

# 基于无线宽带的林业监控网络架构设计

林海, 沈敦亮, 汪东洋, 邵超, 张子剑

(北京宇航系统工程研究所, 北京 100076)

**摘要:** 针对林业监控网络信息化、智能化的发展要求以及当前已有网络应用业务单一、接入重组能力低等不足, 开展了一种无线宽带网络架构设计; 文章基于近些年快速发展并广泛应用的 SPTN 有线传输网络, 以满足林业监控未来多样化的应用需求为基础, 从监控网的功能应用和系统组成出发, 构建由自组网和接入网组成的双层无线宽带网络架构, 开展了组网规划和组网架构设计, 并对无线宽带网络应用中涉及的抗干扰、安全保密、防雷等使用性问题进行了分析说明; 通过对双层网络各节点的通信性能进行计算和评估, 对网络方案部署应用的可行性进行了验证, 满足林业监控网络大范围部署、高数据传输、快网络重组的应用需求, 对后续林业监控信息化网络建设提供了有益参考。

**关键词:** 无线宽带; 网络拓扑; SPTN

## Design of Forestry Monitoring Network Architecture Based on Wireless Broadband

Lin Hai, Shen Dunliang, Wang Dongyang, Shao Chao, Zhang Zijian

(Beijing Institute of Aerospace Systems Engineering, Beijing 100076, China)

**Abstract:** Aiming at the developing requirements of forestry monitoring network in informatization and intelligence, as well as the deficiencies of existing network application service, a wireless broadband network architecture design was developed. Based on the rapid development of SPTN (Software defines a packet transmission network) cable transmission network, a two-layer wireless broadband network was constructed from the functional application and system composition of the monitoring network, in order to meet the diversified application needs of forestry monitoring in the future. Network planning and network architecture design are carried out, and the application problems of anti-interference, security and lightning protection in wireless broadband network application are analyzed and explained. Through the calculation and evaluation of the communication performance of each node in the double-layer network, the feasibility of network scheme is verified, which meets the application requirements of large-scale deployment, high data transmission and fast network reorganization of forestry monitoring network, and provides a useful reference for the subsequent construction of forestry monitoring information network.

**Keywords:** wireless broadband; network topology; SPTN

## 0 引言

《全球生态环境遥感监测 2019 年度报告》中指出, 截止 2019 年, 中国森林覆盖面积大约 2.12 亿公顷, 森林覆盖率达 22.08%, 并且还在持续推动荒地造林工程。林业作为我国一项宝贵的资源, 一直以来深受重视, 随着信息化发展, 林业监测与维护也逐渐向网络化、信息化方向发展。林业网络具有以下几方面的显著特征:

1) 网络覆盖面积大。我国林业覆盖面积广阔直接决定了监测网络覆盖面积大;

2) 数据传输量大。林业监控网络中包含各类环境传感器、植被生态监测设备、音视频监控设备、灾害报警设备等, 数据种类多、信息传输量大;

3) 实时性要求高。对于火灾报警、野生动物监测、人员入侵报警等信息, 要求网络具有高的实时性。

4) 接入、重组速度快。应对自然灾害、野生动物对于破坏通信设备的损坏, 满足移动巡逻车无线快速接入的需求, 要求网络接入快速、重组能力强。

林业监测网络大体可分为有线传输网络和无线传输网络。有线传输网络一般采用光缆传输。有线传输网络适用于长距离传输, 无电磁兼容和射频干扰等问题, 传输速度快、稳定性好、可靠性高, 但是在广阔的林业监测网络中使用存在线缆铺设困难、成本高等不足, 同时部分地区地理环境复杂, 人员可达性存在一定的困难, 使用上存在一定的限制。随着无线传感、通信技术的发展, 无线传输设备成本逐渐降低, 系统功能逐渐完善, 安装快速便捷, 因此在林业监控网络中的应用日益广泛。

SPTN (软件定义分组传输网) 是将 SDN (软件定义网络) 开放性、智能化、虚拟化的优势与 PTN (分组传输网) 可靠性高、业务质量高的优势相融合<sup>[1]</sup>, 具有标准化的接

收稿日期: 2020-07-26; 修回日期: 2020-09-02。

作者简介: 林海(198802), 男, 陕西西安人, 硕士, 工程师, 主要从事无线网络方向的研究。

引用格式: 林海, 沈敦亮, 汪东洋, 等. 基于无线宽带的林业监控网络架构设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(1): 227-230.

口、开放性的应用和服务、智能化的网络调度能力以及高的网络运维管理效率,网络应用控制简单、业务开通快捷、故障定位迅速、维护周期短等优势。随着 SPTN 技术和产品的进一步发展和应用,面对林业未来多样化的应用需求,基于 SPTN 的林业监控网络有着较好的市场前景。

无线宽带因其系统资源利用率高、信道容量大、传输速率快<sup>[2]</sup>以及全 IP 化的业务模式,适合大范围快速部署、稳健传输、网络结构灵活的林业监控网络应用。本文在 SPTN 主干传输网络基础上,提出了基于无线宽带组网的林业监控网络架构方案,并结合不同的应用场景,对方案的可行性进行了评估。

## 1 功能、组成及应用模式

### 1.1 系统功能

无线宽带在林业监控网络中发挥的功能包括如下。

1) 为林区固定监控点提供多样化 IP 业务服务<sup>[3]</sup>。

为大规模林区监控区域内的音视频监控、环境监测、灾害监测等固定监控点提供基于 IP 体制的多样化的无线宽带数据及音视频业务。

2) 为林区提供备份应急通信网络。

作为林区内的无线通信保障手段,自然灾害、兽禽造成光纤链路损害或出现有线设备故障时,能够完成应急通信任务,实现固定监控点数据信息的稳定上传。

3) 保障重点区域的巡逻、巡检接入。

能够为林区内的重要节点的巡逻分队提供随遇接入的宽带网络<sup>[4]</sup>,保障重点区域的巡逻连通性。

### 1.2 系统组成

无线宽带接入林区监控系统的组网示意图如图 1 所示。整个林区设置一个监控中心和若干管理站,每个管理站分管一个或多个片区,监控中心和管理站均设置独立基站;各片区根据区域大小设置若干固定监控点,对林区实施监控,片区内根据地域及环境,按需设置基站;固定监控点

的各类 IP 业务通过有线或无线网络接入 SPTN 设备。

有线传输通过光纤直接接入基站 SPTN 设备,无线传输先通过光纤网连接本地区宽带 BBU 完成固定监控点 IP 业务接入,通过宽带 RRU 实现与基站的无线连通与数据交换<sup>[5]</sup>。各基站间通过 SPTN 或无线宽带实现片区之间的数据通信,监控中心和管理站通过相同的方式与基站连接,并通过加装安全防护设备保证监控中心和管理站的信息安全。

### 1.3 应用模式

无线宽带基于 TD-LTE 的技术体制,支持接入功能,能够完成入网和基本的数据业务传输功能<sup>[6]</sup>;具备二层传输功能,无线宽带基站和无线宽带终端之间能够建立二层传输通道。同时,支持无线宽带设备间的自同步、自组网功能<sup>[7]</sup>。

无线宽带系统可适应两种使用模式。

1) 光纤链路正常时使用模式。

监控网络正常工作期间,光纤链路未损毁,无线宽带网络提供固定监控点各业务的信道接入,SPTN 设备自动感知光纤链路状态和无线宽带链路状态,综合 SPTN 光纤链路、无线宽带链路传输质量情况,根据音频、视频、数据传输业务需求,建立相互独立、互不干扰、质量保障的有线、无线端到端服务管道。巡逻车配备无线宽带车载台或手持终端,巡逻时通过基站实时接入。

2) 光纤链路异常时使用模式。

SPTN 设备实时探测光纤链路状态,一旦发现光纤链路损坏,进行无线宽带链路信息质量探测,结合音频、视频、数据传输业务需求及优先级,建立相互独立、互不干扰、质量保障的端到端无线服务管道。基站间光纤链路损坏,则基站与基站之间通过 NTN 模式进行自组网。若是基站与固定监控点之间光纤链路损坏,则无线宽带终端与基站通过 PMP 模式接入。

## 2 典型应用场景分析

考虑林区的实际应用需求,设定系统设计输入条件包括:

- 1) 单个固定监控点核心监控业务(包括灾害报警、入侵报警等)为 253 kbps。
- 2) 单个固定监控点音频接入 2 路。
- 3) 固定监控点之间距离为 2~3 km。
- 4) 设置 1 个林区监控中心、6 个管理站。
- 5) 林区监控中心配备 4 个外派小队,每个管理站配备 1 个巡逻分队,共 10 个移动巡逻用户。

为了方便阐述,下文中 A 为林区监控中心,B 为管理站,C 为固定监控点,D 为巡逻车。设定 1 个监控中心、6 个管理站,每个管理站分管 10 个监控点。

在无线备保极限应用工况下,无线宽带系统需要能够实现 1 个 A 或 1 个 B 同时监控所有

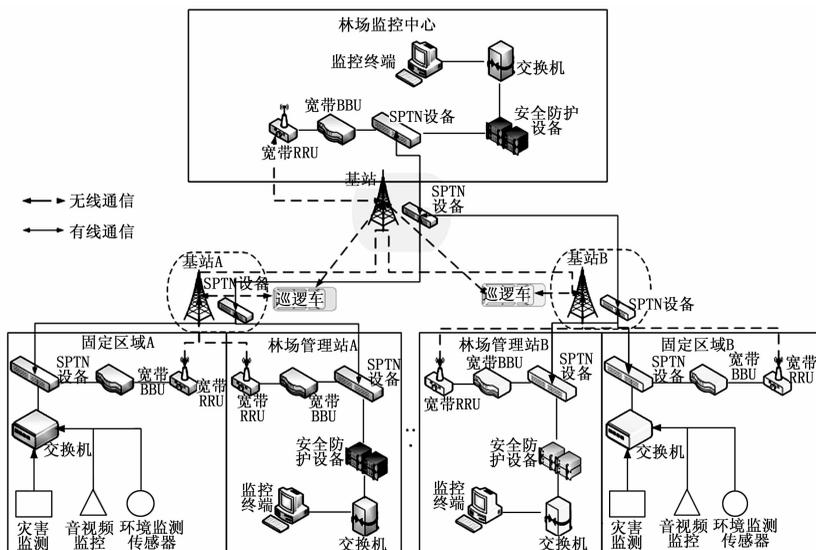


图 1 林区监控系统组网示意图

C 节点并发传输需求, 核心监控业务带宽需求为 253 kbps, 一路语音采用的编解码所占用的链路带宽一般最大为 90 kbps, 以太网等传输协议的包头所占的链路带宽按照 54 kbps 计算, 一路语音需要 144 kbps 的链路带宽, 两路语音则需要 288 kbps。综上所述, C 节点流量需求如表 1 所示。

表 1 C 节点流量需求

流量	单个 C 数据量 /kbps	增加 20% 开销 /kbps	换算成 Mbps	10 个 C 并发 /Mbps	60 个 C 并发 /Mbps
数据	253	303.6	0.296	2.96	17.79
语音	288	345.6	0.338	3.38	20.25
合计	541	649.2	0.634	6.34	38.04

D 节点的上行链路带宽按照 C 节点的预留带宽计算。节点需求如表 2 所示

表 2 D 节点流量需求

单个 D 数据量/kbps	增加 20% 的 开销/kbps	换算成 Mbps	10 个 D 并发 /Mbps
541	649.2	0.63	6.34

根据计算, 在能保证 60 个 C 节点并发 253 kbps 数据流量+两路语音以及 10 个 D 节点的情况下, 整个无线宽带通信系统所需的流量为 44.4 Mbps。

### 3 网络架构设计

#### 3.1 应用模式规划

为满足林区无线宽带通信全覆盖, 系统网络分为无线骨干自组网(简称: 自组网)和无线宽带接入网(简称: 接入网)。可由多个无线宽带基站通过自组网 (NTN 模式) 功能构建远距离宽带无线骨干自组网。同时, 利用无线宽带基站的接入功能, 实现远距离的宽带移动终端设备的接入 (PMP 模式), 构建扩大化的无线宽带接入网。通过两层组网, 能够有效延伸通信覆盖距离, 更好地为林区提供通信保障。

组网规划如图 2 所示。A、B 节点均采用 NTN+PMP 的模式, A、B 节点间通过 NTN 通道构建远距离宽带无线骨干自组网, 片区中独立设置的基站也已 NTN 模式接入骨干网; C、D 节点上部署无线宽带终端, 通过 A、B 节点的 PMP 通道接入, 完成 C、D 节点的无线宽带终端接入功能, 构建扩大化的无线宽带接入网。

#### 3.2 通信带宽分配

A 节点的无线宽带基站采用 2NTN+2PMP 模式, A 及 B1-B3 组成自组网 1, A 及 B4-B6 组成自组网 2。此时两个自组网所能承载的链路带宽不应小于 22.2 Mbps。通过双自组网的模式可以有效通过降低自组网链路承载能力从而增大监控区域面积。

B1-B6 节点采用 1NTN+3PMP 模式, 以 B1 部署的无线宽带基站为例, 每个基站要求至少承载 10 个 C 节点和 1 个 D 节点的数据流量, 合计为 6.98 Mbps。每个无线宽带基站存在 3 个 PMP 传输通道 (扇区), 每个扇区应能满足终端侧不小于 2.33 Mbps 的上行并发数据流量。

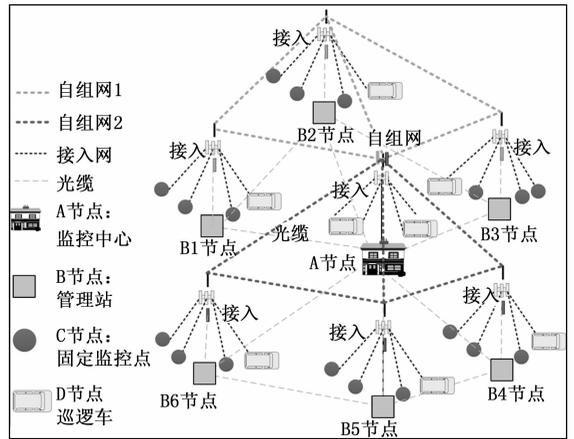


图 2 组网规划

表 3 上行业务流量规划作 Z 节点部署规划

节点名称	接入终端规划	终端个数/个	基站流量计算/Mbps
A	D1	1	0.63
B1	C1-C10、D2	11	6.98(单扇区 2.33)
B2	C11-C20、D3	11	6.98(单扇区 2.33)
B3	C21-C30、D4	11	6.98(单扇区 2.33)
B4	C31-C40、D5	11	6.98(单扇区 2.33)
B5	C41-C50、D6	11	6.98(单扇区 2.33)
B6	C51-C60、D7	11	6.98(单扇区 2.33)
	合计	67	42.5
随机的 3 个 D 流量		70	44.4

#### 3.3 组网架构设计

形成的组网架构图如图 3 所示。

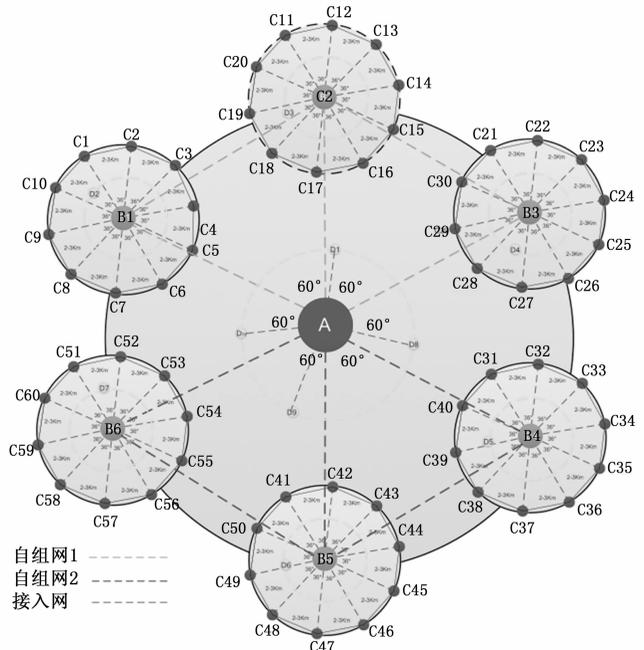


图 3 组网架构

## 4 可行性评估

两个自组网中的 7 个节点 (A、B1—B6) 部署无线宽带基站, 采用定向天线部署于 15 米基站上, 选取典型宽带设备开展评估, 带宽 20 MHz, 两个自组网节点间无线宽带链路预算分别为 22.2 Mbps, 链路预算及距离极限如表 4。

表 4 组网节点间的链路预算汇总表

天线挂高 /m		典型环境	节点间链路带宽/Mbps 及极限间距/km	
A 节点 (基站)	B 节点 (基站)		双向流量	节点距离
15(定向)	15(定向)	视距	24.07	25.00
15(定向)	15(定向)	准平坦地形	24.07	23.50

可知两个自组网的节点流量在视距环境下和准平坦地形下, 两节点间部署距离在 25 km 及 23.50 km 内时, 流量为 24.07 Mbps, 满足 22.21 Mbps 的需求。

C 节点采用定向天线或全向天线, 架高 15 米。D 节点采用全向天线, 架高 3.5 米。选取典型宽带设备开展评估, 带宽 20 MHz, 接入网每个扇区在能满足终端侧不小于 2.33 Mbps 的上行并发数据流量时, 链路预算及极限距离如表 5、表 6。

表 5 BC 节点间的链路预算汇总表

天线挂高 /m		典型环境	节点间链路带宽/Mbps 及极限间距/km		
B 节点	C 节点		上行流量	下行流量	节点距离
15(定向)	15(定向)	视距	2.70	1.92	37.5
15(定向)	15(定向)	准平坦地形	2.70	1.92	37.5
15(定向)	15(全向)	视距	2.70	1.92	32.0
15(定向)	15(全向)	准平坦地形	2.70	1.92	30.5

表 6 AD 或 BD 节点间的链路预算汇总表

天线挂高 /m		典型环境	节点间链路带宽/Mbps 及极限间距/km		
B 节点	D 节点		上行流量	下行流量	节点距离
15(定向)	3.5(全向)	视距	2.70	1.92	22.0
15(定向)	3.5(全向)	准平坦地形	2.70	1.92	19.5

可知, C 节点在两种天线挂高情况下, 在两种典型环境下, BC 间节点部署间距只要满足表中极限距离, 上行流量能够达到 2.70 Mbps; D 节点采用全向天线, 在上述两种典型环境下, AD 或 BD 间节点部署间距只要满足上表的极限距离, 上行流量就能够达到 2.70 Mbps。均能够满足基站每个扇区终端侧不小于 2.33 Mbps 的上行并发数据流量需求。

## 5 使用性分析

### 5.1 抗干扰分析

#### 5.1.1 自适应重传机制

实时(秒级)监控频谱质量, 自适应实施干扰避让措

施, 从而增强通信性能。结合干扰扣除技术, 当数据发送位置被干扰导致解析错误时, 通过重传调度在非干扰的位置保证解析能力, 降低丢包率。

#### 5.1.2 混合组网抗干扰

自组网与无线接入网混合组网应用, 两者可以同时工作。一方面增强覆盖能力, 另一方面扩大工作频段范围, 两者其中之一被干扰, 系统仍能正常工作<sup>[8]</sup>。

#### 5.1.3 自动频规技术

开机后全网静默, 节点干扰识别汇集后执行初始频率规划, 节点间信息交互并进行周期性全网信息搜集, 执行最优决策规划动态更新规划结果。在一些固定干扰场景下能够最大化使用可用频段, 保证通信性能。

## 5.2 安全保密

无线宽带通信系统全部通信业务均由 IP 承载, 为了保证林场上传监测参数不泄露、下传控制指令不误发, 系统可采用 IP 层加密的方式完成系统业务加密, 对全部终端的上下行 IP 数据实施加密保护, 通过终端保密卡与基站密钥分发设备的协同工作, 形成上下行分段加密应用。

## 5.3 防雷

系统采用馈线接地、防浪涌保护器接地、RRU 接地、BBU 接地四处接地措施达到防雷效果。天馈系统安装位于高点时, 可采用在距离天线 3 米的距离安装避雷针对天线进行直击雷保护, 避雷针的保护范围可按保护角不大于 45° 考虑, 防雷设计如图 4 所示。

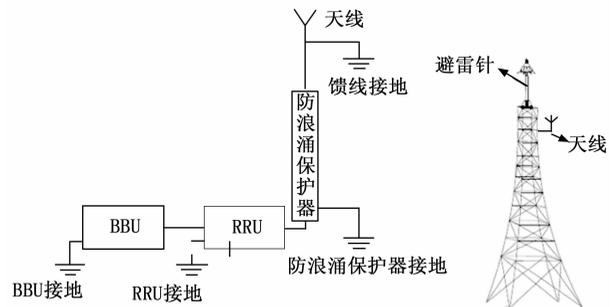


图 4 系统防雷示意图

## 5.4 基站安装

基站顶端架设定向天线, 射频单元 RRU 安装在靠近天线的下方, 通过安装结构件固定, 天线与 RRU 之间采用馈线连接, 馈线每隔 2 米使用线卡进行固定, 两端连接处做好防水措施。室外光纤连接至机房内的 BBU 上, 光纤采用航空插头设计, 连接稳固且达到防水要求, 安装设计见图 5 所示。

## 6 结束语

本文基于林业监控网络的实际应用业务需求, 在 SPTN 有线传输网络架构基础上, 构建了由上层骨干自组网和底层接入网组成的宽带通信网络, 通过设定典型应用场景, 设计形成组网架构, 并对节点间的通信流量和通信距离进

(下转第 235 页)