

文章编号:1001-893X(2012)08-1387-08

基于 LTE 技术的战术通信系统研究进展*

金红军

(中国电子科技集团公司第五十研究所,上海 200063)

摘要:概述了民用移动通信发展过程,总结了 LTE 技术的技术优势和发展前景,提出了利用 LTE 技术同步发展战术通信的新思想。目前战术通信已经不能满足多媒体业务发展的需求,逐步向着高速化、宽带化和网络化方向发展,美国战术通信发展很快,民用技术的军用化扮演了重要角色。LTE 技术符合战术通信的发展方向,但也存在移动性差、电波衰落大等问题,通过采用频率下移变换、小型化设计等技术,可以有效解决这些问题。利用 LTE 技术发展无线宽带战术通信具有十分重要意义,可以极大推动战术通信的发展,使战术通信发生根本性变革、跨越式发展。

关键词: LTE 技术;战术通信;频率变换;小型化设计

中图分类号: TN929.53; TN915.851 **文献标志码:** A doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2012.08.034

Development Progress of LTE – based Tactical Communications System

JIN Hong-jun

(The 50th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Shanghai 200063, China)

Abstract: The development process of civilian mobile communications is overviewed, the technical advantages and development prospects of the LTE technology are summarized, new ideas of the simultaneous development of tactical communication by use of LTE technology is presented. At present, tactical communications can no longer meet the needs of the development of multimedia services, and develop gradually toward the direction of the high – speed, broadband and network. U.S. tactical communications has developed rapidly, civil military has played an important role. LTE technology conforms the direction of development of tactical communications, but there are also poor mobility and the big decline of electromagnetic wave. Through the use of frequency conversion and miniaturization design, these problems can be effectively solved. Using LTE technology to develop new tactical communications has a very important significance, which can greatly promote the development of tactical communications, and make the tactical communications change fundamentally and realize leap frog development.

Key words: LTE technology; tactical communications; frequency conversion; miniaturization design

1 引言

随着新军事变革理论与实践的不断发展,特别是在现代局部战争中呈现出来的高技术、信息化、数

字化的特点使未来的军事斗争形式发生了巨大变化,与信息化作战相适应的 C4ISR 系统在战争中的地位和作用越来越重要,以武器平台为中心的战争逐渐转化为以网络为中心的战争^[1],逐步向着高速化、宽带化和网络化方向发展,以窄带、低速为特征

* 收稿日期:2012-03-12;修回日期:2012-05-21
基金项目:中国电子科技集团公司预研基金资助(201062501029)
Foundation: China Electronics Technology Group Corporation Advance Research Fund(No.201062501029)

的战术通信系统已经很难完成这种使命,同时,智能化水平低、互操作能力差、业务能力不足等问题,都存在很大差距,与信息战的要求相比还相差甚远。这些问题也就给未来战术通信系统提出了新的、更高的要求,即要构建适合于多媒体业务的、充分考虑机动性和网络化需求的无线宽带战术通信系统。

与军事通信落后发达国家相比,这些年我国民用移动通信可谓突飞猛进,在短短 10 多年就已发展成为移动通信大国,不仅是世界最大的移动通信市场,而且拥有具有自主知识产权的 TD-SCDMA 3G 移动通信国际标准和 TD-LTE 准 4G 移动通信国际标准,在民用移动通信事业蓬勃发展中,国内市场储备了巨大的技术资源,一些关键技术水平与发达国家已站在同一起跑线上,一些尖端技术为军事通信提供了广阔的应用前景,如采用 OFDM、MIMO 为关键技术的 LTE 技术,采用全 IP 体系架构,可以提供 100 Mbit/s 的峰值速率,实现了语音和数据业务的一体化发展,是未来战术通信最具应用前景的技术之一。随着民用移动通信技术,特别是 LTE 技术的迅猛发展,民用技术将成为当今世界各国发展军事技术的一大趋势,将先进的 LTE 技术引入战术通信领域,使之融合为一体、共同发展,将是我们今后重要的研究内容。

2 美国战术通信技术发展^[2-3]

美国战术通信技术发展很快,其现役的战术无线电通信系统是美军进行信息技术革命,提高作战效率,并最终实现军队数字化的重要基础。其中最具有代表性的有“辛嘎斯(SINCGARS)”无线电系统、增强定位报告系统(EPLRS)、21 世纪部队旅及旅以下作战指挥系统(FBCB2)、联合战术无线电系统(JTRS)、全球移动信息系统(GloMo)、指战员信息网-战术部分(WIN-T)和战术个人通信系统等。

JTRS 是为陆、海、空各军兵种指战员提供横向和纵向跨频段的网络连接,是数字化战场中作战人员通信联络的主要手段,支持美军未来的“2010 联合构想”。

GloMo 项目是美国国防高级研究计划局(DARPA)于 1994 年提出的,目的是充分利用商用技术来提高 C4I 系统的效能,以满足未来国防移动信息系统的灵活性、通用性和互通性需求。其研究范围涉及移动组网、自适应无线电技术和网络应用等

方面。该项目开发的无线自适应移动信息系统(WAMIS)是一种在多跳、移动环境下支持多媒体业务的分组无线网。美军希望通过该项目能够为战斗单元提供增强的网络连接和多媒体信息服务,支持网络的快速部署和自恢复,支持动中通,利用各种陆地和空间通信设施,使各种战斗无线电台能够接入大容量干线网并与全球陆地移动通信网络相连,从而构成全球栅格状战区通信网。该项目强调“军民协同”发展军事移动信息系统的重要性,强调系统对信息流量、用户数量和网络带宽的适应性以及具有较强的抗干扰能力。

WIN-T 项目是美陆军一次大规模的战术通信计划,是充分采用商用技术用于传输话音、数据和视频的 21 世纪战术通信系统,它将构成下一代高级战术互联网,为陆军部队提供一个集成的、灵活、安全、生存能力强、无缝连接的多媒体信息支撑系统。

战术个人通信系统希望提供用于演示的 3G、4G 个人通信系统(PCS)的样机。该项研究要解决战术移动通信应用中的技术难点,并满足陆军战术通信系统的需求,在该计划中,大量应用符合 CDMA2000、UMTS 标准的设备,提供个人通信设备(PCD)。预期到 2012 年把 3G 战术个人通信系统发展成 WIN-T 结构,到 2015 年实现 4G 水平。

在 20 世纪 60 年代,美国军事研发经费占美国总经费支出的一半,到 70 年代下降到 1/3,而现在还不到 15%。但是,美国的军事技术不但没有停滞不前,反而获得了突飞猛进的发展,仅用了 30 多年时间,便打造成了基本信息化的军队。目前,美军所有的主战武器发射平台,全部应用了信息化技术;地面部队的每一个战斗班,均配有卫星定位系统接收装置。五角大楼声称,伊拉克战争,美空军、海军的信息程度达到 70%,地面部队也达 50% 以上。有专家估计,再用 10 年左右时间,美军将会率先成为世界上完全信息化的军队。美军信息化建设取得如此迅速的发展,民用技术的军用化扮演了重要角色,是其成功的关键。

3 我国民用移动通信技术的发展^[4-8]

3.1 我国移动通信技术的演进

我国移动通信的发展经历了从模拟到数字的过程,包括:基于 FDMA 技术的 TACS、AMPS 等第一代(1G)模拟移动通信系统,仅限于语音通信,实现了

具有频率可重复使用的蜂窝结构、不间断通话的越区切换、全区漫游的自由接入等功能,这是对移动通信发展的最大贡献;基于 FDD、TDMA 技术的 GSM、GPRS 等第二代(2G)数字移动通信系统,其重要的标志就是数字技术,具有频谱利用率高、系统容量大、提供业务种类多、兼容性好等优点,可进行语音和数据通信;基于 WCDMA、TD-SCDMA 技术的第三代(3G)移动通信系统,以及未来基于 OFDM 技术的 LTE 第四代(准 4G)移动通信系统,可进行当前通信业务和一些新业务,用于无缝全球漫游,是向未来个人通信演进的一个重要发展阶段,具有里程碑意义。其中 3G、4G 移动通信系统追求的主要目标是高速率、大容量和广覆盖。

第二代 GPRS 移动通信系统提供中速数据传输的能力,从 54 kbit/s 到 114 kbit/s;第三代 3G 移动通信系统提供的最高数据传输速率只有 2 Mbit/s,在数据需求高速增长的今天显然是不具有吸引力的,用户对移动通信网络的速率要求越来越高,尤其 WiFi 和 WiMAX 等无线宽带接入方案的迅猛发展,给传统移动运营商带来了前所未有的挑战,促使移动运营商加快现有网络演进,提供新的无线宽带网络接入技术。为此,3GPP 在 2004 年底经过认真的讨论,决定采用 B3G 或 4G 的技术来使用 3G 频段,制定了 LTE(Long Term Evolution)长期演进计划,作为下一个移动宽带网络标准。LTE 采用 OFDM 及 MIMO 技术,极大地提高了系统带宽,在 20 MHz 频谱带宽下能够提供下行 100 Mbit/s 与上行 50 Mbit/s 的峰值速率,改善了小区边缘用户的性能,同时提高了小区的容量,降低了系统延迟,可以实现移动高清电视和互动游戏等视频业务,更高的带宽预示着移动多媒体时代的到来。从民用移动通信系统的发展历程来看,第一代移动通信系统的任务已经完成,现在是第二代移动通信系统的时代,今后 10 年将是 3G 移动通信系统发展的时期,10 年以后将是第四代移动通信的天下。

3.2 聚焦 LTE:LTE 的技术特色和优势

随着人们对移动通信系统各种需求的与日俱增,目前 2G、2.5G、3G 等移动通信系统还是不能满足现代移动通信日益增长的高速多媒体数据业务需求,全世界通信业的专家们将目光更远地投向了第四代移动通信,以期最终实现无线蜂窝网络、无线局域网、蓝牙、广播、卫星通信等网络无缝衔接和兼容,

真正实现“任何人,在任何地点,以任何形式接入网络”的梦想。在移动通信中,TD-SCDMA 是我国拥有自主知识产权的 3G 标准之一,TD-LTE 作为 TD-SCDMA 的演进技术,是对 TD-SCDMA 原有关键技术的继承和进一步创新,在我国未来移动通信演进中将会尽可能地采用 TD-LTE 技术,TD-LTE 是第一个 4G 无线移动宽带网络数据标准,由中国最大的电信运营商——中国移动修订与发布。目前我国 LTE 技术处于业界领先水平,2008 年 4 月华为在 2008 美国无线通信展上全球首次演示了基于第四代基站的 WCDMA/LTE 和 CDMA/LTE 双模业务,同年 10 月华为成为全球首个顺利完成 LTE 多用户移动性测试的设备供应商,2009 年 1 月与爱立信一起同瑞典电信运营商 TS 签署了世界首个 4G/LTE 商用网络合同;2009 年华为在亚洲、欧洲和北美等地帮助运营商建设了 LTE 实验局,并进行大规模的外场测试,取得了上佳表现;2010 年世界移动通信大会主题为“美梦成真”,在这次大会上,4G 时代的核心技术 LTE 成为关注的焦点;2010 年上海世博会也成功展示了 TD-LTE 技术,中国移动在世博园建成的全球首个 TD-LTE 演示网,是上海世博会上的最大科技亮点;2010 年底启动的 6+1 城市规模技术试验,基本顺利完成。2012 年 1 月 18 日,作为全球最新宽带无线通信技术体系中我国唯一拥有核心知识产权的技术标准,由我国主要提交的 TD-LTE 正式被国际电信联盟(ITU)确定为第四代移动通信(4G)国际标准之一。科技部部长万钢如此评价:“作为 TD-SCDMA 的后续演进型技术,TD-LTE 是我国新时期科技创新的又一重大成果,确立了中国在新一轮信息产业国际标准和产业竞争中的重要地位,标志着中国在信息通信领域的自主创新能力得到了又一次飞跃。”这一切都充分表明了 LTE 的发展优势、魅力和地位,具备了大规模商用的技术基础和能力。

LTE 的技术特色是采用了 OFDM(正交频分复用)技术体制。与 CDMA 技术相比,OFDM 技术具有频谱效率高、带宽扩展性强、频域资源分配方便、抗多径衰落、易与 MIMO 技术结合的优点;由于调制技术和误码处理的灵活性,LTE 可以在较宽的 SNR 范围内有效工作;采用 MIMO 技术可进一步增强数据传输能力。LTE 在技术上的重大创新,使得在 20 MHz 频谱带宽下能够提供下行 100 Mbit/s 与上行 50 Mbit/s 的峰值速率,给人无限的震撼、憧憬和吸

引。其主要优势有如下几点。

(1)采用 OFDM 技术,抗多径干扰能力强

无线电波遇到各种反射物体会产生反射波和折射波,这些反射波与折射波会使原信号产生波形展宽、波形重叠和畸变,这被称为多径干扰。在无线通信中,抗多径干扰问题一直是难以有效解决的问题。OFDM 是一种无线环境下的高速传输技术,其基本原理是将高速数据信号分成并行的低速数据,然后在—组正交的子载波上传输,在频域内将信道划分成若干个互相正交的子信道,每个子信道均拥有自己的载波,分别对其进行调制,信号通过各个子信道独立地进行传输,如果各个子信道的带宽被划分得足够窄,每个子信道的频率特性就可近似地看作是平坦的,即每个子信道都可看作无符号间干扰的理想信道,这样,在接收端不需要使用复杂的信道均衡技术即可对接收信号可靠地进行解调,从而达到有效的抗多径干扰。

LTE 上下行链路分别选择 OFDMA 和 SC-FDMA 无线接入方式。OFDMA 这种多载波通信技术具有对抗信道频率选择性衰落的强大优势;SC-FDMA 是在发射端采用单载波调制技术,而在接收端采用频域均衡的接收技术,这样具有更低的峰均比(PAPR)。

(2)采用 MIMO 技术,传输速率大幅提升

MIMO(多输入多输出)技术是一种典型的多天线技术,在不需占用额外的无线电频率的条件下,利用多经来提供更高的数据吞吐量,并同时增加覆盖范围和可靠性,分为空间复用、空间分集和波束赋形等类型。通过空间复用,可以大大提高系统容量和峰值速率;通过空间分集,则可以提高信道的可靠性和覆盖面增加,降低信道误码率;通过波束赋形,可以有效改善信道衰落,提升信号质量,降低用户间干扰,提高网络容量及频谱效率。MIMO 技术解决了当今任何无线电技术都面临的两个最困难的问题,即速率和覆盖问题,其信道容量随着天线数量的增大而线性增大,也就是说,可以利用 MIMO 信道成倍地提高无线信道容量,在不增加带宽和天线发射功率的情况下,频谱利用率可以成倍地提高。MIMO 技术是提高系统传输速率的最主要手段,同时也是提高小区边缘数据速率和系统性能的主要手段。MIMO 天线的基本配置是下行 2×2 、 4×4 ,上行 1×2 。因此,MIMO 技术的魅力在对于存在的多径衰落等不利因素变成对通信性能有利的增强因素,利用随机衰落和可能存在的多径传播来成倍地提高业务

传输速率。

(3)采用智能天线技术,提高了信噪比

智能天线(SA)技术是由多根天线阵元组成的天线阵列,具有抑制信号干扰、自动跟踪以及数字波束调节等功能,采用数字信号处理技术,产生空间定向波束,使天线主波束对准用户信号的到达方向,旁瓣或零陷对准干扰信号的到达方向,以达到充分利用移动用户信号并消除或抑制干扰信号的目的,从而提高信噪比和通信质量。智能天线最普通的用途为波束赋形。

(4)采用软件无线电技术,系统融合性更好

软件无线电(SDR)技术是将标准化、模块化的硬件功能单元经过一个通用硬件平台,利用软件加载方式来实现各种类型无线电通信系统的一种具有开放式结构的新技术。采用软件无线电实现的基站可同时为多个网络服务,有助于不同标准和系统的融合。

(5)采用全 IP 网络架构,通用性更好

采用全 IP 网络架构,真正实现了语音和数据业务的融合,将无线语音和无线数据综合到一个技术平台上,都由 IP 包来承载传输,语音和数据再没有区分或区别;IP 的引入,也将改变移动通信的业务模式和服务模式;节约成本,提高了通用性、可扩展性和灵活性,使网络运作更有效率。

(6)优化的 QoS 机制,实现永远在线

LTE 系统具有高速、突发的特征,为有效提高用户体验,减小业务建立的时延,真正实现用户永远在线,引入了默认承载的概念,即在用户进行网络附着的同时,为该用户建立一个固定数据速率的默认承载,保证其基本的业务需求;简化了 QoS 参数定义,减少了网元之间 QoS 参数传递的数量;同时,对 QoS 协商机制也进行了优化,取消了专用信道的概念,采用共享信道的机制,以及更灵活的动态调度机制,不允许进行多次 QoS 的协商,从而提高信令交互的效率。

(7)支持多种无线接入技术,互联互通能力强

LTE 系统将是一个集无线蜂窝网络、卫星网络、无线局域网、蓝牙、广播电视网络等系统和固定的有线网络为一体的结构,各种类型的接入网通过媒体接入系统都能够无缝地接入基于 IP 的核心网,形成一个公共的、灵活的、可扩展的平台;除了支持 3GPP 定义的无线接入技术外,还支持非 3GPP 定义的无线接入技术,如 WiFi、WiMAX、WLAN 等,为多种不同制式的技术互通创造了条件。

3.3 LTE 系统网络架构^[9-13]

LTE 系统网络架构如图 1 所示,采用扁平化的全 IP 架构,由演进 UTRAN(E-UTRAN)和演进分组核心网(EPC)组成。E-UTRAN 完全由多个基站(eNode B)的一层结构组成,实现移动用户(UE)的无线接入承载控制、无线资源管理和移动性管理等功能,取消了现有 UTRAN(UMTS 陆地无线接入网)传统的无线网络控制器(RNC),这样,就不用对接入节点进行汇集,网元数目减少,网络更加扁平化,部署简单容易维护。基站(eNode B)之间通过 X2 逻辑接口互相连接,组成 Mesh 网络,增强网络的可靠性和移动性;基站(eNode B)与核心网之间通过 S1 逻辑接口互相连接,每个基站(eNode B)同时可以与多个核心网互相连接。演进分组核心网(EPC)主要由移动管理实体(MME)、服务网关(S-GW)、分组数据网网关(PDN-GW)和归属用户服务器(HSS)等构成,实现用户及会话管理控制、鉴权、数据转发和路由切换选择等功能。

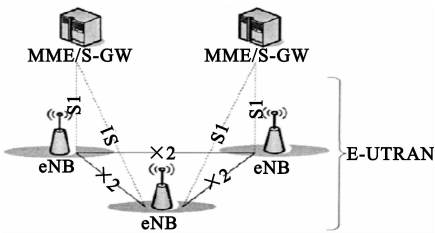


图 1 LTE 网络架构
Fig.1 LTE network architecture

LTE 系统的关键设计目标是网络完全基于分组交换的,摒弃了在 2G、3G 网络中存在的双核心网结构,即语音核心网和数据分组核心网,分组核心网成为管理 UE 移动性和处理信令的唯一的核心网,各种业务可以通过 IP 多媒体系统(IMS)提供给移动用户,因此,宽带 IP 网络结构是 LTE 系统网络结构及设计思想的基石。

3.4 LTE 系统网络实体和主要功能

演进 UTRAN(E-UTRAN)和演进分组核心网(EPC)的功能划分如图 2 所示,LTE 系统网络实体由基站(eNode B)、移动管理实体(MME)、服务网关(S-GW)、分组数据网网关(PDN-GW)、归属用户服务器(HSS)和移动用户(UE)等几部分组成,其中,图 2 各实体中的实线方框图描绘无线协议层,虚线方框图描绘控制平面的功能实体。

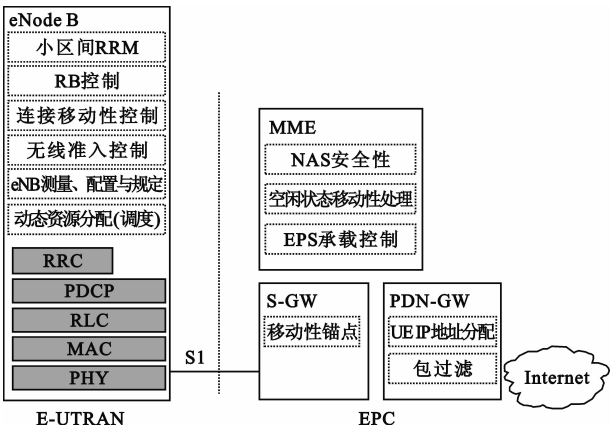


图 2 演进 UTRAN(E-UTRAN)与演进分组核心网(EPC)的功能划分
Fig.2 Function split E-UTRANA and EPC

基站(eNode B)由基带控制单元和射频拉远单元组成,最大支持3 600个连接用户,主要负责:

- (1)实现无线资源管理、无线承载控制、无线准入控制、连接移动性控制、上下行对用户动态资源分配(调度);
- (2)IP 头压缩和用户数据流加密;
- (3)当无法根据 UE 提供的路由信息到一个 MME 时,选择 UE 附着着的 MME;
- (4)提供用户平面的数据到服务网关的路由;调度、发送寻呼和广播信息;
- (5)在上行链路中,进行传送等级包标记等功能。

移动管理实体(MME)主要负责用户及会话管理的所有控制平面功能,UE 的位置管理和移动性管理,以及完成 UE 与任何 IP 节点之间的信息承载的建立,包括 NAS(非接入层)信令及其安全、AS(接入层)安全控制、跟踪区域列表的管理、S-GW 和 PDN-GW 的选择、空闲模式下移动用户(UE)可达性、漫游和鉴权、承载管理(包括专用承载的建立)。

服务网关(S-GW)是一个终止于 E-UTRAN 接口的网关,是一个用户面功能实体,负责为 UE 提供承载通道来完成数据的传送、转发以及路由切换等,包括数据包路由和转发、对于基站间处理的本地移动性锚点、对于 3GPP 间移动性的移动性锚点、上下行传输层数据包标记、合法监听。

分组数据网网关(PDN-GW)作为外部 PDN 网络会话的锚点,是连接外部数据网的网关,UE 可以通过连接到不同的 PDN GW 访问不同的外部数据网,主要负责:基于每个用户的数据包过滤、合法监听、移动用户(UE)的 IP 地址分配、上下行传输层数

据包标记。

4 LTE 系统存在的问题和对策

4.1 基站(eNode B)之间不能进行无线通信

如图 1 所示,基站(eNode B)和核心网等设备都是固定式的,基站(eNode B)与基站(eNode B)之间通过 X2 逻辑接口只是传输一些信令或控制信息,基站(eNode B)通过核心网传输和交换数据信息。传输线路都是同轴电缆或光纤电缆等有线媒介连接,需要建设大量基础设施和铺设大量有线线路,基站之间不能通过无线信道直接通信连接和服务。这样,对于战术通信的应用带来很大困难,失去了战术通信网络的机动性和灵活性。另外,在现行的 LTE 系统中,移动用户(UE)与基站之间的通信采用的是非对称的上下行通信体制,即基站发送信号时采用 OFDMA 调制技术,而基站接收时采用 SC-FDMA 解调技术,这又从根本上导致了基站之间不能直接进行无线通信。

因此,必须采取措施,构建基站(eNode B)之间的无线链路,一种方法是采用对称上下行通信体制,这种方法改动较大,难度比较高;另一种方法是在基站内增加相关模块,实现基站双向 OFDMA/SC-FDMA 技术体制。通过这些方法可以实现基站之间的无线直接互联。

4.2 民用频段,电波衰落大,要频率下移

我国无线电管理委员会分配给 LTE 系统的工作频段为 1.9/2.0 GHz、2.3/2.5 GHz,属于特高频(UHF)频段(300 MHz~3 GHz),频率较高,电波以直线波方式传播,波长较短,基本没有绕射能力,但电波不受电离层等天体变化的影响,稳定性比较好,具有较宽的带宽,传输速率比较高,可达每秒百兆比特级。在传播途中易受到障碍物的阻挡(地球表面曲面也是阻挡视线的障碍)影响,电波衰落比较大,使得传播距离一般被限制在视线距离范围之内,传播距离一般在几千米,尤其在山区通信时,这种影响可能更大,电波衰落更明显,通信距离就更近,因此,一般必须保证通信节点间无阻挡。另外,民用频段用户比较多,频率拥挤,相互干扰比较大,一般不适合于军事通信。

因此,对于战术通信一般要避免民用通信频段,避免相互干扰,尽量选择电波传播损耗小和具有一定绕射能力的频段,同时,要考虑 LTE 系统的宽

特点。综合考虑,选择 UHF 频段的低端(300 MHz~1 GHz)进行频率下移变换是最佳的选择。

4.3 核心网体积庞大,移动性差,要小型化设计

基于民用电讯技术架构的核心网是网络交换控制的核心,所有数据交互和控制的实现都由核心网来完成,以固定模式设计,设备种类多,体积庞大,重量太重,功耗太大。其中典型设备有:移动管理实体(MME)最大功耗 1 700 W,重量 95 kg,体积 14 U(1U=44.45 mm);服务网关(S-GW)/分组数据网网关(PDN-GW)最大功耗 2 100 W,重量 128 kg,体积 20 U;归属用户服务器(HSS)最大功耗 1 700 W,重量 95 kg,体积 14 U。另外,很多功能,如与 2G、3G 网络的兼容接入接口、计费功能,以及过多的冗余设计等,都增加了系统的复杂性,对于战术通信来说并不一定需要,这种体系结构是无法满足战术通信移动性和车载系统的要求。

因此,对于核心网要进行小型化设计,通过核心网(MME、S-GW、P-GW、HSS、PCRF 等)设备和基站(eNode B)设备的一体化设计,构建一套小型化移动基站,实现在结构上大幅简化,重量上大幅减轻,功耗上大幅降低,便于战术通信使用。

4.4 建立安全中心,提升安全防护水平

LTE 系统相对第一、二、三代移动通信在安全方面有所加强,但由于商业成本原因,还存在一些安全漏洞,同时,应用于战术通信要求就更高,必须重新设计专用密码体系,增加安全防护等级,建立一个安全中心,独立地完成双向鉴权、端到端、数据加密等功能。

5 LTE 技术推动战术通信技术发展

5.1 战术通信技术发展的趋势和需求

为了适应信息化战争的新变化和新需求,满足作战指挥对实时传输战场态势的需求,战术通信技术逐步向着高速化、宽带化和网络化方向发展^[14]。网络结构从最初的点对点结构发展为树状、星状、环形状等多种形态,目前正朝着扁平化、网状网方向发展;无线技术从窄带、低速不断向宽带、大容量、高可靠性方向发展,OFDM、MIMO 等高速传输技术在未来战术通信中将占据主要地位;交换技术经历了从模拟空分交换、电路交换到分组交换的演变,业务承载方式由业务独立承载发展为业务综合承载,IP 交

换、动态路由将是现代战术通信网络的必然选择。战术通信从初期的以话音通信为主,到目前以数据通信为主,数据与话音并重,再到现在要实现话音、数据、图像、视频等综合业务的支持,尤其是未来对视频业务的需求和增加,信息量将会急剧膨胀,这对战术通信就提出了更新更高的要求。另外,从美军移动通信系统发展的历程与趋势看,民用技术军用化也是新军事变革的内在要求和必然趋势。

5.2 战术通信技术发展的主要问题

目前,战术通信技术发展存在的主要问题:一是山中通能力差,遇到高山阻挡,通信性能大幅下降;二是动中通能力差,在移动过程中,网络拓扑结构发生变化,系统自组织能力差;三是抗干扰能力差,干扰源主要是敌方空投、工业环境或自身干扰,系统适应能力差;四是大数据传输能力差,传输速率都太低,作战反应时间长,不适应图像指挥需求。这些问题经过几年的努力,状况正在逐步得到改善,但大容量信息要求矛盾更加突出,需要采用一些新技术、新体制、新方法来解决这些问题。

5.3 LTE 技术成就战术通信技术发展新高度

LTE 技术并没有脱离以前的通信技术,而是以传统通信技术为基础,并利用了一些新的通信技术,来不断提高无线通信的网络效率和功能。与传统的通信技术相比,LTE 技术最明显的优势在于通话质量及数据通信速度,其最大数据传输速率达到 100 Mbit/s,这将为人们提供一种超高速无线网络,一种不需要电缆的信息超级高速公路——“空中信息公路”,这种新网络可使移动用户以无线及三维空间实境连线。

LTE 的关键技术包括高速信道传输技术;抗干扰性强的快速接入技术、调制和信息传输技术;高性能、小型化和自适应阵列智能天线;软件无线电、网络结构协议等,这些技术都具有无与伦比的技术优势,这些核心技术应用到战术通信,将极大推动战术通信技术发展到新高度,同样会产生无与伦比的技术优势,使战术通信系统具有网络结构高度可扩展,具有良好的抗噪声性能和抗多信道干扰能力,可以提供无线数据技术质量更高、速率更高、时延更小的服务和更好的性能价格比,使战术通信技术真正迈向数字化、高速化、宽带化和网络化的新时代。

5.4 基于 LTE 技术的战术通信网络架构

基于 LTE 技术的战术通信系统采用分层分布

式栅格状网络结构,如图 3 所示,网络分成 3 层:接入网、骨干网和中继。接入网络层由移动用户(UE)组成,以无线方式、随机接入所属移动基站,实现点到点通信连接或漫游功能;骨干网络层由小型化移动基站组成,移动基站之间采用 Mesh 网络构建骨干网络,以有线、无线和卫星方式覆盖整个作战区域,实现移动用户(UE)的随机接入控制;中继网络层由卫星通信组成,当受地形等因素的影响而使通信受到限制时,利用卫星信道可实现移动基站间的互连,这样可在整个区域内实现横向和纵向传输无缝连接,实现移动基站对整个通信保障区域的全覆盖。通过这三层网络的综合运用,可以构建分层、分布式、一体化的战术通信网络架构。这种网络结构的移动性和抗毁能力好,快速部署能力强,解决了平面分布式网络的用户容量有限问题,网络覆盖范围得到了极大扩展;提供了高速率、高带宽的能力,可以适用于传输话音、数据、图像和视频等多媒体业务信息;移动用户的接入和使用是便捷的、无缝的、持续的、安全的和可靠的,并可提供有等级的传输、计算和信息服务,实现了移动用户的高效实时性要求。这样的网络可靠性高、组织运用灵活、操作简单,同时其自组织特性也可以减少网络规划负担,可以支持在没有操作员情况下的任务重构。

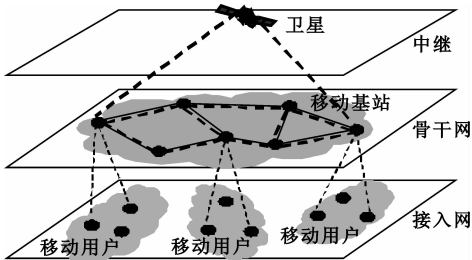


图 3 基于 LTE 技术的战术通信网络架构
Fig.3 Tactical communications network architecture based on LTE technology

6 结束语

高速化、宽带化和网络化是未来战术通信发展的方向和趋势,LTE 技术使这种理想成为现实,通过 LTE 频率下移变换和小型化设计技术构建的新型战术通信系统,工作在军用频段,电波传输特性更加稳定和可靠,在体积、重量、功耗上都大幅降低,可满足战术通信机动性和车载性要求,可自动适应无线电干扰、移动随机接入、网络拓扑变化,以及其他环境

要素的变化,使网络生存性大大提高,覆盖范围得到极大延伸,传输速率百倍增长,真正具备了高速率、高宽带和网络化的能力,实现了语音、数据、图像和视频等多媒体业务的传输需求。可以预见,先进的 LTE 技术正在带来信息产业新的革命,并成为国际竞争的制高点, LTE 技术军用化同样带来战术通信产业新的革命,可以极大推动战术通信高速发展,使战术通信发生根本性变革、跨越式发展。下一步研究的内容主要是 MIMO 技术容量分析、山区传输性能分析及验证。

参考文献:

- [1] 张洪涛,刘倩男.美军面向未来的 C4KISR 系统及其发展策略[C]//2006 军事电子信息学术会议论文集.武汉:中国电子学会军事电子信息专业委员会,2006:1093-1096.
ZHANG Hong-tao, LIU Qian-nan. The U. S. military for future C4KISR system and its development strategy[C]//Proceeding of 2006 Military Electronics Conference Proceedings. Wuhan: Chinese Institute of Electronics, Military Electronics Information Professional Committee, 2006: 1093-1096. (in Chinese)
- [2] 赵静,李瑛,贺玉寅.美军通信与指控装备体系结构的发展及对我们的启示[C]//2006 军事电子信息学术会议论文集.武汉:中国电子学会军事电子信息专业委员会,2006:813-817.
ZHAO Jing, LI Ying, HE Yu-yin. The development of U. S. military communications and allegations equipment architecture and The inspiration [C]// Proceeding of 2006 Military Electronics Conference Proceedings. Wuhan: Chinese Institute of Electronics, Military Electronics Information Professional Committee, 2006: 813-817. (in Chinese)
- [3] 何明,姜志平,赵勇.美军下一代高级战术互联网体系结构发展研究[J]. 指挥控制与仿真,2010,32(6):121-123.
HE Ming, JIANG Zhi-ping, ZHAO Yong. Structural Development of The U. S. Next-generation Advanced Tactical Internet System[J]. Command Control & Simulation, 2010, 32(6):121-123. (in Chinese)
- [4] 张新程,田韬,周晓津,等. LTE 空中接口技术与性能[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.
ZHANG Xin-cheng, TIAN Tao, ZHOU Xiao-jin, et al. LTE Air Interface Technology and Performance[M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press, 2009. (in Chinese)
- [5] 黄韬,刘韵洁,张智江,等. LTE/SAE 移动通信网络技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.
HUANG Tao, LIU Yun-jie, ZHANG Zhi-jiang, et al. LTE/SAE Mobile Communications Network Technology[M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press, 2009. (in Chinese)
- [6] 王志勤. 宽带无线移动通信发展[J]. 电信工程技术与标准化,2009,22(10):1-3.
WANG Zhi-qin. Broadband Wireless Mobile Communication Development[J]. Telecommunications Engineering Technology and Standardization, 2009, 22(10):1-3. (in Chinese)
- [7] 孙昀. TD-LTE 业务和终端现状及发展趋势[J]. 电信工程技术与标准化,2010,23(12):13-16.
SUN Yun. TD-LTE Business and Terminal Status Quo and Development Trend [J]. Telecommunications Engineering Technology and Standardization, 2010, 23(12):13-16. (in Chinese)
- [8] 丁市召,张祖凡. LTE-Advance 中 OFDM 技术的研究进展[J]. 电讯技术,2010,50(4):112-116.
DING Shi-zhao, ZHANG Zu-fan. Research Progress of OFDM technology in the LTE-Advance[J]. Telecommunication Engineering, 2010, 50(4):112-116. (in Chinese)
- [9] 3GPP TS 36.300 v10.2.0, Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network(E-UTRAN)[S].
- [10] 3GPP TS 36.201 v10.0.0, Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA)[S].
- [11] 3GPP TS 36.401 v10.0.0, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network(E-UTRAN)[S].
- [12] 3GPP TS 36.410 v10.0.0, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network(E-UTRAN)[S].
- [13] 3GPP TS 36.420 v10.0.0, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network(E-UTRAN)[S].
- [14] 于全. 战术通信理论与技术[M]. 北京:电子工业出版社,2009.
YU Quan. Tactical Communications Theory and Technology [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2009. (in Chinese)

作者简介:

金红军(1963—),男,山东泰安人,1989 年获硕士学位,现为研究员,主要研究方向为通信网络技术和无线宽带技术。

JIN Hong-jun was born in Tai'an, Shandong Province, in 1963. He received the M. S. degree in 1989. He is now a senior engineer of professor. His research concerns communication network technology and wireless broadband technology.

Email: jinhongjun50@163.com