

在极端天气和环境条件下的无线通信保障研究和探索

王 颖

广西公安计算机通讯技术研究所 广西南宁 530028

摘 要: 在极端天气及环境条件下,无线通讯会遭遇不少难题,譬如信号衰减,传送中断,装置耐久度等等,要想让无线通讯保有稳定可靠的表现。本文就极端天气及复杂环境条件下无线通讯保障的相关策略和技术展开探究,研究探讨了不同天气情况下的通讯体系表现,提出了顺应调节、先进的抗干扰手段、环境认识手段等应对方法。而且联系真实应用状况,分析了现代无线通讯技术在极端环境里实际使用的现状及其发展趋向,最终,对往后无线通讯保障的研究方向进行了展望,特别着重表现出多领域配合,技术融合的重要性。

关键词: 极端天气;无线通信;保障技术;信号衰减;环境感知

引言

无线通信技术在各领域中迅速发展的同时,其使用也越来越广泛,在一些关键性领域如应急通信、灾害处理方面等方面,无线通信系统的稳定性与可靠性显得尤为关键,但遇到极端天气以及恶劣环境时,通信信号被削弱并受到干扰且系统内设备出现损坏等情况会使得系统无法正常开展其通讯工作,有时还会发生严重故障现象。恶劣的天气条件包括暴风雨、极冷天气、沙尘暴等恶劣气候以及高海拔地区、极地等特殊环境都给无线通信系统带来极大威胁。极端天气和恶劣环境条件下要确保有效实施无线通信保障的任务成为当前所要讨论的重点问题之一。

一、极端天气与环境对无线通信的影响

(一) 极端天气对无线信号传输的影响研究

无线通信的基础在于电磁波信号的传播,而这些信号穿过不同的环境介质时,会受到诸多因素的干扰,极端天气状况,比如暴雨,雪暴,沙尘暴,雷暴等,会对无线信号的传递性能造成极大影响,降水,雾霾,风暴之类的因素都会致使信号衰减,雨水颗粒以及雪花这类大气中的水分会使得电磁波发生散射和吸收现象,进而造成信号强度大幅减弱。这种状况在频率较高的通信系统里显得更为突出,沙尘暴与雷暴不仅会产生物理阻挡,还会引发电磁波的多路径传播,从而加大信号衰减和噪声。像高频通信系统里,雨水和雾霾引起的衰减能达好几倍甚至几十倍,通信质量就会大大降低,高频信号的波长短,容易受天气干扰,所以极端天气时,挑选合适

的频段和信号调制技术很重要。

(二) 极端环境下设备稳定性问题研究

除了天气条件之外,极端环境还给无线通信设备的物理稳定性带来了严峻考验,在高温、低温或者高湿度的环境下,无线通信设备的耐用性以及运行性能都会受到限制。拿低温来说,设备的电池性能会下降,这也许会造成设备电量迅速耗尽,高温条件下,设备过热就可能引发过载或者损坏,高湿度环境里,设备内部电路很可能会出现短路或者腐蚀现象,从而缩减设备的工作寿命。地震、沙尘暴、高海拔地区氧气稀薄等也会对通信设备的稳定性以及功能发挥造成直接的影响,想要保证设备在极端环境下能够稳定运行,就一定要选用那些具备适应能力强、耐环境变化的通信设备,并且还要增强设备的抗干扰能力以及防护设计。

(三) 通信网络架构的脆弱性

极端天气和环境状况对无线通讯网络架构产生的影响同样不能被忽视,传统无线通讯网络依靠基站,信号塔以及各类通讯节点维持正常运转,一旦遭遇自然灾害或者极端天气情况,基站,通讯塔之类的物理损坏,失电或者通讯中断等现象就会引发整个网络无法正常运转,台风,洪水之类的灾害会破坏基站设施,致使通讯中断,从而使得灾区的救援通讯失去保障。要想提升无线通信网络在极端环境中的抗风险能力,就要形成冗余的网络架构,而且要融合卫星通信,应急通信设备等技术手段,从而保证在极端天气和环境下依然能维持通信畅通,针对极端天气的即时监测与警报体系也是保证通信网络稳定运行的重要部分。

二、提升无线通信保障技术与策略

(一) 适应性调节技术

适应性调节技术是解决极端天气和环境条件下无线通信问题的一种重要手段，它是根据环境的变化动态调整通信系统的工作参数以保证通信稳定的技术，在无线通信中，信号衰减、噪声、干扰等都会随天气变化而改变，所以需要实时感知环境变化并相应地调整系统参数。比如频率选择与波形调制可根据环境因素随时切换，在雨雪等恶劣天气情况下，系统会自动选择低频段信号进行传输，因为低频信号相比于高频信号更易于穿透大气中的水分和雾霾。基于环境的自适应编码技术也可以在信号质量变差时自动调节数据传输速率及编码方式，从而保证系统的可靠性和传输效率。

(二) 抗干扰技术的应用

抗干扰技术是无线通信系统中必不可少的一项技术，在极端天气条件下，信号受到的干扰和衰减更加严重，为了提高系统的抗干扰能力，现代无线通信系统采用了很多抗干扰技术，如频率跳变、功率控制、空间分集等技术。频率跳变技术就是在一段时间间隔内切换通信信道，以避免某频段的持续干扰，这特别适合用来防范极端天气下的信号衰减与多路径干扰，功率控制技术就是调整发射功率，保证信号强度一直维持在一个范围之内，这样就能提升接受质量，空间分集技术依靠多天线设置，让系统可以利用多个信号路径传送数据，从而减小单一路径受到干扰所带来的影响。

(三) 环境感知与预测技术

环境感知技术可以随时观察到天气状况，环境因素和网络运作状况，从而预估可能产生的通信危险，预先采取对策，这种技术依靠各类传感器和观测设备来取得气象信息，像温度，湿度，风速，降水量之类的的数据，并用大数据分析，机器学习这些算法，来对极端天气或者环境改变加以预估。比如说，把卫星遥感信息同地面气象站的数据结合起来，利用人工智能算法去推测接下来几个小时或者几天的天气情况，给通信体系给予警报，这样一来，无线通讯网络就能事先做出合适的调节。比如调整基站的工作频率，增添多余的通讯途径等等，以此减轻恶劣天气给系统造成的不良影响，环境感知和预估技术的应用，能有效地削减极端天气带来的突然麻烦，改善通信系统的可靠度和应急反应水平。

三、极端环境下无线通信的应用与挑战

(一) 极地环境下无线通信的应用研究

极地环境属于典型的极端环境，给无线通信系统带

来严峻考验，极地地区温度非常低，全年有暴风雪天气，而且地理位置偏僻，建立通信设施很困难，要想保证极地科研站点，救援任务以及物资运输的通信需求，就务必借助先进的无线通信技术。比如南极洲的科研人员利用卫星通信系统来执行远距离的数据传输以及视频会议，由于极地地区缺少地面通信基站，所以卫星通信就成了唯一的挑选，但是极低的气温会致使卫星地面设备出现硬件故障，所以设备的抗冻以及高低温适应性成了设计的关键指标，于是极地通信系统常常选用加强型卫星天线，加热设备和太阳能电池板，从而保证通信链路始终处于稳定状况。同时，极地的风暴、冰雪天气都会对卫星信号产生干扰，所以要采用频率跳变、抗干扰技术才能保证通信的质量与稳定。

(二) 高海拔区域无线通信保障研究

高海拔地区空气稀薄，气温很低，还有大风和降雪，这就使无线信号传送变得困难，为了应对这种情况，一些山区和高原地区使用了微波和卫星通信系统，来补足常规通信设施，特别是灾难应急通信和远程医疗服务，卫星通信发挥了非常关键的作用。拿青藏铁路来说，在高原地区，海拔很高，铁路建设和运输的时候要创建稳定的通讯系统，因为高原上的天气变化无常，降雪，冰雹这种极端天气很容易让传统的无线通讯系统失灵，所以用了微波通讯，卫星通讯结合的办法，保证列车运行时的通讯不会出问题，而且基站也选了耐高温，耐寒冷，抗腐蚀的类型，好应对恶劣环境里的运行状况。虽然如此，但是高海拔的通信还是存在着困难的，例如强风、雪崩等灾害会破坏微波通信链路，所以对应急通信系统的设计必须具备极高的容错能力和冗余性。

(三) 沙漠地区的无线通信应用

极端天气（高温、沙尘暴、干旱），极端天气对沙漠中的无线通信系统带来很大难题，在沙漠高温和干旱的气候环境下，电子设备散热和电池续航是问题，沙尘暴天气会让信号衰减严重，通信质量受影响。面对这些挑战，很多沙漠地区采用了太阳能供电的无线通信系统，解决电池续航问题，通信设备要设计成防尘、防沙设计，沙尘暴期间设备不能损坏，在沙特阿拉伯的沙漠油田，就采用了抗沙尘设计的通信设备，加上太阳能技术提供能源，保证通信设备在极端天气下持续工作。不过，虽然有太阳能电池，耐高温材料，防沙设计，沙漠地区无线通信还是碰上难题，长时间沙尘暴天气里，通信中断风险依然存在，所以，采用备份系统，多链路通信技术以加强通信网络可靠性成了重要策略。

(四) 高温环境下无线通信的挑战

高温给无线通信系统带来的影响是十分明显的,在那些热带区域以及工业区附近,高温会使无线设备出现过热现象,并且严重情况下可能还会烧坏内部元器件造成通信中断,热带地带频繁爆发强雷电的情况也会对通信体系产生干扰效果,在比较偏僻又远离市区的地带遭遇雷击情况时,有可能引发设备毁坏甚至是整个网络彻底瘫痪。针对这一问题,有些通信系统采取了红外线监测技术与实时温度调节系统来控制设备工作温度,并且还加入了防雷击的设计以防止设备在雷暴天气中被损坏,热带地区电力供应不稳定的问题也要求无线通信系统可以在断电时使用备用电源继续工作。

四、未来发展方向与研究展望

(一) 新型通信技术的应用与发展趋势

随着5G、6G等新一代通信技术慢慢推进,无线通信在极端环境中的应用会迎来新的机会,5G技术低延迟、高带宽、大规模连接的特点让它在极端环境下的应用潜力更大,特别是在高海拔地区和极地,5G技术可以供应更稳定的通信网络,削减信号衰减和传输延迟,结合卫星通信,5G系统也许能在这些极端环境下做到高速,低延迟的数据传输,符合应急通信,远程监测,数据采集等需求。6G技术的出现会促使无线通信进一步升级,6G不但可以达到更快的传输速率,而且具备更好的环境感知和自适应性能,6G系统将会融合人工智能,物联网以及大数据技术,从而做到更为智能的通信保障,在极端天气和复杂环境下,6G的应用会给无线通信赋予更强的适应能力,可以动态改变通信策略,最大限度地削减环境因素的干扰。

(二) 无线通信系统的智能化自动化发展

未来的无线通信系统要想解决极端环境下通信保障的问题,智能化、自动化将是关键所在,把人工智能,机器学习以及自适应算法融入无线通信系统以后,就可以即时察觉周围环境的变化,预估并且自动调节系统参数,比如恶劣天气状况之下,系统能自动选出最合适的频率,调制方法和功率输出,免除信号衰减和干扰,从而维持通信的稳定。智能化的无线通信系统还能在设备出现故障、通信中断等情况时,自动切换到备份路径,保障网络始终处于一种连续的状态,而且自动化的网络管理,可以减少人工的干预,提升系统的反应速度和精

确度,大数据分析同云计算技术结合起来以后,未来无线通信系统会变得更加善于检测和预报故障,在恶劣的环境下也能维持较好的通讯水平。

(三) 跨学科技术融合的多层次网络架构设计

未来无线通信保障的一个重要发展方向就是跨学科技术和多层次网络架构的建立,极端环境下的无线通信不再是依靠一种技术就可以实现的,而需要多种技术相互配合才能完成。比如结合地面通信、卫星通信、无人机通信等多种通信方式,构建起一个具有高冗余度、高灵活性的多层次网络架构,从而满足不同环境下对于通信的需求。跨学科技术的交融也会是以后的研究重点,以气象学,环境科学,人工智能学科的相关技术,方法结合在一起,才能做到更加精确的预估极端天气状况,并尽快去更改通信方式,而且环境感知技术,物联网技术和智能感应器会给通信体系给予更多实际的数据,从而改善其应对突发状况的能力。

结束语

通过对极端天气和环境条件下无线通信保障问题的研究,提出了各种应对措施,包括技术改善、环境感知、适应性调节等。气候变化不断加剧,极端天气事件增多,以后无线通信保障会遇到更多困难,深入发掘新的通信技术、改善无线通信系统抵抗干扰的能力以及适应性将是今后研究的重点,跨领域合作,不同学科技术相结合,也是提升通信保障能力的重要途径。希望本文可以给相关领域的研究者给予一些借鉴,促使无线通信在极端环境下更广泛地应用。

参考文献

- [1] 荣兴宇. 基于STM32的果园智能防雷系统的设计与研究[D]. 西安工业大学, 2024.
- [2] 孙宇航. 基于物联网的果园冰雹防控系统的研究与设计[D]. 延安大学, 2022.
- [3] 李桂昌. 配电网故障定位与风险评估方法[D]. 广东工业大学, 2020.
- [4] 岳云宇. 高速公路极端气象监测系统研究[D]. 哈尔滨理工大学, 2015.
- [5] 张峰华. 大型水电站边坡安全评价和预警决策系统开发[D]. 天津大学, 2014.