

# MEC在无人机救灾系统中的应用研究

蔡卫红,文杰斌,郭旭静,李 聪

(湖南邮电职业技术学院,湖南长沙 410015)

**【摘要】**5G高速率、低延迟和高可靠通信及移动边缘计算(MEC, Mobile Edge Computing)提供的高计算能力,为垂直应用服务带来了蓬勃发展。无人机救灾系统的5G移动边缘计算端到端部署方案,依托5G移动通信及MEC以确保数据即时传输和即时计算,通过建设5G移动网络基础设施以建成空中救灾应用系统及点对点设施的整合,推动此垂直应用案例的实现。

**【关键词】**5G网络;移动边缘计算;无人机救灾系统

**【doi:10.3969/j.issn.2095-7661.2022.03.001】**

**【中图分类号】**TN929.5

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**2095-7661(2022)03-0001-03

## Application Research of MEC in UAV Disaster Relief System

CAI Wei-hong, WEN Jie-bin, GUO Xu-jing, LI Cong

(Hunan Post and Telecommunication College, Changsha, Hunan, China 410015)

**Abstract:** High speed, low latency and high reliability 5G communication and high computing power provided by Mobile Edge Computing (MEC) have brought about a boom in vertical application services. The 5G MEC end-to-end deployment solution of UAV disaster relief system is designed to ensure real-time data transmission and real-time computation through 5G mobile communication and mobile edge computing. The integration of aerial disaster relief application system and point-to-point facilities is built through 5G mobile network infrastructure to promote the realization of this vertical application case.

**Keywords:** 5G network; MEC; UAV disaster relief system

### 1 研究背景

近年来,随着网络带宽和云计算能力的不对称增长,越来越多的移动运营商开始将部分数据计算从云端下移至移动边缘。移动边缘由于离终端用户近,不仅具有较高计算能力,为用户提供更宽可用带宽,而且具有比云计算更低延迟服务,更低能源消耗。因此,移动边缘计算开始在5G移动通信中得到广泛应用<sup>[1]</sup>。

无人机不仅可用于工业、军事、运送货物,还可被用于救灾应急任务。例如使用无人机对发生在偏远地区或难以抵达地区的雪崩或山崩等自然灾害事件进行测绘、损害评估、人员搜索和救援任务。利用装有电磁传感器的无人机,可设计出受害者自动定位系统,融合来自无人机传感器的数据,

以帮助救援小组执行救援任务。与以往直接将收集到的数据发送给终端用户不同,现在通常是先将收集到的数据发送到移动边缘,通过AI/ML(人工智能/机器学习)技术对收集到的数据进行处理,然后发送给终端用户<sup>[2]</sup>。

本文提出一种支持无人机救灾系统的5G移动边缘计算的端到端部署方案。

### 2 无人机救灾系统

无人机救灾系统由3个主要部分组成:无人机、5G连接和移动边缘计算。通过5G移动网络实现无人机与移动边缘智能模块的无线数据传输,实现无人机救灾系统对灾民定位和灾情数据收集<sup>[3]</sup>。边缘智能模块实现数据的实时处理和推断,从而提供有价值的信息。

[收稿日期] 2022-07-30

[作者简介] 蔡卫红(1971—),男,湖南益阳人,湖南邮电职业技术学院教授,硕士,研究方向:5G移动通信、移动终端。

[基金项目] 2021年湖南省教育厅科学研究项目“基于eMMB应用场景的5G移动核心网子切片关键技术研究及实践”(项目编号:21C1406)。

如图1所示,无人机作为数据的来源,配备车载摄像头和5G无线通信收发器,通过对指定区域的空中侦察来收集数据,这些数据以视频数据和GPS位置数据形式存在。然后,视频数据及GPS位置数据通过无人机机载的5G无线收发器,无线传输到该区域的5G RAN(无线接入网络)。5G RAN直接连接到移动边缘的核心网络模块和智能模块<sup>[4-5]</sup>。核心网络模块处理5G连接操作,智能模块通过EagleEye(鹰眼)模块对来自无人机的视频及位置数据进行处理和推理,输出到Visualizer(可视化)工具模块供救援队使用,或存储、或转发到网络外的另一个模块。

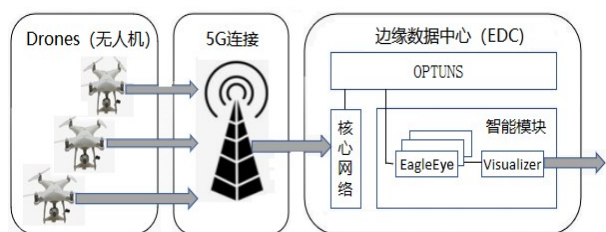


图1 无人机5G移动边缘计算救灾系统图

### 2.1 连接解决方案

因速率、时延原因,本救灾系统设计没有采用4G连接解决方案,而是采用5G连接解决方案。因运营商5G网络建设进度,暂时采用5G Option 3x组网配置,核心网为4G EPC,负责建立无人机和5G移动网间的连接。5G NSA配置有利于救灾系统实现,满足对低延迟、高质量视频流的需要。采用NSA双连接组网,无人机不仅可通过4G无线传输数据,也可通过5G无线传输数据。

### 2.2 5G移动边缘计算基础设施

本救灾系统中的边缘计算采用基于SDN的下一代数据中心技术,即OPTUNS(光隧道网络系统)。OPTUNS作为一种有较好应用前景的EDC(边缘数据中心)网络架构和支持空中救灾系统的测试平台解决方案,旨在提供机架到机架和服务器到服务器间的大带宽和超低延迟通信。图2为使用OPTUNS技术的救灾系统边缘基础设施配置,配置了两个机架,每个机架配备多个计算节点,机架间通过OPTUNS连接,以实现低延迟和高带宽通信。

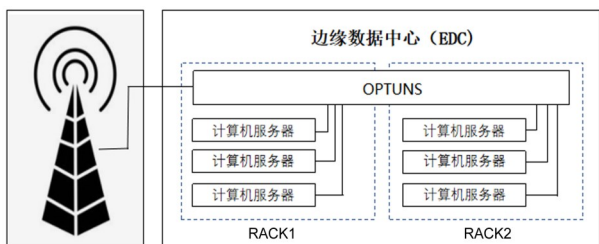


图2 OPTUNS技术的边缘计算基础设施

移动边缘还直接连接到5G NR。所有网络组件及计算服务器都通过1GB SFP光纤链路或10GB SFP+光纤链路连接。

### 2.3 智能模块

边缘智能模块使用虚拟化技术,采用EagleEye模块和Visualizer(可视化)模块设计,利用AI/ML技术来执行推理和信息收集<sup>[6-7]</sup>。通过EagleEye模块将来自无人机的视频数据及无人机GPS位置信息作为输入,对受灾地区进行侦察和定位PiH(需帮助的人)。一旦在视频数据中发现PiH时,都会记录GPS位置以及PiH的检测结果。然后EagleEye模块将视频数据和GPS定位数据转发到可视化模块进行可视化输出,从而帮助救援队快速前往PiH的位置并执行救援任务,其原理如图3所示。

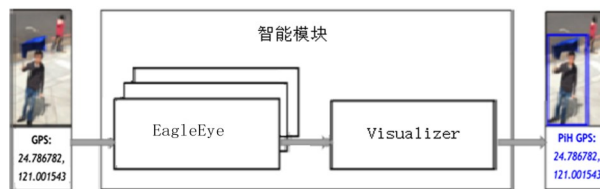


图3 智能模块原理示意图

鹰眼模块是在YOLOv3目标检测算法基础上增加了一个目标融合算法,以便检测一个特定目标,如PiH。可视化模块采用RSTP(实时流传输协议)将鹰眼模块的实时输出传输给救援队,实现鹰眼PiH检测输出的可视化。

### 3 部署和工作流程

图4为救灾系统部署设计,无人机通过无线连接到5G NR,再连接到移动边缘。移动边缘部署有4G EPC模块及智能模块,OPTUNS将分布在机架1和机架2上的所有计算服务器互连。在移动边缘,EPC模块为安装在某个计算服务器上的本机应用程序。而智能模块中的鹰眼及Visualizer(可视化)子模块为可跨多机架部署在多个服务器上的容器化模块。在EagleEye部署情况下,部署同一个子模块的多个应用实例可通过多容器间的负载均衡来改善PiH检测的处理延迟。当部署多架无人机时,更多的智能模块将在移动边缘部署,以处理不断增加的负载。

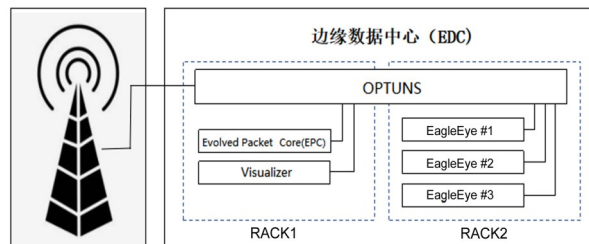


图4 救灾系统部署图

### 3.1 容器化的智能模块部署

容器化应用程序的部署从镜像文件开始,镜像文件这里指应用程序包,包括代码、运行时间、系统工具、系统库和设置。此镜像文件是由应用程序开发人员创建并存储在镜像存储库中。通常,容器化应用程序的简化部署流程如下:首先,从镜像存储库中下载应用程序镜像文件,此镜像存储库可以是私有存储库,也可以是 Docker Hub 或 linuxserver.io 等公共存储库;然后,镜像文件在本地机器上局部构建到一个运行的容器中;最后,构建到运行容器中后,部署的容器像一个本地应用程序一样去执行计算。为应对因无人机数量增加而不断增长的计算负载,可通过部署额外的 EagleEye 子模块以减轻计算负载。

鹰眼模块实际上由5个子模块组成:Scheduler 调度子模块、Web服务子模块、Detection检测子模块及存储PiH检测任务所需各种信息的Redis开源数据库子模块、MongoDB数据库子模块。其中 Scheduler 调度子模块用于将传入的数据分发给检测子模块,Web服务子模块用于救援小组启动/停止 PiH 检测任务, Detection 检测子模块用于执行 PiH 检测, Redis 和 MongoDB 数据库子模块用于数据存储, EagleEye 中各子模块通过 Kubernetes 编排器自动完成部署<sup>[8]</sup>。

### 3.2 系统工作流程

救灾系统工作流程如下:救援开始时,无人机首先连接到5G移动网络并通过4G EPC请求附着程序;4G EPC收到无人机的连接请求后执行附着程序,然后无人机就开始传输视频数据及GPS位置数据到移动边缘数据中心;EagleEye模块处理来自无人机的视频数据及GPS位置数据,EagleEye模块接收数据后开始执行PiH检测,检测完后,无论是否找到PiH对象,EagleEye模块都会将视频数据传递给可视化模块从而输出可视化结果;可视化器显示EagleEye的检测输出,如果找到PiH对象,则PiH检测及其GPS位置将显示在屏幕上,最终救援小组可连接到可视化工具,以查看可视化模块的输出。

## 4 应用案例

### 4.1 案例实验设置

实验设置如下:移动边缘数据中心位于某大楼地下层,即所有通信及智能模块的部署地;PiH人体位于建筑物第5层,同时为4G/5G NR无线单元所在地;4G/5G无线单元与移动边缘数据中心光纤直连;执行救援任务部署无人机数量为1台;救灾

任务位置在大楼后面。

### 4.2 案例救灾任务方案

救灾任务是对一栋6层高层建筑进行搜索,寻找建筑物内PiH,以此作为测试救灾系统部署的一个范例。这次测试任务中,PiH在大楼5楼阳台挥舞着旗帜,测试无人机高空飞行获取视频数据及GPS定位数据效果。任务从救援队发出救援信号开始,通过5G网络连接到移动边缘的无人机开始起飞侦察,无人机依次从1楼开始平行走完本层,然后2楼,最后到6楼,从而侦察建筑物的整个一侧。在飞行过程中,无人机通过5G网络不断向移动边缘传输视频数据和GPS位置数据。在移动边缘处,鹰眼智能模块不断处理来自无人机的视频数据和GPS位置数据,然后进行PiH检测,最后鹰眼输出信号会被传送到救援队。

### 4.3 案例实验结果

根据4.1小节中的实验设置,使用5G网络实验的网络性能情况如表1所示。对于网络时延,执行ping测试来测量时延,取100个测试样本的平均值,平均值为64.5 ms。对于网络上下行链路数据率测试,通过iPerf3网络性能测试工具来进行,时长5分钟,测试结果为上行链路平均速率为19.5 Mbps,下行链路的平均速率为27.1 Mbps。

表1 基于5G移动网络性能

实验项目	平均结果
网络时延	64.5 ms
上行链路数据速率	19.5 Mbps
下行链路数据速率	27.1 Mbps

EagleEye目标检测训练和性能:对于EagleEye检测子模块的训练,图像来自微软COCO数据集、谷歌OIDv4数据集两个公共数据集库。检测子模块经过专门训练以检测“人”和“旗”两类对象,训练中“人”和“旗”物体都用了6000张图像,如表2所示。

表2 鹰眼训练数据集

数据集名称	图像数量
微软COCO人	3000
谷歌OID人	3000
谷歌OID旗	6000

拍摄的图像是对着镜头挥舞旗帜的人的图像,其平均测试精度情况如表3所示。

表3 鹰眼目标检测性能

检测目标	平均测试精度
人	97.92%
旗	75.53%
人与旗平均	86.72%

(下转第12页)

#### 4 结束语

通过对5G NR无线网络环境的指标分析,确定网络覆盖类指标和5G CQI指标之间的联系,以便对5G CQI指标质差问题进行定界分析和优化。通过对故障小区的处理,对越区覆盖、重叠覆盖基站的RF优化,以及参数CSI上报周期、CSI周期配置、CSI-RS Port数的优化,消除相邻小区之间干扰和宏站微站干扰。通过公共搜索空间的DCI功率偏置最大值和功率控制偏置参数的调整,对CSI-RS信号的功率进行控制,分别对质差区域参数修改前后的网管性能数据的5G CQI指标变化趋势和其他网络关键指标的变化趋势进行对比分析,以确定不同优化方案下对5G CQI指标提升的有效性和可行性,提升A城市5G网络的CQI优良率。

#### 【参考文献】

- [1]王浩,赵伦.5G无线网络优化系统的设计与实现[J].湖南邮电职业技术学院学报,2022(2):5-8.
- [2]优橙教育.CQI影响因素与优化思路[EB/OL].<https://www.ictyc.com/message/182.html>,2021-2-25.
- [3]廖溢宏.有效提升5G/4G移动通信无线网络效能的策略研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2021(1):9-11.
- [4]陈永朝,邱世阳,沈楚钦.4G/5G干扰协同优化策略研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2022(2):9-11.
- [5]黄智瀛,白锡添,杜安静.5G双频组网策略研究与应用[J].电信工程技术与标准化,2021(5):45-48.
- [6]陆立.5G网络对运营商的挑战[J].广东通信技术,2020(5):2-6.
- [7]张文刚.基于深度学习的交通预测技术及其在通信中的应用研究[D].成都:西南交通大学,2018.

(上接第3页)

EagleEye智能模块:对于鹰眼模块,一个图像帧的平均PiH检测处理延迟为38.27 ms。这样的延迟,如果只用一个鹰眼检测子模块来进行PiH探测,将无法获得实时的PiH探测。为达到实时检测要求,对于每秒30帧的视频,每个图像帧的处理延迟应低于33 ms。因此,为保证实时PiH探测,本设计采用3个EagleEye探测子模块进行并行部署。

#### 5 总结

本文提出了一种支持无人机救灾系统的5G移动边缘基础设施的端到端部署方案。对空中无人机、移动网络、移动边缘智能模块的部署建议选项被证明能够顺利处理救灾任务场景的运行。5G移动网络比4G移动网络有更高的上下行链路带宽,当增加无人机数量时,执行搜索和救援任务更有效。未来,随着5G移动网络由NSA升级到SA,上行和下行带宽的增加,同时通过运行多架无人机,搜索和救援任务的执行将更高效。

#### 【参考文献】

- [1]余韵,连晓灿,朱宇航,谭国平.增强现实场景下移动边缘计算资源分配优化方法[J].计算机应用,2019(1):22-25.
- [2]安亚宁.边缘计算中多节点协作任务卸载与资源分配研究[D].兰州:兰州理工大学,2021.
- [3]张祥.无人机辅助边缘计算网络的资源优化技术研究[D].南昌:南昌大学,2020.
- [4]张建敏,谢伟良,杨峰义,武洲云,谢亮.移动边缘计算技术及其本地分流方案[J].电信科学,2016(7):132-139.
- [5]施巍松,孙辉,曹杰,张权,刘伟.边缘计算:万物互联时代新型计算模型[J].计算机研究与发展,2017(5):907-924.
- [6]王金栋,刘亮,李岳.5G+MEC商业综合体的UPF组网及业务部署方案[J].信息与电脑(理论版),2020(21):153-154.
- [7]陈云斌,王全,黄强,白云龙.5G MEC UPF选择及本地分流技术分析[J].移动通信,2020(1):48-53.
- [8]孔德瑾,姚晓玲.面向5G边缘计算的Kubernetes资源调度策略[J].计算机工程,2021(2):32-38.