频段上部署的 NB 网络好。覆盖范围也将有所降低，可能需要在覆盖盲点进行补点，同样需要慎重考虑。但兵贵神速，在行业变化日新月异的今天，如何走在时代的潮流，站在物联网业务发展的前沿，同样重要。

综合上述三种策略考虑，集团公司将把第一种策略作为未来发展趋势，以建立一个无缝连接且覆盖效果良好的物联网网络为终极目标。但时不我待，如何在有限的投资和资源限制的情况下抢占市场，就需要第三种策略的率先推广开来，在原有 L1800 基站的基础上进行升级，尽量满足现阶段物联网的连接需求。1800M 网络先行，打出品牌效应，在物联网领域站稳脚跟；900M 网络跟进，建立起一个具有良好服务质量的全方位的物联网网络。在互联网化迅速发展的今天，不落人后，需要制定一个完整的物联网建设方案。

3.2 长春联通物联网建设思路

在集团发布的整体思路指导下，长春市分公司结合自己的地域特点，综合考虑制定了自己完整的物联网建设思路，本节将进行详细的描述

3.2.1 长春联通网络情况分析

长春联通可以实施的方案主要有两种方案，第一种方案是建设 GN900 网络，第二种方案是部署 LN1800 网络，下面对两种方案进行多层次的优劣势对比。

从成本角度考虑，GN900 建设物联网基础网络需要对原处于 900M 频段上的 2G 网络开展减频退网工作，清理出连续可用的频段进行物联网网络的部署，同时需要全面建立新的 NB-IOT 基站。而 LN1800 部署物联网方案只需要在现网已经投入大量投资的 LTE 网络的硬件基础上添加软件资源许可证即可实现开通^[45]。从成本上评估，GN900 组网的投资成本约为 LN1800 组网投资成本的 3 倍，差额巨大，运营商不得不考虑自身的经济实力和建设维护成本。

从建设周期的角度考虑，GN900 网络由于需要全面新建，建设周期较长，且需要花费时间和精力培养优化和维护团队；而 LN1800 基站不需要进行基础设施的建设，只需要进行基站软件和硬件的部分升级，同时由于硬件资源未发生改变，只需要对优化和网络管理队伍进行适当的培训和知识补充即可。从建设周期的角度考虑，GN900 基站的建设周期大约为 LN1800 基站建设周期的 3 倍^[46]。GN900 的建网进度慢，在未来 1-2 年内难以实现一个完善和无缝的网络覆盖。而 LN1800 建网速度快，可以在未来 1-2 年内满足物联网全面商用的需求。这样一个时间的差额将直接影响物联网产品推向市场和走向成熟稳定发展的时间和步伐，从更深远的角度考虑将影响联通公司在物联网市场所占领的份额，严重影响后续业务和客户的发展。

从覆盖能力考虑，900M 频段一直是联通公司引以为傲的一个频段，该频段最低，覆盖的范围和穿透性均较高频段的 1800M 强上许多。在同样硬件和软件配置的情况下，使用 900M 频段开通的基站覆盖范围甚至可以达到 1800M 频段基站的 3 倍而且覆盖效果较好^[47]。也就是说在同样的地理区域内，建设 900M 的物联网网络仅需要 1 个基站，而建设 1800M 的物联网网络却需要 3 个基站。在 L1800 基站分布密集的区域可以随意升级，但是在 L 基站稀疏的区域，却需进行补点，同样需要大量的投资。因此从用户感知以及节省投资的角度来看，900M 频段部署物联网基础网络又有着不容忽视的优势。

3.2.2 长春联通接入侧建设策略

通过对 GN900 和 LN1800 两种部署方案的比对和权衡，长春分公司以集团下达

的物联网部署文件为整体思路，结合自身的网络现状情况、地域分布情况以及城区建设特点制定了“两步走”的部署策略：GN900 网络的建设方案和 LN1800 的升级实现方案同步进行。通过 LN1800 基站的升级实现方案的稳步实施，将 LN1800 基站快速进行入网商用，抢占先机，占据一定的市场宽度。在 LN1800 基站覆盖的基础上，逐步完成 GN900 基站的建设和开通，实现网络的无缝对接，建设覆盖效果更好的物联网网络。加强网络服务质量和业务的丰富程度，提升用户满意度，提高用户对于网络 and 企业的忠诚度，稳定住前期占据的市场，将项目内容做深做广，扩大业务范围，增强自身的服务能力和方案制定实施的水平，以一个完善的基础网络为依托，全面实现网络向互联网化的转型，同时推进网络从核心侧到无线侧的虚拟化进程，为 5G 的商用打下坚实的基础。

整体策略分为如下两个路线。

第一个路线为 GN900 的网络重耘方案^[48]。以 G900 基站的减频退网以及用户转网为牵引：随着 G900 转网工作的不断推进和进展，根据网络中用户结构的变化，分阶段制定用户转网的补贴方案，贯彻给基层营销人员，将营销的自主权交给基层营业厅，允许基层在不违背公司整体路线的情况下，根据地区的实际情况进行自主的调整。主要推进的内容有两种：第一种是通过 e 支部的安装，以党建工作为依托，推进用户智能机的使用；第二种是通过光纤到家的宣传，捆绑 4G 移动业务卡，让用户真正体会到实惠和好处，从而完成转网。每人同时还进行经济上的补贴，并为农村用户制定个性化的优惠套餐方案。

2G 用户转网的实施工作，将 2G 用户不断的转移到 3、4G 智能网络上来，在促进用户结构向智能网络推进的同时，也降低 2G 网络硬件资源的资源利用率，为减频退网工作拓展出空间^[49]。G900 减频退网工作的不断推进，不仅为 N900 的建设提供了可以使用的频率，准备了充足的物理资源，同时也通过替换 2G 老旧大设备，节省了大量的人力、物力资源。

GSM900 基站减频退网的整体方案是对全网 GSM900 基站进行减频操作，全部退为 1 载频基础配置，并且进行整体翻频，将 GSM900 基站空闲出来的优质频率资源（124 号频点）用于窄带物联网网络的建设^[50]。

长春分公司从城区到地市，均严格按照前期制定的 2、3G 减频退网计划进行实施和操作。用户转网工作和网络精简工作同步进行，既达到了将用户转移到联通公司占有绝对优势的 3、4G 网络上的目标，提高用户的满意度和忠诚度，提升用户的网络体验。同时也为建设物联网网络闲置了网络频率资源，为物联网网络的建设打下了深厚的理论基础。

其附加的功能和收益甚至包括资源方面的节约——原有的 2、3G 网络老旧设备体积大，每年不仅需要租赁专门的板房和机柜来进行设备的存放和保护，大量的增加建设和维护成本，同时由于该部分基站设备耗电量大，每年还需要缴纳大量的电

费；由于基站功率过高，对基站的配电设备也提出了较高的要求，每年在更换基站由于电路问题损坏的基站基础设施和基站配电设备也需要花费大量的维护成本。将该部分设备进行升级替换，将大设备转换成小而轻便的新型设备。无需寻觅专门的区域进行存放，可以直接布放到电信塔上或者电信塔下。不仅节省了租赁费用，而且节省了电费，节省了设备维修和更换的成本，设备的使用寿命有所提高。同时也为维护工作提供了便利，维修人员在维护时，无需与第三方进行协商，大大缩短了维护管理流程的步骤和维护时长，方便了维护人员进行基础设施的维修和优化，提高了维护效率。

第二个路线是 LN1800 基站的升级^[51]。N1800M 频段的资源获取主要分为两部分，第一部分为将 GSM1800M 与 900M 共址的基站直接进行退网，单 1800M 的基站进行减频，将空闲出来的频率资源（638）号频点用于物联网网络的建设，1800M 基站的减频退网同样是 2G 减频退网的一部分，随着 900M 基站减频工作的进行一同开展；第二部分为利用 LTE 1800M 带外目前未投入使用的频率资源部署 NB 基站。

在成熟的 LTE 1800M 网络上进行升级部署，不仅可以节省基站建设投资，而且由于 L1800 技术上已经发展成熟，可以同时保证两张网络的稳定性。已经完整建设的 L1800 基站功率资源完全可以满足新开 NB 小区的要求，二者互不影响。

需要注意的部分是 NB 小区的参数配置，尤其是小区重选参数的配置，保证终端在 NB 小区之间的移动性^[52]，并且避免终端在 NB 小区和 LTE 小区之间进行互操作^[53]。一旦参数配置错误，可能会导致 LTE 和 NB 两张网络同时发生故障，无法正常运行，影响面积较大，影响用户较多。这部分调整是目前需要注意的唯一问题和软肋。

3.2.3 长春联通核心网建设策略

长春联通窄带物联网核心网的建设是一个逐步演进的策略，在现有 LTE 网络的核心网络上进行演变和升级，逐步向虚拟化的方向转变。

在窄带物联网建设的初期，由于虚拟化技术还未发展成熟稳定，对于联通公司一个对网络安全性高度要求的企业而言，目前还无法采用全面虚拟化的核心网络进行部署。因此在初期阶段，采用的是在 LTE 网络的核心网络承载物联网业务的方式和手段。但是这种方式存在弊端，一是大量的小流量数据包涌入网络，对网络中的 MME 和 S-GW 设备造成了冲击和负担；另外一种是由于 LTE 网络核心侧的功能固化，不便于窄带物联网业务的灵活变通的发展模式，使得物联网业务在多样化方面受到了限制。因此，LTE 网络基础上进行了架构的演进和增设，使其适应物联网网络的发展需求。

在窄带物联网技术日渐成熟，和基础网络设施大力推进建设的今天，物联网核心侧为了适应业务的需求，进行了一定的增设和优化。主要优化内容是添加了一些

业务节点和第三方服务器，通过业务优化升级和网络基础设施的分离，加快物联网业务的创新和推进，方便物联网业务进行个性化的设计，拓宽思路，打开物联网业务的新局面。同时，服务器和其他业务节点的增设，也适当减轻了网络中基础节点的业务压力。

窄带物联网核心网发展的最终目标是整张网络的虚拟化，以核心网的虚拟化牵引无线网络的虚拟化进程。虚拟化网络是未来网络技术发展的终极目标，随着资源的大量耗费，物理资源已经不堪重负。虚拟化网络可以实现网络资源的动态分配，合理调控，同时适应不同网络的需求和发展。通过软件定义对核心网物理设备进行动态分区，同时对物理设备进行功能上的定义和升级。

随着虚拟化网络技术的快速发展，虚拟化的思路和概念也逐步渗透进联通公司的管理策略。目前联通公司已在大数据和云计算方面进行了虚拟化尝试，收效较好。未来，在虚拟化网络技术发展平稳安全的阶段，且在联通公司培养出一支优秀的 IT 人才队伍之后，联通公司将把软件定义网络和虚拟化网络进行大规模的推广和建设，最终实现一张全面虚拟化的网络。

3.3 长春联通物联网整体架构

目前长春联通已经完成了基础网络架构的方案制定和初步的物理实现，具体网络架构图如图 3.2 所示。

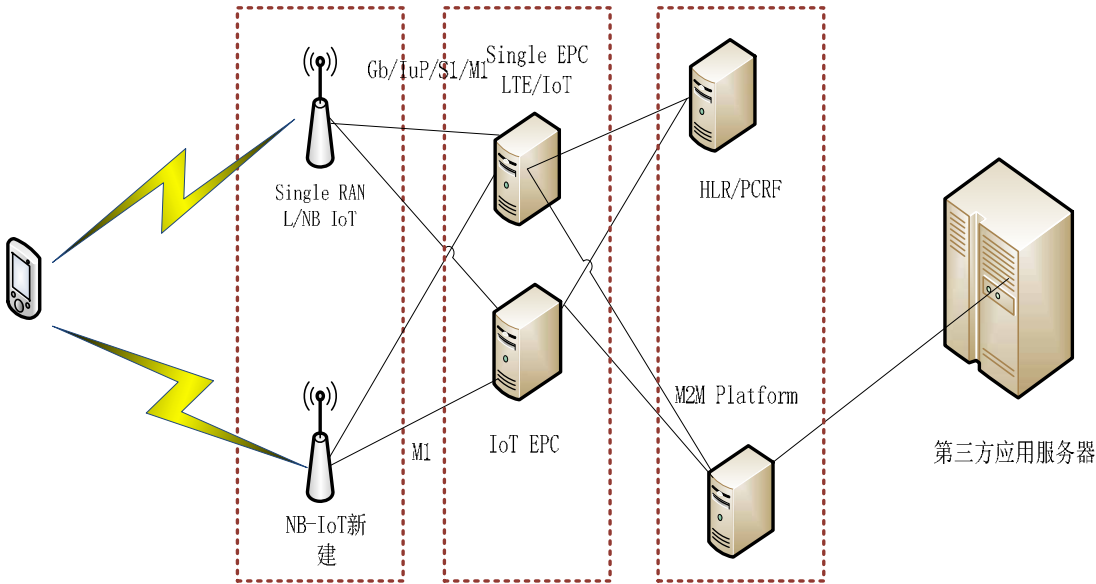


图 3.2 长春联通物联网网络架构

长春联通物联网网络架构主要部分共分为五个部分。行业终端、基站、核心网设备、专业和个性化的 IOT 平台，以及为满足智能业务新增和发展的第三方服务器设备。

1) 行业终端：物联网的行业终端主要由两部分组成。第一部分为物理机器，主要提供传感器接口；第二部分为专业的 NB 模块，主要提供软 SIM 功能，在 SIM 卡中提供用户鉴权功能，通过赋予用户身份和权限，作为一个端口，将终端连接到网络当中，进行业务的进行，同时提供应用驻留的功能。

2) 基站：物联网网络架构中最重要的一个节点为基站，扮演着将物理终端连接到网络当中的角色。长春联通公司使用低成本的站点解决方案，在空口策略进行了升级，在技术层面进行了转变，建设完成新的空口支持方式，允许大量的物联网终端连接到网络当中来。

3) 核心网：物联网中的核心网部分与其他网络中的核心网实现的业务功能相似，主要提供的是终端移动性能管理、用户的身份以及安全权限鉴别管理、用户在进行业务的连接状态时进行设备的移动性管理。物联网的核心网相对于其他网络增设了一些符合于自身网络特点的功能，包括终端无 SIM 卡的接入管理、物联网终端的节电的特性和权限管理、以及不同终端以及业务相互之前的匹配等功能。同时物联网终端最具特色的拥塞控制功能也在核心网侧进行部署和实现。

4) 个性化的 IOT 平台：这部分网络架构是物联网核心侧区分与其他网络的最有特色的设备架构。主要提供的功能包括于核心网其他原件的应用层面的协议匹配功能、物联网终端 SIM 卡的控制功能、物联网终端所有事件的上报存储和管理功能、并且配合行业和开发者的变化和发展进行 API 能力增强和开放。目前在 IOT 平台上进行的最新也是最成功的尝试是大数据分析平台的搭建。通过将物联网所收集到的海量数据信息与大数据的分析和可视化技术相结合，实现更加智能的网络管理和对经营管理出具指导意见。

5) 第三方应用服务器：这部分网络架构是随着业务的开展不断增设的，没有固定的模式，可以灵活的进行添加和扩展，随业务而生，也可以随着业务的进展自由的进行下架。主要作用是适配网络对于不同行业应用的适应程度，进行业务上多样化的实现。

长春联通网络架构存在自身独特的优势。第一点优势是对现网基站的站点基础设施进行重用，无需重新建设基站，从而降低了网络部署的资源成本的耗费；第二点优势是进行了所有接口信令协议栈的优化，减少了 30% 以上的信令开销，不仅达到了支持所有物联网终端节电模式的目的，同时减低了运营成本；第三点优势是在 CloudEdge 平台的基础上进行 IOT 专用个性化核心网的优化升级，同时可以与现网中的核心网设备组成 pool，从而降低每个物理设备之间进行连接和通信的资本和投入。

3.4 长春联通物联网建设进度

在整体物联网建设方案确定完成的基础上，长春联通积极推进了物联网的建设

和应用服务的扩展，目前已经初见成效，本节将随着物联网建设“两步走”的思路，同步阐述目前物联网建设的工程进度以及达成的目标和收到的成效。主要包括三个进程：第一个进程是当前减频退网的进度；第二个进程是当前 GN900 基站的建设进度；第三个进程是 LN1800 基站的升级进度。

3.4.1 减频退网进度

2016 年窄带物联网的所有功能协议均完成冻结。为了配合完成物联网网络的建设，同时为了自身网络的精简和扁平化，长春市联通公司从 2017 年年初开始，便制定了完整的减频退网计划。

计划整体包括三个路线：第一个路线是将全网的 G900 基站进行减频，将配置降低单载波配置，空置出网络的基站频率资源；第二个路线是将全网与 G900 基站共址的 G1800 基站进行退网，空置出 1800M 资源，同时将 1800M 的设备清退下来，节省网络资源；第三个路线是将全网的 U2100 基站进行减频，初步降低到 2/2/2 配置，最终降低到 1/1/1 的配置，将网络作薄，同时实现用户向 4G 网络的迁移，由于现阶段 U2100 基站主要是用于语音业务的承载，所以单载波设置完全满足网络应用的需求。

截止到 2017 年年底，已完成全网共址 G1800 基站的退网清退工作，为公司节省了大量的资源，同时为 1800M 建设物联网做好了频率基础准备。

截止到 2018 年 6 月份，长春市分公司的 3G 减频工作已完成 80%，网络中出现一定的语音拥塞现象，目前正在积极寻求解决方案，通过对基站进行参数的调整和天馈覆盖方向的调整，来均衡的分配网络中的语音压力，目前已经初具成效，拥塞率大幅度降低。

截止到 2018 年 9 月份，长春市分公司的 2G 减频工作已完成 70%，难度在于 2G 用户的转网工作，目前正在制定合理的市场营销和补贴转网方案，促进用户的转网进程，目前通过月度和季度的统计通报中可以看到，用户转网的进度在逐步加快。预计在 2018 年底，长春市分公司将完成市内及城区全部 2G 基站的减频退网工作。

3.4.2 GN900 基站建设进度

由于长春市联通公司减频退网工作在推进过程中，遇到了用户转网的门槛，导致减频退网工作滞后。频率未完全清理出来，没有一个频率连续的区域进行 900N 物联网基站的部署，因此还未大面积的进行投入实验，仅仅在实验室环境当中进行了功能的验证。

验证结果显示 GN900 基站的覆盖效果较好，能够实现 20dB 覆盖能力的提升，同时保证移动终端的百分之百接入成功率以及重选成功率。在现网频率资源整理出来的基础上，清除掉网络中的频率干扰，完全具备大面积铺设的建设条件。

目前已与华为公司就物联网建设问题进行了深度合作，物联网建设方案和设备在 80% 以上的可能采用华为公司的产品，且同时签订后续的维护和优化合同，与华为公司进行战略上的合作和互相发展进步。

3.4.3 LN1800 基站升级进度

LN1800 基站升级的方案和软硬件资源服务，均由华为公司提供，并且进行后续的维护和优化合作。截止到 2018 年 8 月份，长春市分公司在市内超 100 个 L1800 站点上添加了软件许可证资源，进行了软件和数据升级，开通了 NB 小区。

目前开通的 100 个 NB 小区已经验证可以正常运行，与同站址的 L1800 基站互相无干扰，可以很好的进行共存，且原有的 L1800 基站的硬件功率资源完全可以满足同时开通两套网络的需求。

通过现场优化测试和调整，NB 小区可以正常运行且很好的适配现网中的物联网设备以及业务要求，能够保证移动终端百分之百的接入，以及百分之百的重选成功比率。但在实际测试之中发现，需要对小区重选参数进行严格的设置，以及根据不同业务进行的灵活调整，且需要严格控制 NB 小区和 LTE 小区之间的互操作问题。

3.5 本章小结

本章在对联通公司集团对于物联网部署的总体思路的分析基础上，结合长春市分公司自身的网络和地域特点，制定了符合长春市分公司个性化的物联网网络部署方案。对方案从制定到实施的一系列内容进行系统的阐释，并最终初步呈现了物联网建设的验证效果，详细的验证结果将在第四章进行展示。

第 4 章 长春联通物联网覆盖验证

“实验出真知”，目前长春市联通公司的物联网部署方案已从实验室环境走向了大规模的实际网络部署，并且具有了一定的网络规模，其中主要是 L1800 基站的升级方案的实施和推进。目前在长春市网络中已经完成了 100 个以上的 L1800 基站的升级和建设，从后台检测指标来看，不仅不影响 LTE 网络的正常运行，而且可以正常承载物联网业务。针对新建的 N1800 基站，长春分公司制定了整体的测试和优化调整方案，从基站新建入网的优化，到后期的维护和优化，提出了整体的指导意见和策略。

4.1 物联网建设进度

长春分公司物联网建设部署总体思路是在 900M 和 1800M 频率上进行部署，“两步走”策略，具体的路线分为三条线路，目前长春分公司的物联网建设进度如图 4.1 所示。

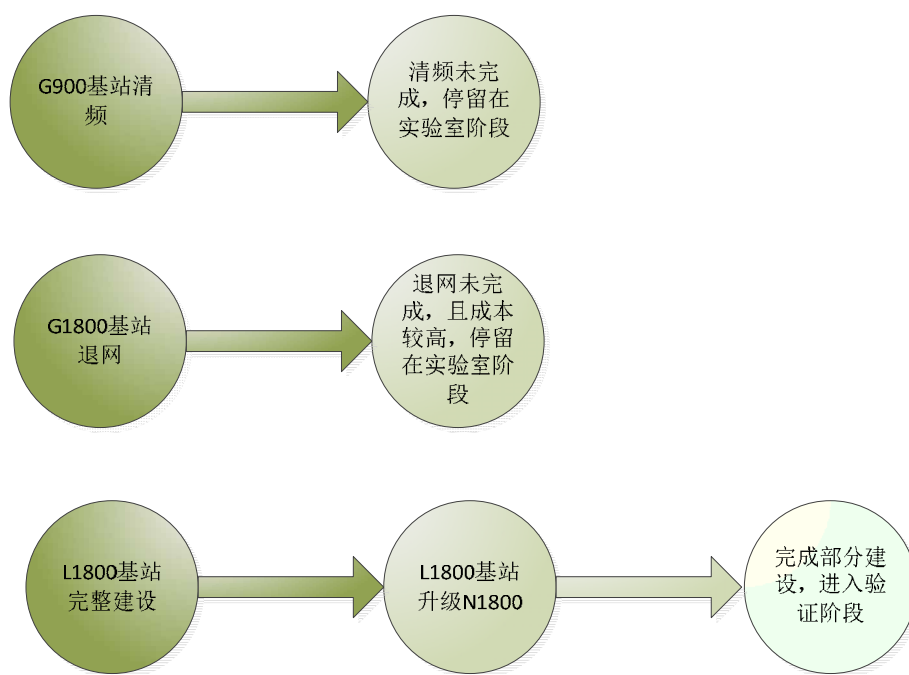


图 4.1 长春联通物联网建设进度

从上图中可以看出，新建 N900 基站、新建 N1800 基站目前还没有实际进行部署，均停留在实验室和方案制定的阶段，究其原因因为网络清频和退网未完全实现，不具备大规模部署的网络环境。目前具备大规模铺设物联网网络环境的仅有 L1800 基站升级方案。

目前在长春市范围内，已经完成了超过 100 个 N1800 基站的建设，形成了网络规模，因此近期物联网网络测试验证和维护优化制度的建立重点是 N1800 网络，下面将进行详细的介绍。

4.2 物联网测试方式

4.2.1 测试前准备

对 N1800 基站的测试采用一套全新的测试形式，由于承载的业务不同于以往，关键的网络特性也与其他网络不同，因此，在测试阶段需要关注的指标和测试方式也进行了相应的调整。

测试设备和方案提供的厂家主要分为两种：第一种是由鼎立公司提供的测试设备；第二种是由华为公司提供的测试设备。由于建设时采用的是华为的设备，且与华为进行深度的后期维护和优化的合作，因此在网络初期的测试阶段，所采用的测试设备和测试方式是华为公司的产品。

为保证测试工作顺利的进行，得到我们预期的测试结果，需要在实施测试之前进行相应的准备工作，主要包括测试路线规划、基础参数以及路测参数配置、基站状态的核查、测试终端的准备工作以及测试计划的配置五个步骤，下面将对每个步骤所需要准备的内容进行详细的介绍。

1) 测试路线规划：首先对现网开通的基站进行一个整体的掌握，包括基础网络的基站和已开通的 N1800 基站，尽量避免其他基站在测试进行中对测试网络的干扰。在掌握清楚情况的前提下明确需要进行测试的基站数目、根据测试站点在地理上的分布和建筑物情况规划实地测试的路线，制定时间计划表。协调在测试当中，前后台人员的相互配合，确保前台在测试当中面临的问题可以在后台进行详细的分析和解决意见的获取，做好测试前所需的一切准备工作。

2) 基础参数及路测场景参数的配置：在测试前，根据规范或者先验结论对基站的参数进行配置，建设部门开通的基站仅包含基础的数据信息，无法保证业务的正常运行，这部分参数配置需要优化部门进行配置。

3) 基站状态的核查：对计划测试的站点进行核查，确保基站的参数配置以及基站的运行状态一切正常。主要核查的参数包括基础配置参数和优化参数，基站的运行状态不仅包含基站是否在服，而且应该包含基站的故障信息。若基站存在故障，需尽快进行处理。根据先验数据表明，NB 小区重选参数的配置在 NB 小区的覆盖效果中有很大的影响，因此需要根据规划手册，对 NB 小区的重选参数进行专门的配置核查。

4) 测试终端的准备工作：测试设备在开始测试之前需要关闭 eDRX 功能以及 PSM 模式，确保测试终端可以及时正确的进行信令的收发工作。打开小区重选开关，

制定 Probe 测试计划，启动 Probe，将测试设备连接到电脑上，若在室外进行 DT 的测试则需要同时将 GPS 正确的安装。

5) 测试计划的配置：将测试设备进行重启，手动更改测试设备所处的 PLMN，更改为 APN，为测试设备正确接收到 NB 小区的测试信号做好准备。

做好了如上的准备工作，才可以正式的进行测试。

4.2.2 测试方法

做好了准备工作，人员就位后就可以正式开启测试工作，测试工作十分重要，尤其是在网络建设的初期，往往需要专家跟随，实时实地的进行问题的分析和故障的排查。具体的测试方法和步骤如下。

1) 启动测试进程：与基础网络测试的方法类似，物联网网络测试一样也分为两种场景，即 DT 测试和 CQT 测试，从移动性和覆盖质量两个层次来对物联网网络进行验证。同时需要根据不同的场景进行不同方式的测试，模拟当前场景下的用户行为。在测试的同时需要保存好测试 log 文件，这一点特别重要，后续的分析 and 比对以及问题的分析，都需要 log 文件记录的基站的真实情况。在测试当中如果发生异常情况，可以不必进行 log 文件的分析，通过系统界面上实时抓取的信令可以进行问题的初步判断和分析。

2) 测试方法及注意事项：测试车辆从规划好的路线出发点出发开始，连接终端接入网络，需要等待 UE 的不活动定时器超时，进入正常信令接收阶段后，发动测试车辆。尽量保证行车速度稳定且缓慢，严格依照规划好的测试路线保持匀速行驶到测试路线的终点，并且完整的保存下测试日志文件。在条件允许的情况下，可以连续重复进行 2-3 次的测试，并且尽量保证每次测试的全部测试条件完全一致，包括测试的起始位置、测试行进的路线以及行车速度等因素。这样才能够更为准确的反映出来实际覆盖的情况。根据保存的 log 分析覆盖测试结果的 RSRP 值以及 SINR 值，在测试进行的时候，也要对这两项路测指标进行实时的监控，以便于及时发现问题解决问题。

3) 测试内容：NB-IoT 网络主要用于承载大量小功率终端的数据包业务，因此无线侧测试和优化的重点在于数据连接业务的验证，可以使用各种不同的测试设备进行验证，排除终端对测试结果的影响。测试内容应包括上行灌包测试和下行灌包测试，主要测试指标为上行速率和下行速率。由于 NB-IoT 承载的主要是小吞吐量的数据传输，由窄带物联网的该种业务形态决定，进行测试时需要灌输大量的小数据包。由于 NB 网络不承接语音业务以及大流量的用户类业务，因此无需作常规的 CSFB 语音调试测试以及大数据包的下载测试，只需要验证信号质量和连接的可靠性即可。

物联网网络的验证工作正在进行中，如图 4.3 所示，是我们的测试网络工程师

奔波于测试的路上。目前长春市公司网络优化中心共组织了 3 支队伍进行物联网网络测试工作，每支队伍均配备有专家进行现场测试，尽快完成第一批物联网的网络验证工作，总结出经验和结果，为以后的建设、优化和维护工作出具可靠的指导意见。

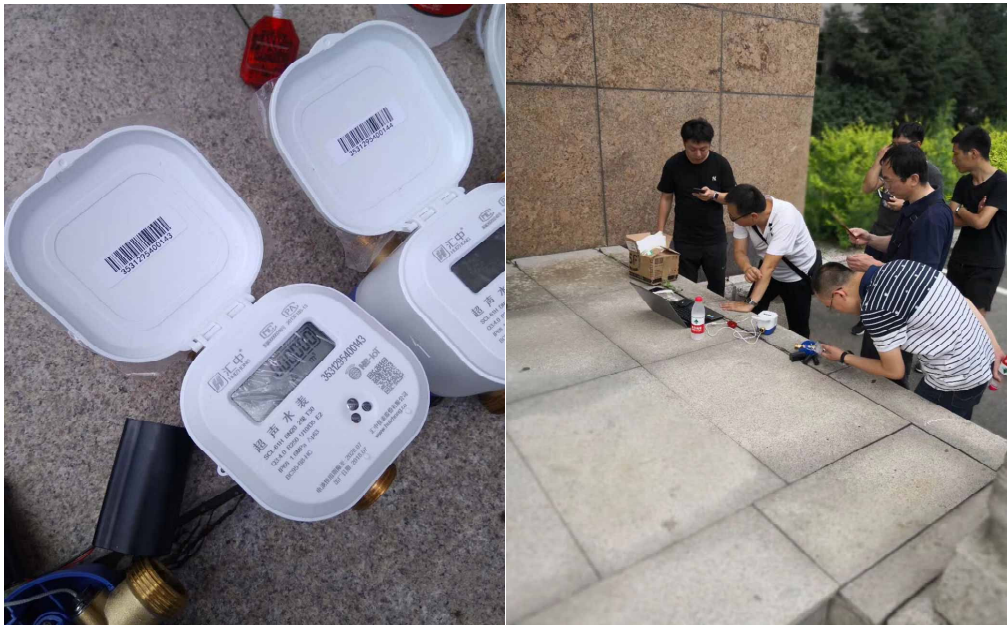


图 4.2 长春联通物联网现场测试情况

4.2.3 测试结果分析

基站测试结果的分析采用的是另一套分析软件，通过软件可以出具测试站点的覆盖质量情况，根据业务行进轨迹在地图上打点，形成如图 4.3 所显示的测试结果。

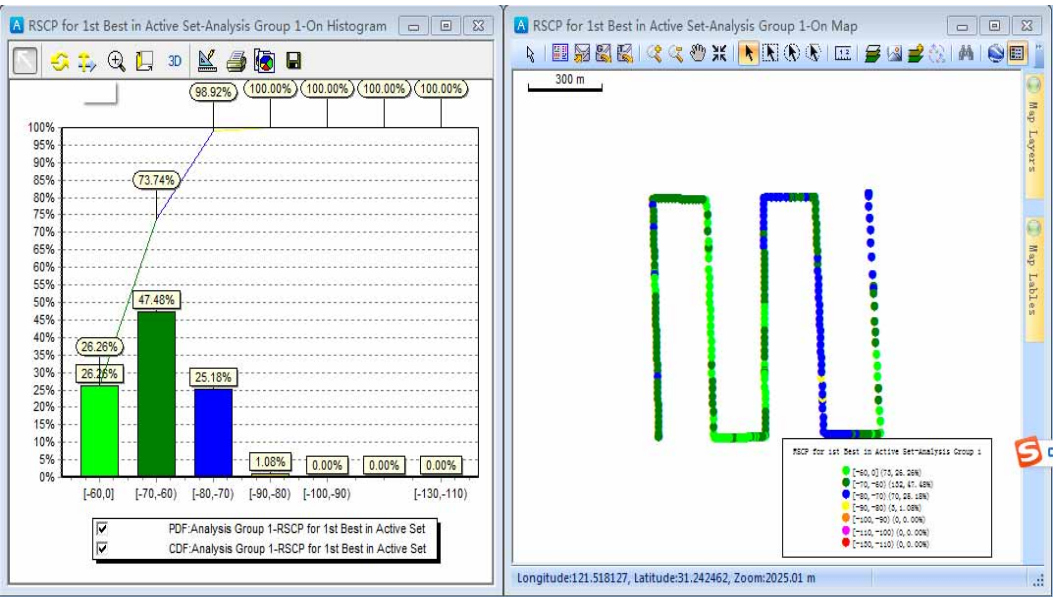


图 4.3 分析结果界面

基站的测试结果分析主要是根据测试过程中记载的 log 而来的，因此保存好测试时所记录的 log 文件特别重要。

NB 小区的验收内容及标准与其他基础网络基本一致，均包含了基站基础信息和基站的 KPI 特性指标情况。

NB 小区的验收内容以及标准主要分为六个部分：确认被测试站点的基本物理配置信息是否与规划配置一致；确认被测试站点的基本参数配置是否与规划配置一致；确认被测试站点的基站状态是否为正常可用状态；被测试站点连接模式下基本业务功能检查（RS_RSRP>90dBm，SINR>-3）；被测试站点在空闲状态下移动性指标的验证（小区重选成功率=100%）；被测试站点在连接模式下业务 KPI 的检查。

站点在连接模式下业务 KPI 涉及到若干个指标：如 PING 试验要求在 1s 以下，附着成功率要求为 100%，RR 连接成功率要求为 100%，上行速率要求大于 11Kbps，下行速率要求大于 16Kbps。

以测试验收标准为标杆，对基站测试数据进行结果分析和判断，出具测试报告，图 4.4 为其中一个基站的测试实例，下面将以此站为例，进行测试结果的阐述。

1_太和街与河东路交汇北200米_03P0_F(NB)单站核查优化测试报告					
测试人员信息					
测试工程师	李承刚	电话：	18249889445	Email:	18249889445@163.com
eNB后台工程师	李全明	电话：	15604478788	Email:	liquanming_hw_cc@163.com
ISDP打卡	是	测试终端	利尔达	芯片版本	V150R100C10B200SP1
测试日期（年/月/日）	2018/6/5	eNB版本	BTS3900 V100R012C10SPC230	频段	1800M
单站整体考核是否通过	通过	站点状态是否正常		是	
		重选是否正常		是	
		时延是否通过		是	
		接入是否正常		是	
		速率是否正常		是	
		小区覆盖是否正常		是	

图 4.4 测试实例

以上述基站的测试结果出发，分析现网基站的测试结果及解决方法如下：

1) 被测试站点的基本物理配置信息强制与规划一致，不一致的站点将被退回建设部门进行重新调整；

2) 被测试站点的基本参数配置信息强制与规划一致，不一致的站点将被退回建设部门进行数据的重新调整；

3) 被测试站点的基站状态强制为正常可用状态，不可用的站点将退回建设部门进行基站的维修；

4) 被测试站点的 RSRP 均值在-70 以上，这是在考虑了极端差点的情况下，大部分站点的 RSRP 均值稳定在-50 左右，SINR 均值稳定在 25 左右，覆盖效果良好；

5) 被测试站点在空闲状态下的重选成功率基本可达到 100%，保障终端在进行移动时的业务稳定；

6) 被测试站点的 PING 时延均值稳定在 0.7s，均能够达到 1s 以下；

7) 被测试站点的附着成功率和 RRC 连接成功率均可以达到 100%，保证了终端业务的可接入性；

8) 被测试站点的上行速率稳定在 14-15Kbps 左右，满足 NB 终端对上行速率的 11Kbps 速率要求，下行速率也同样满足要求。

从目前测试完成的站点来看，目前已经完成建设的 NB 基站覆盖效果良好，可以达到承载物联网业务的标准。

4.3 物联网测试问题总结

4.3.1 无法接入网络

通过总结大量的测试经验发现，在实际进行现场测试和测试结果的分析的时候，常常会遇到许多问题。无法正常的接入网络或者无法正常的进行数据包的发包是其中最为典型和常见的一种异常情况。

判断此种异常问题的步骤主要分为两步，第一步为验证信号的强度和质量，第二步为干扰的排查和排除。

首先需要对测试结果中的 RSRP 值和 SINR 值进行分析和比对，来判断基站的覆盖质量是否合格。若基站的 RSRP 值和 SINR 值均处于一个较差的水平，则可判断为该基站的信号覆盖有问题。此种情况的基本原因为基站的硬件设施故障，或者基站的基础数据配置存在问题。若出现此种问题，可以直接联系建设部门进行处理和整改。

然后在上一步的基础上进行判断。若确认 RSRP 值较好，而 SINR 值较差，则初步认为干扰严重，根据以往的测试经验，外场测试 SINR 值小于 -8 时，就会出现 UE 接入以及发包的异常情况，此时应对基站可能存在的干扰进行排查。

干扰源主要有两种：第一种为系统内的干扰，即在一个距离较近的范围内的其他基站对该基站产生的干扰；第二种为系统外的干扰，需要进行扫频进行判断。

若测试人员在现场测试时，发现系统内存在干扰，需要与后台人员进行配合，确认附近可能产生干扰的基站。可以通过功率调整或关闭干扰基站的调整手段，来排除系统内基站对目标测试基站产生的干扰。调整完成后，再次对目标基站进行测试。

若测试人员在现场测试时，发现系统外存在干扰，则需要干扰排查。下行干扰通过扫频仪在指定地点和指定频点上进行扫描，上行干扰的排查可以通过小区的 NB-IoT 干扰检测进行，根信道的理论值在 -130 左右，将测到的实际数值与理论

值进行对比，进行干扰源的判定。

在实际外场测试的情况中，常常碰到存在外部干扰源的情况。干扰源各式各样，包括居民私装的直放站系统，部分小型企业或者大型企业的信号放大器，地铁或轨道交通使用的独立通讯系统等。此类干扰源都需要进行协商或者强制拆除，否则将对后续 NB 小区的覆盖产生极其恶劣的影响。

外部干扰源对网络影响巨大，在 2018 年 6 月，发现火车站存在未知的干扰源，严重影响火车站室内分布系统的覆盖质量。经排查，干扰源是公安系统用于巡保的一个小型信号发射器。且该信号发射器可以自动识别移动网络用于区分不同小区的扰码信息，根据变更的扰码信息来调整自身的发射信号，每日进行扰码的更改也无济于事，这样的场面持续了将近 3 个月，才在与公安系统达成协商的情况下，对信号发射器进行了拆除。

4.3.2 峰值速率不达标

峰值速率是在对基站进行验证时的一个较为重要和具有代表性的指标，在各种网络的现场功能的验证和测试时，均需要对该指标进行重点的验证。峰值速率分为两部分：分别为上行峰值速率和下行峰值速率。若峰值速率测试始终不达标，代表基站的建设不满足业务的要求，需要对基站进行硬件设备和软件配置层面的双重检查。

首先判断基站是否存在覆盖质量方面的问题：若 RSRP 值较低，则说明基站信号强度较差，基站硬件存在问题，需要提回建设部门进行整改；若 RSRP 值较高，但 SINR 值较低，则说明基站信号质量较差，基站硬件存在问题或存在干扰，需要提回建设部门进行整改，或者进行干扰的排查；若 RSRP 值较高，且 SINR 值较高，说明基站信号的覆盖质量没有问题，此时则需要检查测试终端自身的配置是否存在问题。

对测试设备进行的检查主要分为两个步骤。第一个步骤需要检查 UE 的 DRX 模式是否已经关闭。窄带物联网的 DRX 功能会影响终端的峰值速率，使终端速度无法达到理论的峰值，因此在实际进行单站验证测试的时候，需要首先关闭该功能。

第二个步骤检查终端此时所处的状态，窄带物联网终端在空闲状态下是基于 mo-signaling 接入而进行上行数据传输的，上行的调制方式最大可达到 MCS9，无法达到我们要求的理论峰值；然而窄带物联网终端在激活状态时是基于 mo-data 接入而进行的上行数据传输，上行的调制方式最大可以达到 MCS10，在这种调制方式下，数据传输的速率大幅度提升，此时才可以达到理论峰值。因此，在开始进行峰值速率的测试之前，需要保证测试在 UE 不活动定时器超时后才开始进行，即在终端进入活跃状态时才开始进行测试，这一点在前文的测试准备中也进行了强调，

是测试准备中很重要的一个步骤。

如果经过上述步骤，基站的峰值速率均不达标，则考虑可能是单个基站单个位置存在的偶然性问题，此时可以调整进行测试的位置，选择一个速率较高的位置进行测试。这种情况不是躲避问题，而是网络测试中的必然选择，无线网络由于没有物理线路作依托，信号以无线电波的形式进行传输，存在各种各样的信号衰落点、信号盲点，如典型的“灯下黑”现象。在实际测试的时候需要排除这种偶然的情况，选择其他点进行 CQT 的测试。

4.3.3 其他问题

无法接入网络和峰值速率不达标是在测试中遇到的最常见，也是最主要的问题。除了这两个问题之外，测试当中还会遇到其他一些问题，本章将详细阐述在测试当中可能遇到的其他问题。

问题之一是如何在外场测试的时候，快速的选择到深度覆盖的点：NB 网络覆盖的目标之一是实现广度和深度的覆盖，能够实现深处于室内的物联网终端可以连接到网络。那么如何迅速的判断到进行深度覆盖测试的点，便成为了我们需要解决的一个问题。在距离基站 2km 左右的地方，选择一个完全封闭的室内区域，比如地下停车场，该位置需要处于扇区的正下方。

可以通过 google earth 或者基站位置的仿真图等工具的辅助，进行位置的初步判断和选择，当位置初步选择结束之后，需要同步观察该点接入的小区所对应的上行干扰情况以及下行干扰情况。

问题之二是 UE 开机失败的问题：在排除终端原因的前提下，需要首先检查 SIM 卡是否正常安装；在确认 SIM 卡正确安装的前提下，需要检查 SIM 卡是否被赋予了正确的激活入网的权限，此部分需要联系开卡部门进行确认，如各级营业厅或者厂家。

问题之三是 UE 发送 AT 命令无反应：此时需要检查测试终端配置的参数配置是否进行了正确的配置。

4.4 物联网优化重点

物联网基站在完成建设后，参数的配置、现场测试对性能的验证、包括后期的优化和维护的指导，均属于网优中心的工作范畴。本节主要从两个方面对物联网优化的重点进行了详细的分析，分别是参数的配置和网络中经常出现问题的解决方式。

4.4.1 参数配置

参数在基站的正常运行中，扮演着和硬件可用性一样重要的角色。维护和优化工程师通过对基站的参数进行调整和配置，来实现基站的各种功能，保证基站正常的业务实现。下面对新建 NB 小区的几个重要参数的配置进行详细的介绍。

第一个参数为功率的配置：基站功率的主要表征参数是 NB 小区的参考信号（RS）功率；该种参数的换算公式分为单通道和双通道两种情况；单通道的情况下 RS 功率（W）=NB 单通道功率/12；双通道的情况下 RS 功率（W）=NB 单通道功率/6。在 standalone 配置模式下，NB 功率谱密度是没有限制的；但是在 guardband 和 inband 配置模式下，NB 功率谱密度不能超过同站址的 LTE 基站的功率谱密度 6dB。

第二个参数为 PCI 规划：PCI 是一个需要整体规划参数，单个基站只可以在小范围内进行调整，不能违背整体规划的原则。在 standalone 模式和 guardband 模式下，PCI 规划的原则为单端口天线需避免 mod6 干扰；两端口天线需避免 mod3 干扰；为了降低邻区上行 DMRS 的互相干扰，需要避免 mod16 干扰。在 Inband 配置模式下，PCI 规划的原则为 NB 小区需要借用 LTE FDD 的上行参考导频信号作信道测量，因此需要保证 PCI 取模的结果相同。为了简化网络的配置和规定，目前阶段进行的规划是要限定 NB 小区和 LTE FDD 小区的 PCI 一致。

第三种参数为 NB 小区的 TAC 区规划：NB 小区的 TAC 规格取决于寻呼参数设置、寻呼策略和自身业务的模型。一般建议一个 TAC 区域包含 20-30 个基站，一个 TAL 区最大不超过 100 个基站。NB 小区的 TAI 需要单独进行规划，不能和 LTE 的 TAI 相同，以避免 NB 小区和 LTE 小区之间出现互操作的情况。

第四种参数为 NB 小区的子载波频偏：由于 NB 小区没有根序列索引，因此需要规划 PRACH 资源频域子载波偏置位置（PrachSubcarrierOffset），协议定义了 7 个偏置位置，而我们所使用的产品目前只能配置其中 5 个，规划原则为尽量错开，优选 SC12、SC24、SC36 三种配置，其次才在 SC18、SC34 两种配置之间进行相应的选择。

第五种参数为 DMRS 规划的原则：multi-tone 场景下需要 DMRS 基序列和循环移位两种方式。规划的原则为：尽可能使得 DMRS 基序列和循环移位的组合之间的相关性最小，关联性最弱。DMRS 3tone 共有 0-11 个基序列，有 0、1、2 三个循环移位；DMRS 6tone 共有 0-13 个基序列，0、1、2、3 共 4 个循环移位；DMRS 12tone 共 0-29 个基序列。

第六种为整体的频率规划和部署方式的选择：在整体上建议有限选择 standalone 的模式，但是在网络存在着翻频和开通的工作压力的情况下，也可以考虑部署 guardband 模式。在 standalone 模式下，900M 建议空出原 900 的 3798 频点；

1800M 建议空出原 G1800 的 1452 频点。在 guardband 模式下，可将 NB 部署在 LTE 保护带，频点号 1452 的频点上。

第七个关键的参数和配置为邻区的规划和配置：在普通的基础网络种，基站的基础优化是需要在优化测试之前将小区的邻区关系添加进来的，以便于 UE 在不同的小区之间进行穿梭的时候进行小区的切换。但是由于 NB 小区不支持 handover 方式，只支持小区的重选，因此就无需进行邻区的规划和配置，减少了大量由于邻区而产生的冗余基站数据和信令信息。

4.4.2 问题解决

一个新的网络完成建设并激活入网，必将带来大量之前未遇到过，无完善解决方案的问题，此时需要在对之前网络故障处理经验进行总结，在原有经验的基础上，发展和整理出新进网络的优化和解决方案。

窄带物联网入网了大概有将近 3 个月的时间，通过对这段时间的优化和维护的经验进行总结和整理，形成了一套用于日常维护和优化的问题解决的指导意见，包含的主要几类问题及分析处理意见如下文所示。

第一类问题为覆盖类问题：最典型的现象是用户终端搜索网络失败，无法接入当前网络；此种问题的原因之一是用户终端的配置或者用户终端的本身存在问题，无法驻留在当前的窄带物联网网络种，常见的现象是用户终端所配置的软 SIM 卡未经授权；原因之二是现场信号过差导致用户无法驻留，通过现场测试人员的测试 log 可以对现场信号质量进行分析和排查，测试 log 种有两个很关键的参数：RSRP 和 SINR 值，当 RSRP<-120 时，则认定信号强度不强，而当 SINR<-10 时，则认定干扰很强，需要进行干扰的排查。

第二类问题为用户鉴权出现问题：此种问题的原因主要有两种，第一种原因是核心网的安全和鉴权开关没有打开，但这种情况一般是全网范围的，不存在单个终端的问题；第二种原因是 SIM 卡的开户信息不正确，无法正常的进行网络接入，此种情况就需要联系开卡部门（如地区营业厅）联系信息化部门进行核查和检查，确保用户鉴权信息录入系统。

第三类问题是 RRC 连接过程出现问题：针对此类问题的排查方法主要分为如下几个步骤。第一个步骤是从网络侧和用户侧两个层次检查当前的小区是否可以接入和驻留；第二个步骤是检查该小区的 S 准则（小区接入的一个判断方式）是否满足驻留的要求；第三个步骤是查看基站和 UE 双方对于层一和层二的配置是否存在问题，是否可以相互匹配；第四个步骤则是查看 UE 当前支持的 BAND 信息，查看 UE 是否可以加入并驻留在当前的小区。如完成上述几个步骤，均无法判断和解决 RRC 连接过程出现的问题，则对基站进行重启，排除并清理基站在运行当中可能存在的可能故障的问题。

通过经验教训的总结，基站故障排查具有一个整体的思路。UE 所进行的一切业务与网络的交互均遵循着一套完整的信令系统和交互流程，测试人员和维护人员均需要对完整的信令流程进行熟悉和学习，掌握问题判断的基本方法和解决方式。在进行现场问题故障处理的时候，尽量携带可以进行信令抓取的设备，如电脑或者测试设备，在故障分析时通过分析信令流程进行故障的判断。这样才能准确的在对基站的信令 log 信息分析和排查的时候，抓到问题所在。

4.5 物联网 KPI 指标

4.5.1 小区可用性指标

移动基站设备的可用性，在网络运营管理中，是最为基础同时也是最为重要的一类指标，这类指标指示了整张网络稳定运行的程度，是一个网络能够提供优质服务的基础，同时也是维护部门的底线。小区可用性指标主要有三个指标，分别是小区可用率指标、小区退服总时长和小区退服次数三个指标。由上述三种指标衍生而出的用于指示和调度的指标将在下面详细讲述。

小区可用率：在移动基站的日常监控中，小区可用率是最重要的一个指标。该指标指示了基站在一天之内的运行状态，计算方法为小区可用时长除以一天的时间度量单位（度量单位以 s 计算）。为保证长春移动网络的正常运行，网管中心针对小区可用率指标进行了分解，分解为小区的在网率和小区的在服率，分别表征了基站当前在网络中的工程状态标记和小区在网络中的服务状态，进行每日调度，并且实行了一整套考核和通报制度，严格控制小区可用率指标，具体的调度模板和指标分解情况如图 4.5 所示。

沃·运维		LTE-RRU在服率专项调度		
【沃·运维】20180906		网络支撑中心-无线调度网格		
<ul style="list-style-type: none">• LTE-RRU在服率：98.31%；已达标；• LTE-RRU在网率：99.01%；已达标；• 全量零业务小区数490个；				
责任部门	零业务RRU分类	零业务RRU数	超考核门限值	调度简析
设备中心	故障零业务RRU	284	-	<ul style="list-style-type: none">• 其中已修复超24小时RRU40个，超24未修复RRU244个，请设备维护中心对4G超长零业务小区待修复故障升级调度，支撑处理；
网优中心	非退服零业务RRU	86	-	<ul style="list-style-type: none">• 请优化中心现场确认反馈、调度解决；
	未优化零业务RRU	21		<ul style="list-style-type: none">• 请优化中心3日内完成单站优化并激活入网；
	数据库未维护RRU	0		<ul style="list-style-type: none">• 请优化中心同步计划建设部开站进度今日完成沃网络系统数据库维护；
校园放假【阶段性】		89		<ul style="list-style-type: none">• 高校放假导致零业务小区；拉低在网率；

图 4.5 调度模板

小区退服总时时长：该指标指示了小区在一天之内发生故障无法进行正常业务的时间；日常监控当中，由网络管理中心对该指标进行特别的关注，对超过 24h 未处理好故障的小区进行特殊监控以及故障原因和处理情况的总结和分析。

小区退服次数：指示了小区在一天之内发生故障无法进行正常业务的次数；日常监控当中，由网络管理中心对该指标进行特别的关注，对一天之内发生过超 5 次以上故障的小区进行特殊监控，列入超频小区清单，分析好故障原因以及相应的整改措施。

4.5.2 性能类 KPI 指标

性能类 KPI 指标指示了网络服务质量的指标。包括网络侧提供给用户接入性、业务连续性和移动性的业务保证。此类指标主要由网优中心进行整体的控盘和监控，分析指标恶化的原因，对于常规类指标进行监控和故障工单的派发和监控，对于突发性的指标恶化，进行专项的分析和经验的总结分析，形成故障报告的形式进行汇报和总结。

性能类 KPI 指标主要有小区接入类指标、小区寻呼发送成功类指标、呼叫保持类指标、移动性指标四大类指标，其中包含着一些通过 counter 统计和计算的小类别指标，和衍生而来的指标类型，在下文将详细介绍。

第一类指标为小区接入指标：小区接入类指标指示了用户接入小区进行正常业务的成功几率。对于 NB 小区来说，在排除终端原因的基础上，要求接入成功率为 100%。小区接入指标主要包括三个指标分别是小区随机接入成功率、小区 RRC 连接建立成功率和小区 S1 信令连接成功率。这三个指标分别指示了小区总体的接入指标、小区无线侧的接入成功指标以及小区与核心网之间成功建立连接的接入指标。在日常进行分析时，需要结合这三部分指标，从整体上检查小区接入成功率低的原因。

小区接入指标低的原因主要有三种：第一种是由于基站自身故障，无法提供正常的服务，这种原因从监控网管上可以很直接的观测到，当确定基站存在故障的时候，需要整理故障工单，派发给维护人员进行故障的处理；第二种是由于参数配置的问题，导致用户无法接入，当确定基站存在参数配置的问题的时候，需要优化人员对参数进行调配；第三种是由于业务量过多，导致网络资源不够用，无法接纳更多的用户进行业务，此时需要对网络资源进行整体的调配。

第二类指标为小区寻呼消息发送成功率：该指标指示了小区可以被正确寻呼到的几率，反应了小区对业务反应的及时程度，在排除终端原因的基础上，要求该指标达到 100%

该类指标恶化的原因有两种原因：第一种原因为设备故障类原因；第二种原因为参数配置的问题，即 UE 的 DRX 周期配置有问题。

第三类指标为呼叫保持类指标：指示了小区为用户提供业务的连续性，在排除终端原因的基础上，要求掉话率为 0，异常释放次数为 0。该部分指标主要包括：小区 UE 上下文异常释放次数和小区 UE 上下文正常释放次数。小区掉话率通过二者相除得到。

第三类指标为移动性指标：指示了小区在终端进行移动时，如何持续良好的为终端提供业务。

从先验测试结果和维护经验来判断，在 NB 网络中，该部分指标是优化工作的重点，主要指标是小区重选指标：既要避免 NB 网络与 LTE 网络的互操作，又要保证终端在不同 NB 小区之间移动时的业务连续性。

4.5.3 业务类 KPI 指标

业务类 KPI 指标是网络中资源利用情况的一个表征指标，显示了小区每天吸收业务的强度，体现了小区的忙闲程度。不同地理位置、不同业务将为小区带来不同的收益效果。

这部分指标主要包含了两部分：小区上行 SRB 总流量和小区下行 SRB 总流量，二者合在一起为小区的整体流量。

业务类指标的监控可以暴露网络中的一系列问题，包括网络维护不及时、网络中长期的“死点”的处理以及网络资源分配不合理等一系列问题，因此对于业务量情况的监控从 2G 到 4G 从来未停止过，目前已经建立了一套完整的业务监控体系，具体监控和调度的模板如表 4.1 所示。

表 4.1 业务监控模板

分公司	低效能总体情况		低效能原因分类		小区总数目
	总数	比例	故障小区	低用户小区	
朝阳	23	1.50%		23	1537
二道	34	1.95%	4	30	1741
高新	49	1.78%		49	2750
经开	85	3.52%	1	84	2412
宽城	7	0.76%	1	6	922
绿园	26	1.47%		26	1771
南关	18	1.08%		18	1674
市区	242	1.89%	6	236	12807
德惠	19	1.46%	1	18	1303
九台	26	1.77%		26	1467
农安	31	1.63%		31	1904
双阳	14	1.76%		14	796
榆树	20	1.62%		20	1237
外县	110	1.64%	1	109	6707
总计	352	1.80%	7	345	19514

对于业务监控中低业务甚至零业务的小区，进行区域化的情况分析，推至前台进行业务的发展，确认无法发展用户的小区，进行资源调整，资源调整的整体流程如图 4.6 所示。

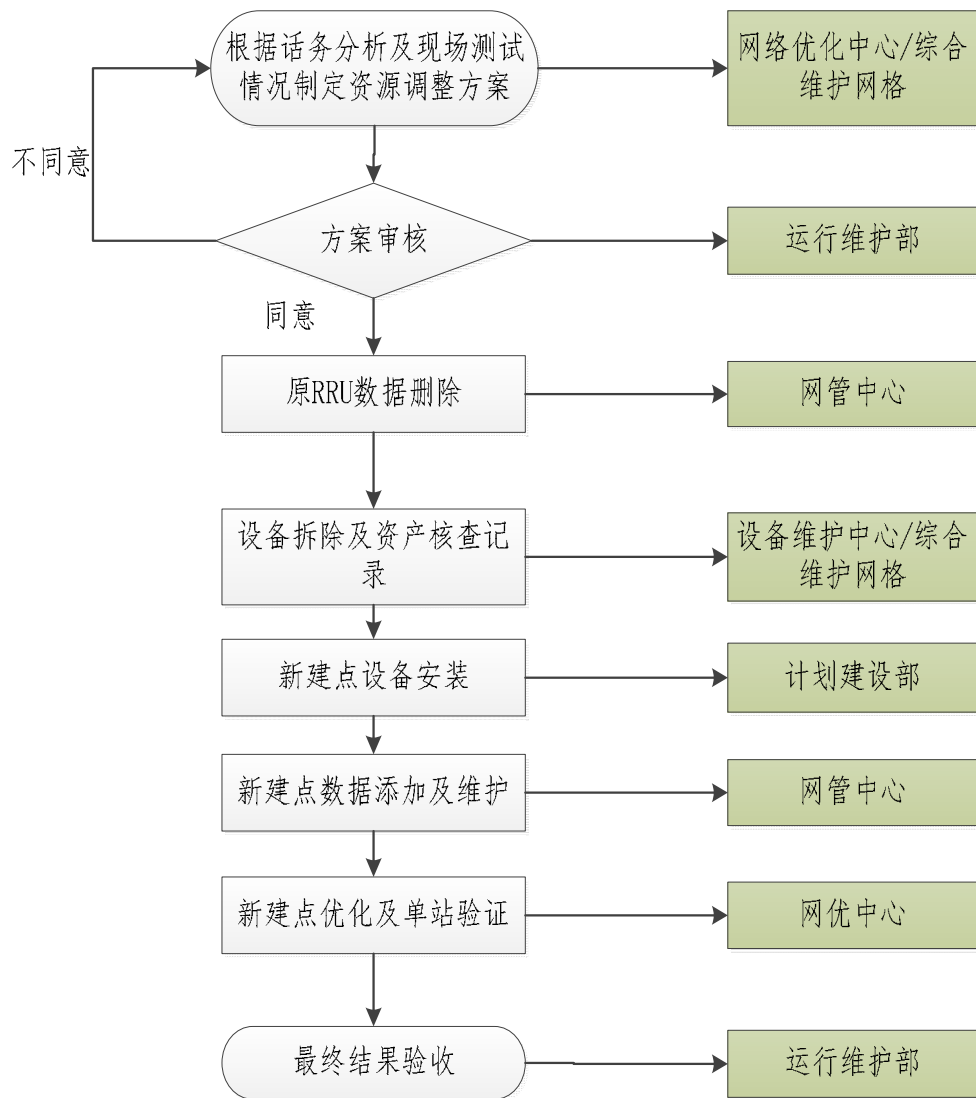


图 4.6 资源调整流程

由于 NB 网络还未形成规模，业务量监控方案还未实施，但完整的资源监控情况参照 3、4G 资源监控的模式，如上所示，一旦 NB 网络建设达到一定规模，即开始启用资源监控方案。

资源调整流程对于整个网络而言，意义重大。一方面可以对网络整体资源分布情况进行整体的掌握，牵引建设和维护的重点，更加精准的进行投资建设，避免重复和浪费的建设和投资，更加精准的投入维护资源，节约人力和物力的成本；另外一方面可以对现网资源进行一个动态的调整，随着用户的迁移，合理的利用现网中的资源。

资源调整流程目前是维护优化工作的重点工作，随着网络的维护优化工作整体

运转进行，并提上了专项议程。

4.6 本章小结

本章对于 NB 网络的测试方式、当前网络覆盖效果的验证、结合 KPI 进行的网络的优化和维护进行了深度的分析和呈现。经现阶段的验证结果显示，目前建立的 NB 网络覆盖效果良好。

第 5 章 基于物联网的智慧应用

在物联网建设的基础上，进行智慧应用方案的开发 and 设计，抢占物联网智慧应用的市场。

5.1 物联网智慧应用总述

中国联通的物联网网络逐步建设完整，可以在物联网网络上进行智慧应用的开展和方案的制定。各省市根据各自省市的行业结构特点，各自发展了多样化的智慧应用的方案建设，百花齐放，争为人先。一时间随着市场业务的发展，涌现了形形色色的智慧应用方案。

物联网上发展起来的行业方案从整体上共分为 8 类：智能锁管理系统、智慧农业、智慧水务、智慧城管、智慧环保、智能制造、智慧消防、以及其他应用。详细的行业方案如图 5.1 所示。

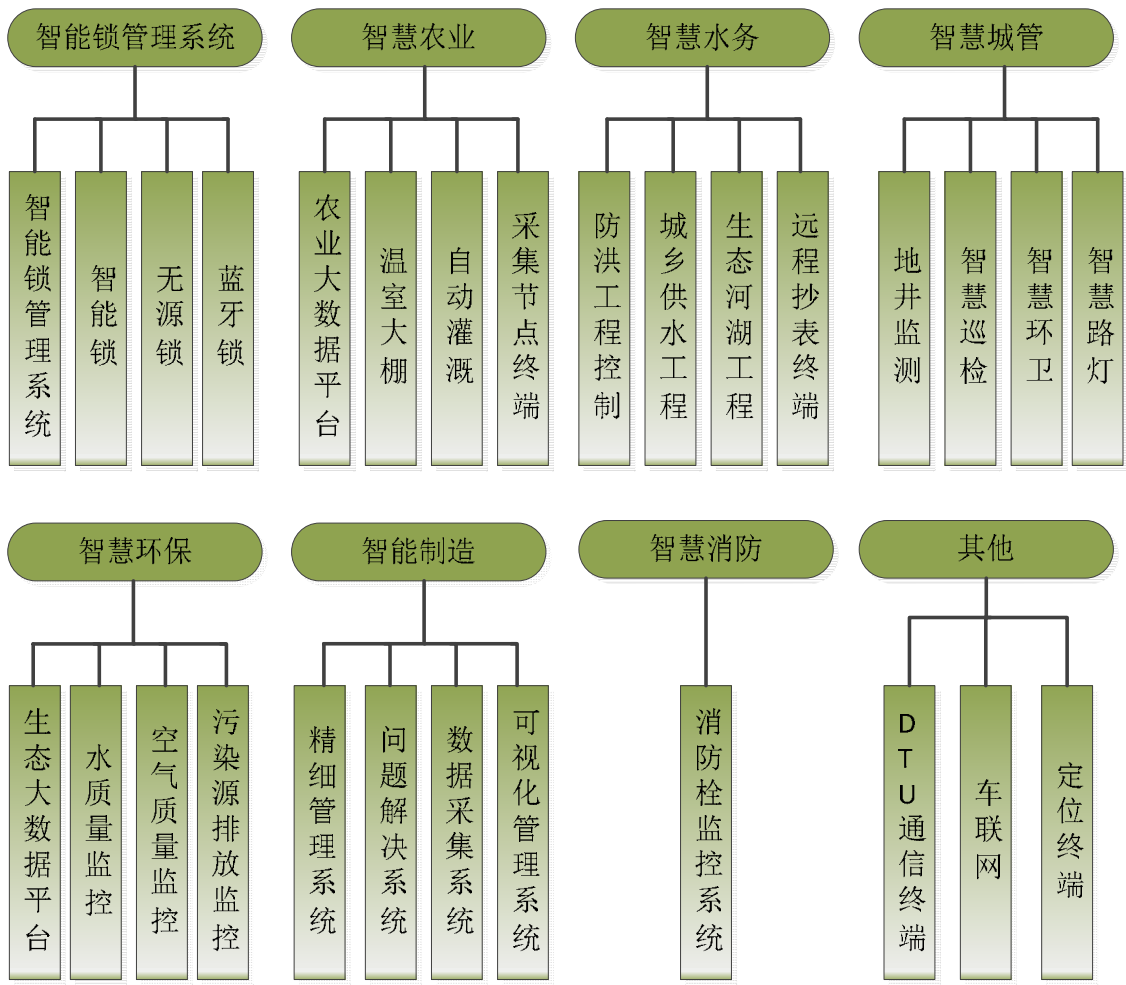


图 5.1 智慧行业方案总览

5.2 智慧城管

5.2.1 智慧城管的需求背景

城市是人口最为密集的行政区域，因此一个城市方方面面的管理尤为重要。涉及到数以亿计的中国公民的生活质量甚至是生命财产安全的问题。在城市管理中，最为基础也是最为重要的一点为城市基础设施的管理，如地井、路灯、燃气监测、环卫系统等多个方面和层次。

基础设施及流程的智能化管理，不仅能够在很大程度上提升居民的幸福感和，而且能够节省政府在城市建设和管理方面的人力和物理资源的投入。

5.2.2 智慧城管的实现方式及优势

针对智慧城管业务，已经设计制定并投入生产了许多方案。具体已经完成实施的方案有：城市部件普查系统、城市地井监测系统、城市智慧巡检系统、城市执法智慧调度系统、城市智慧环卫系统、城市智慧路灯系统、城市 GIS 燃气巡检系统。

在以上方案中，城市地井监测系统尤为重要，得到了政府的广泛关注，管理对象主要包括地井及地下管道的安全。

智慧城管系统基于 GIS 平台，利用数据交互技术，融合城管系统中已经存在的各类数据进行数据统计和分析，从而建立多维度数据预测模型，分析城市运营状态、趋势，并投入应用。构筑起便于城市管理者对城市进行全盘掌控的智慧化平台。

5.3 智慧消防

在我们的日常生活当中，意外常常是避免不了的，如何在火灾来临时，及时迅速的做出反应，保护公民的生命财产安全，是消防工作的重中之重。

根据国家消防管理条例要求，在所有的公司、公共场所、营业场所、居民区均配备有消防栓。但在事故发生时，这些消防栓却常常无法发挥其应用的作用。“工欲善其事，必先利其器”，由于消防管道不同于自来水管，对管道的稳定性有很高的要求，因此需要实时的对消防设备以及消防管道进行监控，确保消防设备的万无一失。

利用蜂窝网络，配备实时监控终端，来实现消防栓的智能监控。

模块化设计使得产品整体可靠性较高，运算速度大大提高；可以有效的监控消防栓的水压情况，解决了通过人工巡检和摄像头无法监测管道内部压力的问题，从根本上保障了消防栓的可用性。

无线网络技术使得实时监测变得简单易行，同时对智能数据分析平台的添加，

结合大数据分析，准确定位消防网络中的问题点。

5.4 智慧商城

在电商的挤压下，实体商城的经营变得寸步难行。然而从客户的体验角度来说，实体商城的购物体验又确实不好，存在诸如停车不便、商场管理不完善等一系列问题，导致顾客到店率严重下降。

为了解决如上问题，在电商发展趋势愈演愈烈的今天，为实体商城谋求一席之地，联通公司为实体商城制定了一整套的智慧管理体系。智慧商城的底层接入平台采用全光纤和蜂窝网络相结合的铺设方式，不仅保证了整体平台的稳定性，同时保证了运营管理的可移动性。新型而统一的智能化管理平台将商场所有的管理设备收集到的数据进行整合和挖掘，不仅能够为商城的管理提供智能化的支持，同样为不同角色的人员提供了不同程度的便利。

从顾客的角度来说，顾客可以实时准确的了解打折促销活动，节省购物成本；顾客可以获得更加舒适的购物环境，提升顾客对实体商城的信誉度；同时顾客更加有效的获得商城的信息化服务。

从商户的角度来说，商户可以更加方便的实时的进行店铺的宣传和推广，更为智能的对店铺员工进行管理，同时针对自身店铺在经营过程中产生的物业问题也有了更加便捷的保修渠道。

从商场运营人员的角度来说，可以保障商城人员的安全，更加方便的进行商城的营业推广，同时可以加强商城的综合管理。

从开发商的角度来说，可以打造商城的亮点，个性化呈现，提升品牌的知名度，同时智能化的运营更为开发商提供了一套智能化的可控成本体系，将资源应用到更加合理的项目上去。

5.5 智慧农业

山东省寿光市的紫轩葡萄合作社是一个较大的农业合作组织，有大棚资产 20 余个，种植葡萄十余种，直营业务有收购和销售合作社成员种植的葡萄农产品，并且同时经营娱乐性和寓教于乐性质的采摘活动；是一个多方面、全方位的经营合作体。

经与客户对接，目前明确客户存在的问题主要有用工多、管理难、设施落后、新产品培育难几点。究其原因，主要是园区信息化程度低、种植和销售模式落后、没有自己的电商平台，销售、服务扩展的难度大，且旅游娱乐性产品知名度低，推广程度不高，亟须进行创新和转变。

联通公司以云为入口，满足客户信息化设施部署的需要。帮助客户整体上云，建设门户网站，设立电商经营体系，通过线上传播的方式提升客户的知名度。以无线网络及百兆互联网专线，实现客户在种植园区内的信息化通信和互联，进行信息的采集和收取。

该项目得到了客户的高度认可，为客户打造了高科技、智能化的智慧农业产业园，实现了随时随地的移动化管理、自动化和更精确的远程控制、精细的标准化种植等一系列功能。为用户节约了大量的管理、人力、水肥等成本，为用户实现了增产增值。

该项目充分响应国家“乡村振兴”的战略，利用信息化手段推动农业供给侧和经营方式的结构性改革。为客户量身定制客户真正需要的个性化方案，不仅帮助客户实现了科技化转型，同时也促进了联通公司自身在该领域方案制定和实施的成熟度。

5.6 智慧停车

为解决政府管理难、市民停车难、车场管理难的用户痛点，长春市联通公司携手路政部门，由城投公司作为施工总单位，进行了智慧停车项目的整体方案设计和实施，整体方案设计如图 5.2 所示。

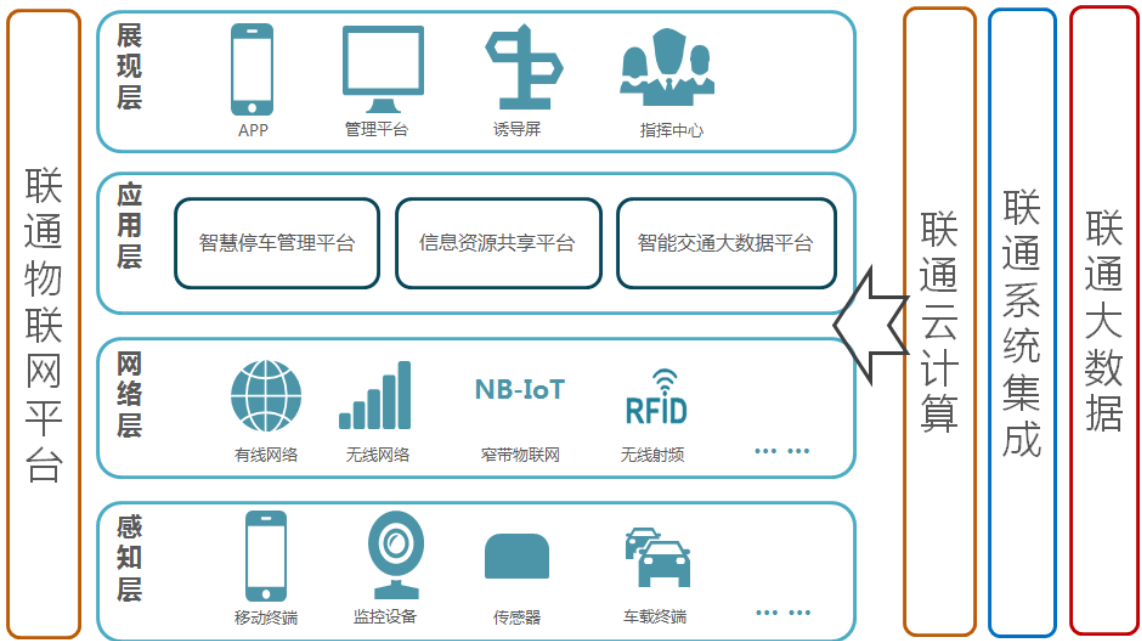


图 5.2 智慧停车方案整体框架

目前该方案已经完成了实验点的铺设，顺利通过了实验阶段的测试工作，目前正在进行商务合同的洽谈，签订商业合同后，将进行大面积的铺设，将项目正式推进商业运营。

5.7 本章小结

本章对联通公司基于物联网发展而来的智慧应用进行了详细的介绍。首先从整体上对物联网行业应用进行了整体概述，展示了目前联通公司已经发展成熟的业务。然后分别对智慧城管、智慧消防、智慧商城和智慧农业方案的需求背景、实现方式和优势进行了阐述。

联通公司发展的物联网业务，不仅拓宽了自身的业务范围，提高了自身的人员队伍水平，同时也为广大市民带来了生活上的便利，为对智慧方案有需求的中小型企业提供了智慧经营的方案。由于篇幅限制，很多如车联网等经典案例未及介绍。以物联网网络为依托，联通公司正在进行积极的互联网化转型，未来可期。

第6章 总结与展望

6.1 全文工作总结

本文基于物联网的网络基础技术为出发点，对物联网的若干种网络技术进行了对比分析，从业务特点、市场发展趋势、网络技术发展等角度出发，确认了窄带物联网的物联网建设方式。以集团公司的整体意见为依托，结合长春分公司的地域特点，整理和制定了符合长春市分公司自身网络发展特点的物联网建设方案。本文的主要工作如下：

（1）从物联网技术发展和市场发展趋势两方面出发，深度研究物联网的网络特点，以及物联网为满足自身业务需求所设定的创新技术。通过比对物联网网络特点和其所能支持的业务特征，确认了窄带物联网在物联网网络建设中的绝对优势，并最终选定窄带物联网为长春市分公司部署物联网的主要技术，从技术层面确定了长春市分公司建设物联网的方案。

（2）以集团建设物联网的整体思路为指导方向，结合长春市自身的网络和地域特点，制定了“两步走”的窄带物联网建设方案。通过 900M 基站的减频退网为物联网的建设准备出频率资源，做好物理储备；通过 1800M 基站的直接升级进行第一张窄带物联网的建设，抢占市场份额。目前项目的进展在 1800M 升级上进展顺利，900M 基站建设由于转网困难，目前依然停留在实验室阶段。

（3）组织了已完成建设的 N1800 基站的测试和验证工作。经验证，NB 小区覆盖效果良好，能够达到覆盖增强的效果。同时 KPI 指标表现良好，接通率和重选成功率均能够达到 100%，且可以作到零掉线率。目前建设的 NB 小区已经可以进行物联网业务的承接。

（4）参与并制定了一系列从物联网出发的智慧应用，对大数据分析挖掘和云平台进行了深度的认识。制定的方案不仅得到了客户的广泛认可，打响了企业的知名度，同时也拓宽了公司的业务宽度，打开了信息时代运营的新思路，同时提升了自身的方案制定和实施水平。

经验证结果显示，NB 小区的覆盖效果良好，完全可以扮演一个合格的物联网网络的角色。同时 NB 小区的测试、优化和维护工作在前期经验的引导下也已走入正轨，针对 NB 小区业务量的监控情况也即将上线。通过在初期就加入对 NB 小区资源利用情况的监控，及时对 NB 网络的资源进行调控。

智慧方案推出后，获得了热烈的反响，并受到了客户的一致好评，智慧方案的制定和走向实施，代表了中国联通公司从传统服务商的角色转向了新时代互联网的经营模式。新时代成就新的业务形式，也为联通公司注入了新鲜的生命活力。

6.2 建议与展望

物联网网络不同于传统意义上的网络，它的实现目标不在于更实时的业务对接，也不在于更快的数据传输，而在于大量的终端的互联，和大量的基础信息的获取。物联网能够牺牲自己在业务上的升级和一系列的功能，是一个“短尾式”的思路的转变，我们要抓住物联网这样一个时代的契机，对生活中能够获取到的众多的大数据加以挖掘和分析。

针对物联网未来发展的展望主要有如下两点：

（1）加快网络虚拟化进程，软件定义网络是未来发展的趋势，尽快实现网络的虚拟化，不仅对自身的资源可以实现动态调配，也可以尽快的完成移动网络向 5G 的过渡。

（2）加深“云大物”的联系，以大数据分析为依托，对网络中获取到的大量的数据进行分析 and 建模，从中挖掘出适用于自身经营和发展的规律和信息。

参考文献

- [1] 冯立华, 程刚, 王源野. 电信运营商在窄带物联网的机遇、挑战及对策[J]. 信息通信技术, 2017(1):7-11
- [2] 廖明军, 蒋世平. 窄带物联网 (NB-IoT) 商业应用探讨[J]. 信息通信, 2017(10)
- [3] 蔡慈贵. 关于 NB-IoT 低速率窄带物联网通信技术现状分析及发展趋势探讨[J]. 信息通信, 2017(3):237-238.
- [4] 张新武. NB-IOT 窄带物联网与 LTE 差异性分析[J]. 纪念光纤通信 50 周年高峰论坛, 2016.
- [5] 邢宇龙, 胡云. 窄带物联网部署策略[J]. 信息通信技术, 2017(1):33-39.
- [6] 祁家榕, 张昌伟, 郭永安. 窄带物联网应用浅析[J]. 微型机与应用, 2017, 36(13):10-12.
- [7] 许剑剑, 梅杰, Zulfiqar Hussain Pathan, 曾剑秋. 物联网发展驱动因素分析与前景初探[J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2016, 06:52-57.
- [8] 3GPP. RP-151621: Revised Work Item: Narrowband IoT (NB-IoT) [EB/OL]. (2015-09-17) [2016-11-20]. ftp://ftp.3gpp.org/tsg_ran/TSG_RAN/TSGR_69/Docs/RP-151621.zip.
- [9] Bardyn J P, Melly T, Seller O, et al. IoT: The era of LPWAN is starting now[C]//European Solid-state Circuits Conference, ESSCIRC Conference 2016:42nd. IEEE. 2016:25-30
- [10] Andreev S, Galinina O, Pyattaev A, et al. Understanding the IoT connectivity landscape: a contemporary M2M radio technology roadmap[J]. IEEE Communications Magazine, 2015, 53(9):32-40
- [11] 3GPP TS 23.401 V14.0.0. Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) Access[S]. 2016.
- [12] 张万春, 陆婷, 高音. NB-IoT 窄带物联网系统现状与发展[J]. 中兴通讯技术, 2017(1).
- [13] 余昌盛, 俞立, 洪榛, 等. 基于放大转发和协作拥塞的窄带物联网物理层安全容量研究[J]. 传感技术学报, 2017, 30(4):575-581.
- [14] 尹喜阳, 杨光, 张一萌, 等. 基于窄带物联网的远程智能抄表应用研究[J]. 通讯世界, 2017(23):231-232.
- [15] Persia S, Rea L. Next generation M2M Cellular Networks: LTE-MTC and NB-IoT capacity analysis for Smart Grids applications[C]// Aetit International Conference. IEEE, 2017:1-6.

- [16]He-Ping P I. Discussion on the Deployment Strategy of Internet of Things for China Telecom[J]. Mobile Communications, 2017.
- [17]杨旻, 张晖. NB-IoT 低速率窄带物联网通信技术现状研究及发展趋势分析[J]. 华东科技:学术版, 2017(5):22-22.
- [18]田成立, 赵强. NB-IoT 低速率窄带物联网通信技术现状及发展趋势[J]. 中国新通信, 2018(4).
- [19]戴国华, 余骏华. NB-IoT 的产生背景、标准发展以及特性和业务研究[J]. 移动通信, 2016, 40(7):31~36.
- [20]冯传奋. 窄带物联网部署策略探讨[J]. 移动通信, 2017, 41(20):64-68.
- [21]刘毅, 孔建坤, 牛海涛, 张振刚. 窄带物联网技术探讨[J]. 通信技术, 2016, 49(12):1671-175.
- [22]曹政, 李小文, 周述淇. NB-IoT 随机接入过程的研究与实现[J]. 无线电通信技术, 2018, 44(1):73-77.
- [23]Beyene Y D, Jantti R, Tirkkonen O, et al. NB-IoT Technology Overview and Experience from Cloud-RAN Implementation [J]. IEEE Wireless Communications, 2017, 24(3):26-32.
- [24]Ratasuk R, Mangalvedhe N, Zhang Y, et al. Overview of Narrowband IoT in LTE Rel-13[C] // IEEE Conference on Standards for Communications and Networking. IEEE, 2016:1-7.
- [25]石建兵. 窄带物联网(NB-IoT)应用与安全[J]. 信息安全与通信保密, 2017(6):27-31.
- [26]刘博光, 贾然, 柳少良, 等. 中低速窄带物联网建设技术研究[C]// 面向 5g 的 lte 网络创新研讨会. 2017.
- [27]童桦. 窄带物联网(NB-IOT)商业应用探索[J]. 信息通信, 2017(3):261-262.
- [28]Wang Y P E, Lin X, Adhikary A, et al. A Primer on 3GPP Narrowband Internet of Things (NB-IoT) [J]. IEEE Communications Magazine, 2016:1-8.
- [29]Rico-Alvarino A, Vajapeyam M, Xu H, et al. An overview of 3GPP enhancements on machine to machine communications[J]. IEEE Communications Magazine, 2016, 54(6):14-21
- [30]李诺. 窄带物联网 NBIOT 在智能水表中的应用[J]. 数字化用户, 2017, 23(40).
- [31]Hoymann C, Astely D, Stattin M, et al. LTE release 14 outlook[J], IEEE Communications Magazine, 2016, 54(6):44-49.
- [32]Raza U, Kulkarni P, Sooriyabandara M. Low Power Wide Area Networks: An Overview[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2017:1-18.

- [33]毛燕琴, 沈苏彬. 物联网信息模型与能力分析[J]. 软件学报, 2014, 25(08):1686-1695.
- [34]曲井致. NB-IoT 低速率窄带物联网通信技术现状及发展趋势[J]. 科技创新与应用, 2016(31):115-115.
- [35]黄文超. NB-IoT 低速率窄带物联网通信技术现状及发展趋势[J]. 电子测试, 2017(6).
- [36]Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA), Medium Access Control (MAC) protocol specification, Release 13[S]. 3GPP TS 36. 321 V13, 2016.
- [37]Technical Specification Group GSM / EDGE Radio Access Network; Cellular System Support for Ultra-low Complexity and Low Throughput Internet of Things(CIoT); Release 13[S]. 3GPP TR 45. 820, 2016.
- [38]Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification; Release 13[S]. 3GPP TS 36. 331 V13. 3. 0, 2016.
- [39]李鹏飞. 窄带物联网技术要点研究[J]. 通讯世界, 2017(5):60-61.
- [40]李娟, 胡晓玲, 李自刚. 窄带物联网 NB-IOT 能耗测试浅析[J]. 电信网技术, 2016(8):65-67.
- [41]黄润. NB-IoT 低速率窄带物联网通信技术现状及发展趋势[J]. 计算机产品与流通, 2017(8).
- [42]Pan S, Tao S, Chen Y. An Optimal Selection Method of Multi-Cellular Networks Based on NB-IoT Nodes[J]. Zte Technology Journal, 2017.
- [43]Gozalvez J. New 3GPP standard of IoT[mobile radio][J]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2016. 11(1):14-20
- [44]3GPP TR 45.820. Cellular system support of ultra-low complexity and low throughput Internet of Things(CIoT) (Release 13) [S]. 2015
- [45]Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation; Release 13[S]. 3GPP TS 36. 211 V13, 2016.
- [46]颜波, 石平, 丁德龙. 物联网环境下的农产品供应链风险评估与控制[J]. 管理工程学院, 2014, 28(03):196-202.
- [47]3GPP TR 23. 720 V13. 0. 0. Study on architecture enhancements for Cellular Internet of Things[S]. 2016.
- [48]Ericsson. Narrowband IoT - Random Access Design[R]. RAN1 #83, R1-157424, Anaheim, US, 2016.

- [49] Evolved Universal Terrestrial Radio Access (EUTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (EUTRAN); Overall description; Release 13[S]. 3GPP TS 36. 300 V13. 4. 0, 2016.
- [50] Ericsson. Narrowband IoT- Random Access Design[R]. RAN1 #83, R1-157424, Anaheim, US, 2016.
- [51] 3GPP R1-165972 Introduction of NB-IoT (36.213) 2016.6
- [52] 3GPP R1-165971 Introduction of NB-IoT (36.213) 2016.6
- [53] 李卫, 李永振. NB-IoT 窄带物联网产业分析[J]. 中国科技投资, 2016(18).

作者简介及所取得科研成果

作者简介

女，汉族，1992年5月8日出生吉林省九台市。2014年7月毕业于吉林大学通信工程学院通信工程专业，进入吉林省长春市联通分公司工作至今。2015年考入吉林大学通信工程学员通信工程专业进行深造，目前是通信工程学院的一名工程硕士。

科研成果：

致 谢

考入吉林大学通信工程专业进行深造，到如今已有三年的时间。返回母校的感觉特别的亲切，也很庆幸，自己还未丢掉母校教给我的最重要的一心向学的精神，以及身上一些宝贵的东西。这三年的培训生涯并不轻松，周末进行上课给本来就繁重的工作带来了更大的压力。但是比我们更加辛苦的是为我们授课的老师，每一位老师都让我体会到了老师认真负责的精神。以学术的钻研热情，带动我们对知识的渴求，帮助我们在通信领域的知识进行拓广和拓深。每次从学校回到工作中来，都有不一样的体验，感觉到眼界在发生变化，对工作中遇到的事情的理解程度和方向也在不断的发生这变化，十分感谢我们的授课教师，对我们孜孜不倦的教诲，带领我们重返校园。

特别感谢我的导师范亚芹老师，老师对我们的学习生活进行了全方面的关心。为我们提供研究方向，引领着我们进行课题的研究，帮我们严格的审核研究成果，在学术方面上给我们提出了宝贵的指导意见。

感谢在研究生就读期间，陪伴我上课，陪伴我挑灯夜读，陪伴我坚持下来的同学们。因为有了你们的陪伴，我才能够在这条求学路上走的这样顺伦理。

感谢从我初成人便教育我至今的吉林大学，感谢带我在通信领域进行学习和深造的通信工程学院，从这个学院中带走的精神和品质，我会牢牢记着，并且终生履行。