

基于 5 G 无线通信系统关键技术的分析

Analysis of Key Technologies of Wireless Communication System Based on 5 G

李越鳌 刘诗蔚 陈家心 林晓基 梁家通
(威凯检测技术有限公司 广州 510663)

摘要: 在全球化互联网的高速发展, 5 G 通信技术将是提高网络速度的必要前提。5 G 无线通信技术在各个领域发挥着巨大作用, 它的诞生标志着网络向低延时、高速度、更安全的方向发展。本文首先介绍了 5 G 无线通信技术的发展, 再针对几种主要的关键技术进行简要的分析, 为了在现实中能够体现出其具体的应用价值和优势进行简要概述。

关键词: 5 G; 无线通信; 云计算; 异构无线网络

Abstract: With the rapid development of the global Internet, 5 G communication technology will be a necessary prerequisite to improve the network speed. The 5 G wireless communication technology plays an important role in various fields, and its birth marks the development of the network in the direction of low latency, high speed and safety. Firstly, this paper introduces the development of 5 G wireless communication technology, and then briefly analyzes several key technologies, in order to show its specific application value and advantages in reality.

Key words: 5 G; wireless communication; cloud computing, heterogeneous wireless networks

引言

随着科学技术的不断演化发展, 无线通信技术在专利数量和技术演化进程上走在科技界的前沿。如表 1 所示从上世纪 80 年代的第一代移动通信技术开始, 再到 2 G/3 G/4 G 网络一代代的不断演进和应用, 以及目前 5 G 网络的普及商用, 给人们提供更加信息化、智能化、多元化的生活环境, 不断推动国民经济发展和科技发展的前进步伐。在新时代的科技领域, 5 G 通信技术将是发展空间最大, 是当前不可替代的技术之一。5 G 网络有着低延时、高速率、系统管理等优点, 有着其他网络无法比拟的优势。5 G 无线通信系统运行效率高, 信息传播速度快, 分析问题系统化等特点, 将是未来无线通信技术的发展方向。

1 5 G 无线通信技术的含义

5 G 无线通信技术是移动通信网络的第五代技术的创新, 同时也是国家科技发展的动力和核心技术, 在未来的不断发展中将得到广泛的应用^[1]。5 G 无线技术与 4 G 无线移动通信技术相比具有覆盖广阔、速度快、延迟低、发展空间更大的优势, 但 4 G。在初期试验阶段中已达到非常好的效果, 无论现在还是未来将会朝着 5 G 无线技术的方向不断延伸和创新。

2 5 G 无线通信的关键技术

2.1 异构无线技术

异构无线网络 (HetNet) 是在 5 G 蜂窝结构的基础上, 通过设备多样化和差异化的覆盖, 以及多种频段相

结合的组网方式等实现立体的分层网络^[2]。随着无线通信技术的不断发展、移动终端和通信设备性能不断的提高,以及人们对网络的日益增长,传统的 2 G/3 G/4 G 网络难以满足信息时代的需求,为了提高传输速率、信息网络的稳定性和系统的可靠性。对于异构无线网络框架中,5 G 无线网络将是基于多种网络结构、多种频段制式的超密集多元化异构网络,例如:宏蜂窝、微蜂窝、室内分布系统、Wi-Fi 等信号覆盖方式进行结合,实现弥补网络空洞,转移负载的均衡和提高容量,形成一个信息技术多元化的网络节点。在异构网络多元化、多网络、多制式协同进行和减少投资的原则,宏蜂窝主要覆盖连续广阔的区域,解决底层网络的覆盖问题,是异构网络的核心力量,图 1 所示。微蜂窝和室内分布系,以及 Wi-Fi 是兼顾和补充覆盖盲区,增强热点和容量的不足。在传统分布系无法实现异构无线网络技术的同时,需要在多元化复杂的网络环境下寻找平衡点,提高网络资源的最优效率和降低建设成本。

2.2 大规模 MIMO 技术

大规模 MIMO (massive multiple-input multiple-output) 技术是在发射机和接收机同时配置多个天线来大幅度地提升多用户网络的容量、能源和频率效率、以及传输可靠性的性能优势。由于现在 5 G 无线通信系统基本已经比较成熟,各个运营商陆续的采用大规模 MIMO 技术建设基站,可以同时同频的实现多用户无干扰通信。大规模 MIMO 技术需要在基站配置上百或者几百的若干






天线数量为多个用户同时服务,如图 2 所示。与传统的 MIMO 技术相比具有较大的优势:

- 1) 随着天线数量不断增加,能有效的平均热噪声和信道快速衰落的信道硬化作用^[3],从而解决了延迟时间和避免用户陷入深衰落的现象。
- 2) 大规模的天线使用,能够满足同时同频的与多个或者单个基站在同频同时上进行通信,从而提高了较强的空间分别率。在天线阵列增益不断增加的同时能降低发射端的功耗。
- 3) 在配置交多天线的情况下,其检测器和线性预编码的性能将会处于较好的状态,同时能减少导频污染,降低预编码技术和信道模型,以及信号检测的难度。
- 4) 当天线的侧天线数远大于用户天线数时,基站到各个用户的信道将趋于正交,噪声和干扰将趋于消失,而巨大的阵列增益能够有效提升每个用户的信噪比,而 Massive MIMO 天线的设计,可以实现空间复用、空间分集和波束赋形增益的最大化,如图 3 所示。

2.3 绿色无线通信技术

在无线通信系统中基站的无线接入网 (C-RAN) 功耗占比约为 (50~80) %,对能源的消耗尤为突出,而绿色通信技术能有效地改善 5 G 网络的频谱效率和能量消耗,同时也是提高无线接入网 (C-RAN) 系统的节能技术,如图 4 所示。为了改善无线接入网的绿色通信技术,首先要合理使用耗能器件,由于基站的射频功耗比较大,且功放的线性和效率达不到理想的效果,严重影响的网

表 1 移动通信发展过程

	1G	2G	3G	4G	5G
年份	1980	1990	2000	2010	2020
功能	语音	短信	社交应用	在线、互动、游戏	多元化应用
应用设备					
发展过程	从无到有	从昂贵到便宜	从语音到数据	从低速到高速	从单一到多元
支持功能	<ul style="list-style-type: none">• 不支持数据• 基础语音业务• 模拟通信	<ul style="list-style-type: none">• (10~200) kbps• 语音和低速数据业务• TDMA & FDMA	<ul style="list-style-type: none">• 300 kbps~50 Mbps• 移动多媒体业务• CDMA	<ul style="list-style-type: none">• (100~150) Mbps• 移动宽带业务• OFDMA	<ul style="list-style-type: none">• 多样化关键能力指标• 移动互联网、物联网• 一组关键技术

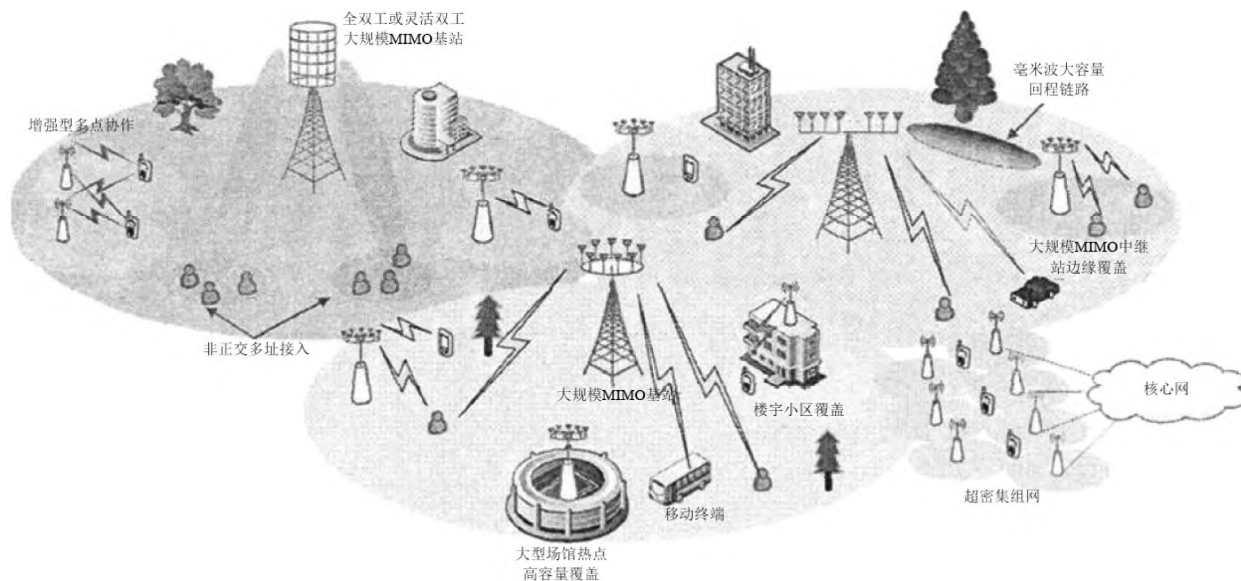


图1 多种技术相融合应用场景图

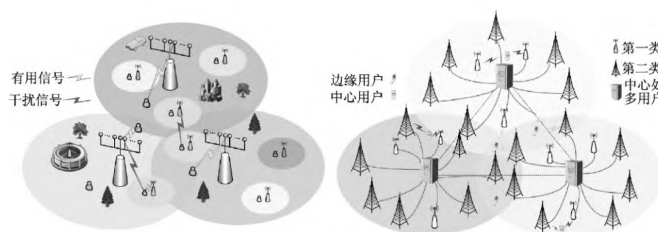


图2 大规模MIMO技术通信网络

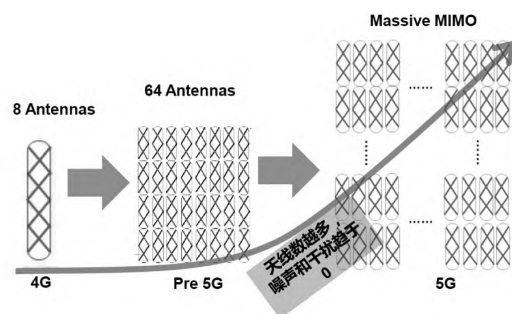


图3 Massive MIMO技术

络能量效率，所以优化功放单元的功耗是最为关键的。其次优化功率传输的链路，虽然在基站中功率传输的功耗比较小，但是能够合理的资源分配和高效传输，对无线网络的服务效率和能量效率起着关键性作用。从链路层面的角度分析，提高链路传输效率有传输性能、处理难度和无线资料三者与传输功耗的折中关系^[4]。最后是网络节能，基于异构无线网络如何进行高能效的部署超密集小站的UDN技术，且实现网络高能效运营拓扑结构控制和其他网络协调通信、资源分配、网络融合等问题。

2.4 毫米波技术

毫米波技术在国际标准3GPP R15/R16/

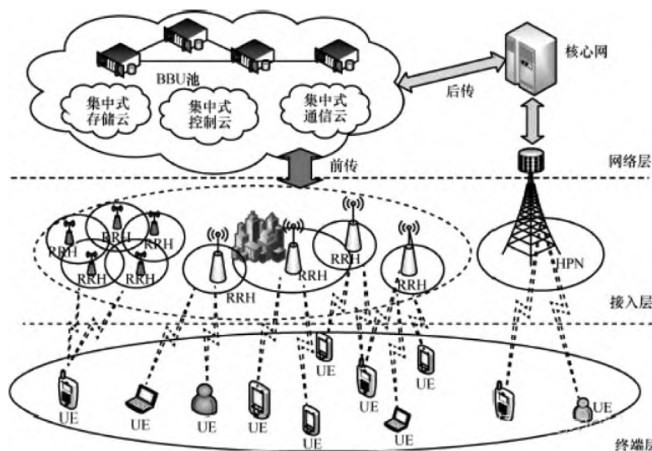


图4 C-RAN系统架构图

R17演进中不断扩大频率范围(从(24.25~52.6)GHz到(52.6~71)GHz)、载波带宽(可实现8个100MHz载波)、

应用领域（军民两用）等技术范畴^[5]，如图5所示。毫米波在组网方式上部署方式灵活，在实际产业上有实验效果显著的系统架构和硬件方案，也是首次在无线通信领域上实现。主要体现在毫米波如下几点技术优势：

1) 毫米波配置超大带宽和丰富的频率资源。当前的基站设备可以信号处理技术和载波聚合的方式实现超高的峰值速率。

2) 空口传输时延较低。目前 3.5 GHz 采用 0.5 ms 较长的时隙长度和 30 kHz 的子载波间隔。而 5G 毫米波只有 0.125 ms 时隙长度和 120 kHz 的子载波间隔，因此 5 G 毫米波的空口传输时延明显较低的优势。

3) 部署灵活性。毫米波可以独立或者与中低频段协同组网的方式，实现独立组网的应用优势和提高中低频段组网的低时延，超大带宽的特点。

毫米波还有受限的问题，就是穿透和传播损耗比较大，导致在某些间隔密集阻碍性比较大的场景存在覆盖不足，不适用大面积连续覆盖和移动速度快的场景。因此毫米波在宽阔无阻挡的场景覆盖效率和传播特性比较好，例如大型体育馆、大型

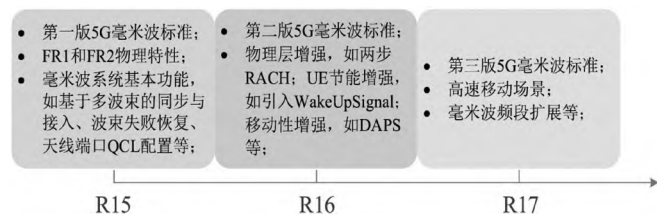


图5 3GPP R15/R16/R17 毫米波演进图

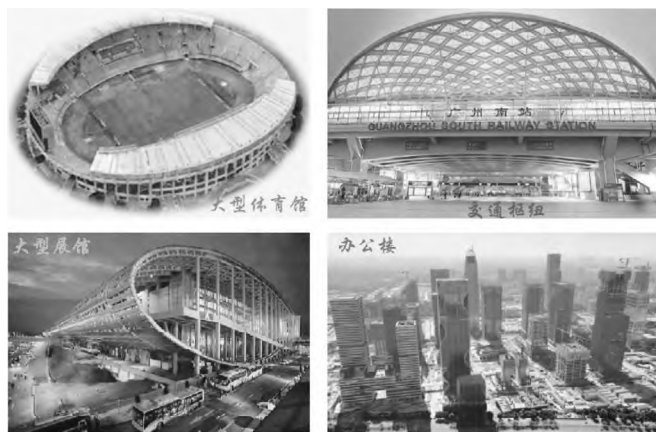


图6 毫米波典型应用场景

展馆、开放办公区等场景，如图6所示。

2.5 云计算技术

随着信息时代和数字经济的不断发展，需要增强无线通信网络的信息处理，在当前的网络传输已无法满足人们日常的需求，据统计在全球范围内网络接入数量已超过 500 亿，接近 600 亿的庞大数量。经过这几年 5 G 无线通信技术的不断发展，人们对服务终端设备、数据处理和存储能力、信息传输效率等要求越来越高。而云计算平台将对数据的存储、分析、计算、传输等使终端设备的传输效率和计算能力得到更大提升。5 G 无线通信系统作为通信领域的一种新开放模式和方法，必须结合云计算平台的优势进行大数据处理，并充分利用云计算技术 Paxos 算法解决分布式系统信息的一致性和使用 DHT 算法解决分布式网络在应用层的选路，以及 Cossip 协议中解决分布式环境下信息高效分发等核心算法，从而更有效的提高终端设备在通信系统的计算效率和传输速度，以及数据存储容量得到扩展，还能提高 5G 无线通信系统得到跟多用户的使用口碑和推广^[6]。

2.6 空口技术

随着移动通信系统的演化发展，空口技术带动了新一代 5 G 无线通信系统具有较好的数据处理能力和传输效率，以及带宽以 1 G/s 的惊人速度来传递信息，为大量用户提供更好的通信服务质量，同时结合传感器形成一个网络强大的通信系统来扩大覆盖面积。随着通信技术的发展趋势，5 G 空口技术路线可以分为低频空口和高频空口，5 G 低频新空口采用全新的设计，引入新型多址，新波形，大规模 MIMO，超密集组网，频谱共享，全频谱接入等先进技术，支持信令流程、双工方式、帧结构，有效满足大连接、覆盖面积广阔及高速场景下的体验时延、速率、能效及连接数的要求。而 5 G 高频新空口需要与低频段空口配合

组网形成有效的网络覆盖方式,对数据传输能力进行管理和控制;高频新空口作为低频新空口的有效补充覆盖,在高热点、高容量区域能有效为用户提供高速的数据传输^[7]。

3 结语

基于5G无线通信系统的新一代移动通信技术,主要是通过大规模MIMO技术和异构无线通信技术来提高数据传输能力和实现同时同频的多用户无干扰通信,这些与原来2G/3G/4G的传统通信系统相比具有传输速度快,系统性能强,网络稳定等特点。由于5G无线通信系统复杂,技术难度大,只依靠这些技术还是无法展现5G无线通信系统的优越性,需要在毫米波技术、绿色通信技术、云计算技术、空口技术等多种关键技术相结合才能发挥系统的有效能动性。

(上接46页)

现不一,复叠式热泵在低环温下的COP表现更优,而单级压缩热泵在高环温的COP表现更优,单级压缩热泵和复叠式热泵在最优能效切换点处于(10~20)℃环温区间附近,从实际运行节能性考虑,可为两种热泵系统切换提供控制依据。

参考文献:

- [1] 贺思一,何毅刚,许杰斌.5G无线通信系统的关键技术综述[J].集成电路应用,2021,38(6):92-93.
- [2] 苟坤.5G无线通信系统的关键技术分析[J].电信快报,2021,(8):26-28.
- [3] TULINO A M, VERDU S. Random matrix theory and wireless communications [J]. Communications & Information Theory, 2004, 1(1):1-182.
- [4] 肖潇,陶晓明,陆建华.基于高效无线接入网的绿色无线通信关键技术研究[J].电信科学,2012,27(11):75-83.
- [5] 徐霞艳.5G毫米波技术与应用场景浅析[J].数字通信世界,2022,(3):44-46.
- [6] 郑健海.面向5G移动通信系统的信道估计关键技术研究[D].江苏:东南大学,2017.
- [7] 张晓玲,何舒平,王良燕.探究面向5G无线通信系统的关键技术[J].北京印刷学院学报,2021,29(S2):250-252.

作者简介:

李越鳌(1989-),男,本科,电子科学与技术专业,助理工程师,主要研究方向:无线射频检测认证。

参考文献:

- [1] 习近平.在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[N].人民日报,2020-09-23.
- [2] 周宏春.主编.中国清洁供热产业发展报告2020[R].北京:中国经济出版社,2020.
- [3] 胡斌,王文毅,王凯,等.高温热泵技术在工业制冷领域的应用[J].制冷学报,2011,32(5):1-5.
- [4] 杨洪涛.一种复叠式高温热泵热水机组及其在工业制程上的应用[Z].北京,2010:84-88.
- [5] 周亮亮,李贺,白建民,等.低温环境下复叠式空气源热泵热水系统的实验研究[J].建筑科学,2013,29(4):10-14.
- [6] 罗荣邦,张鹏,王飞,等.闪发器热泵系统设计及试验研究[J].制冷与空调,2018,18(5):42-47.
- [7] 赵瑞昌,杨永安,刘园,等.复叠与双级压缩系统的模拟对比分析[J].低温与超导,2018,46(7):92-96.

作者简介:

张勇(1985-),男,本科,热能与动力工程专业,主要从事空气能热泵研发工作。