

# 基于5G技术的资源分配算法 在数字影视智能转型中的应用

郭丽媛

(西安培华学院 传媒与设计学院,陕西 西安 710000)

**摘要:**设计了基于5G的最大化C-RAN(集中基带处理资源形成基带资源池并进行统一管理和分配)联合利润的服务功能链部署算法,实现网络虚拟化资源的高效分配,以更智能的网络服务性能及更快的执行时间来实现数字影视的智能化。结果表明,未结合5G场景下的贪婪算法(GA),禁忌搜索算法(TS),动态规划算法(DP)算法会导致SFC请求率降低,平均处理时间增加,提出的方法能够更好的实现计算过程的智能化,同时任务处理时间更短。基于5G技术的资源分配算法可以对数字影视智能转型起到帮助作用,同时也能为数字影视智能化技术的发展做出贡献。

**关键词:**5G;资源分配算法;数字影视;智能化

**中图分类号:** TN929.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-8513(2025)02-0217-07

当今世界,互联网发展十分迅速,而通信作为人类生活中不可或缺的一部分,也需要在大时代背景下做出相应改变以满足人类日益增长的需要<sup>[1]</sup>。移动通信的不断发展为社会中的各行各业带来了变革。自动驾驶、无线医疗、智能制造等新兴智能技术及产品在今天将大放异彩。相关研究中指出,截止到今年年初,蜂窝网络服务将会在500多亿台联网设备中进行使用,移动设备的不断增加、数据速率的不断加快、以及海量数据的处理要求引起了研究者对于蜂窝移动通信技术变革的思考<sup>[2]</sup>。

在互联网时代,数字影视技术已日渐成熟。数字影视技术表现为影视成像工具的数字化、影视图像及图像处理数字化、及对影视传输及存储载体的数字化处理。影视图像的数字化处理贯彻影视拍摄、后期剪辑处理及最终的上映整个环节,最终在对影视图像进行处理时,采用的是物理或者光学化学的处理技术,目前这些技术已被数字处理技术所取代,在目前的数码大潮下,胶片电影的质量不断下降,画质模糊,已被人们所摒弃<sup>[3]</sup>。随着人工智能技术的发展,影视行业也顺应时代潮流,与人工智能技术进行了结合。营销活动策划、“爆款”电影预测,甚至剧本的编辑等这些原本需要由人工完成的任务,现在都可以使用人工智能进行取代,且效率非常高。由此可以看出,未来影视创作的主要模式即为人机结合。这些都离不开背后5G技术,高速、多宽带、低时延的特性对物联网而言是有十分显著的现实意义的。5G网络与3G、4G网络的不同之处在于侧重点不同,5G网络的重点在于异构网络基础的部署上,通过有效的管理资源实现无线接入网对功能的高效部署,而原本的3G、4G网络则注重频谱效率及峰值速率的提升<sup>[4]</sup>。

## 1 理论与方法

### 1.1 虚拟化资源分配技术

虚拟化资源分配技术是根据用户的业务需求为虚拟网络功能节点分配相应的物理资源,其运行的主要流程为:首先明确业务需要,在此基础上建立于业务需求相关的服务功能链,然后通过虚拟网络功能将服务功能链映射到底层网络节点中。其中网络功能虚拟化在实现过程中1个重要的组成部分就是服务功能

收稿日期:2021-09-24.

基金项目:陕西省教育科学“十三五”规划2020年度课题(SGH20Y1469).

作者简介:郭丽媛(1987-),女,硕士,讲师.主要从事摄影摄像、影视制作、网络新媒体等研究.

链<sup>[5]</sup>. 1个完整的虚拟化资源分配进程包括构建、部署、调度3个阶段. 为了完成用户的网络服务, 系统要实现SFC的部署通过虚拟网络的映射, 映射的根据是用户通过服务功能链的方式指定目的节点、源节点等内容来实现自己的网络需求<sup>[6]</sup>.

## 1.2 问题的描述与建模

随着社会的不断加速发展, 影视产业与科技发展并向而行, 影视产业发展的历史就是科技不断赋能的历史. 当前, 传统影视产业技术、模式、业态、产品等已明显滞后. 数字科技时代, 影视产业要顺应数字科技渗透实体经济的大趋势, 聚焦传统影视产业痛点难点问题, 强化数字科技赋能, 进而实现影视产业转型升级. 然而, 影视产业转型也存在一定的问题还亟需解决. 其中最重要的问题就是影视产业发展痛点在于数字赋能不足. 因此本文设计使用资源分配算法为影视产业转型提供合理的数字赋能, 继而提升影视产业转型效果.

虚拟化无线接入网络由基础设施提供商(InP)和移动虚拟网络运营商(MVNO)在网络功能虚拟化的架构中. 基础设施提供商为移动虚拟网络运营商提供虚拟化服务所需要的物理基础设施和无线资源; 要将用户的网络需求转换为物理资源需求就要移动虚拟网络运营商通过网络功能虚拟化-移动虚拟网络运营商(NFV-MANO)来转换, 所需要的物理资源包括链路资源、计算资源、无线资源等<sup>[7]</sup>.

C-RAN这一概念最早是由中国移动提出的, 在随后的发展过程中不断对其不足之处进行了补充完善, 在C-RAN的架构中存在集中单元(central unit, CU)设备和分布式单元(distributed unit, DU)设备, 由于CU设备和DU设备在C-RAN构中网络位置不同, 所以说两种设备的网络链路在资源分配上有一定的差别, 那么, 在满足服务功能链网络服务需求的同时最大化移动虚拟网络运营商和基础设施提供商联合利润下, 如何合理分配资源是本节研究的关键.

### 1) 底层物理网络

底层物理网络指的是真正完成数据传输的各种广域网和局域网. 广域网包括公用电话交换网, 公用分组交换网, 数字数据网, 交换式多兆位数据服务和异步传输模式. 而局域网包括以太网, 快速以太网, 千兆位以太网, 令牌环网.

无向图  $W = (H, J)$  用来表示底层网络拓扑, 集合  $J$  表示网络中的链路结合, 集合  $H$  表示节点集合, 前端链路是集中单元节点和分布式单元节点之间的链路.

令  $k_h \in \{0, 1\}$  为节点  $h \in H$  是否为 DU 节点.

$$k_h = \begin{cases} 1, & \text{若节点 } h \in H \text{ 为分布式单元节点;} \\ 0, & \text{其他.} \end{cases} \quad (1)$$

### 2) 基于虚拟网络的模型功能优化

不同协议层类型的虚拟网络功能可以被底层网络供给, 设  $N = \{n_p | p=1, 2, \dots, P\}$  表示虚拟网络功能集合, 其中  $p = t_p(n_p)$  表示虚拟网络功能的类型, 其中  $S$  是所有类型的虚拟网络功能不一定被每个节点所给予, 本节假设所部署的节点存在于每个虚拟网络功能.

$$k_{hp} = \begin{cases} 1, & \text{若节点 } h \in H \text{ 可部署虚拟网络功能 } n_p \in N; \\ 0, & \text{其他.} \end{cases} \quad (2)$$

若干个顺序约束的虚拟网络功能、出口及入口节点组成服务功能链请求. 设  $f_x = \langle a_x, b_x, c_x, d_x, e_x \rangle$  为服务功能链请求,  $F = \{f_x | x=1, 2, \dots, X\}$  为服务功能链请求所构成的集合, 那么式(2)中:  $a_x \in H$  为入口节点;  $b_x \in H$  为出口节点;  $c_x$  为服务功能链所需速率的最大值;  $d_x$  为服务功能链的时延限制值;  $e_x$  为服务功能链的生命周期; 当服务功能链的生命周期小于其服务时间时, 此时网络服务不再继续进行, 所分配的资源也会被收回.  $q_x = \{n_m^x | m=1, 2, \dots, M^x\}$  内的虚拟网络功能序列是有序的, 其中  $n_m^x \in N$ . 综上, 本节定义二进制变量  $\beta_m^x \in \{0, 1\}$ , 以表示  $n_m^x \in q_x$  是否部署在节点  $h \in H$  上.

$$\beta_{np}^x = \begin{cases} 1, & \text{若虚拟网络功能 } n_m^x \in N^x \text{ 部署在节点 } h \in H; \\ 0, & \text{其他.} \end{cases} \quad (3)$$

在部署服务功能链中, 移动虚拟网络运营商则需要为每个虚拟网络功能和每一个虚拟网络功能的链路找到合适的映射位置, 并且达到相应的优化目标.

### 3) 模型优化的终极目的

通过 5G 技术下 C-RAN 架构的优化实现其在影视产业转型中的应用,进而使影视产业实现数字化模式. 如上所述,设计了对 C-RAN 架构进行优化的算法模型. 并且模型进行不断优化的最终目的是通过服务功能部署最大化移动虚拟网络运营商和基础设施提供商所产生的联合利润. 其中,提供基础设施的经销商的主要收入来源为对虚拟网络所具备的功能进行排列,所需要的物理资源是其主要的支出项目. 提供虚拟网络的经销商的主要收入依靠于其服务质量(quality of service, QoS),而其服务质量所造成的损失即为其主要支出项目. 提出的模型中对虚拟网络进行租赁是 InP 的主要收入来源,包括模型节点间的链路资源及计算资源在内的物理资源成本是其主要的支出项目. 在协议功能上,CU- DU 存在多种划分方法,在 NFV 的排列收入上,对 CU- DU 设备进行了划分. 基础设施运营商的总利润可以用公式(4)表示为:

$$M_{ihm} = M_{sv} - D_{ic} - D_{sl} - D_{cu}. \tag{4}$$

其中,  $M_{sv}$  表示通过部署 SFC 生成的 VNF 部署的收入;  $D_{ic}$  表示 InP 计算资源的成本;  $D_{sl}$  表示 SFC 部署中 InP 的成本;  $D_{cu}$  表示 CU 集中设备之间的链路资源成本.

### 1.3 5G 网络虚拟化架构

随着人们网络需求的日益增长,网络服务也越来越丰富,单一的网络功能已不能满足用户需求,多功能网络服务是网络发展的必然. 在传统的 4G 网络中网络业务较为单一,缺乏较好的灵活性和可扩展性,在未来的多样化业务场景中不可避免会发生业务之间的冲突,从而影响网络服务质量. 5G 网络需要根据业务发展趋势和未来应用场景设计新型的合适的网络架构. SDN (software defined networking) 以及 NFV (network function virtualization) 等技术的发展为 5G 网络架构发展提供了新的思路,移动网络核心侧虚拟化技术日渐成熟,而接入侧虚拟化成为 5G 网络虚拟化新的研究方向.

5G 无线网络架构设计必须满足 5G 关键性能指标,同时具备网络商业运营和持续演进的能力. 相对于 4G 无线网络,5G 无线接入网络分割网络控制层面与用户层面;将 4G 中的 BBU (building Base band Unit) 切分为分布式单元和集中单元;同时开放接入网内部接口,支持厂商之间交互操作、终端多收发连接以及跨基站网络调度. CU- DU 切分能够实现核心侧功能下移,有效降低网络的带宽需求,降低网络服务时延;同时方便引入 SDN/NFV,支持灵活的网络切片,提升网络协作能力.

CU- DU 设备实现图见下图 1 所示. 可以看出:CU 与 DU 在设备实现上有多种组合方式,二者既可以集成在同一通信设备中,又可以作为 2 个单独的设备通过 F1 接口协同工作, CU 之间则通过 Xn 接口进行通信.

5G RAN 网络架构如图 2 所示. 可以看出:架构分前传链路、中传链路、回传链路 3 个连接部分. 其中,前传链路指的是 DU 与有源天线单元之间的星形连接,采用 eCPRI 接口;中传链路指的是 CU 与 DU 之间的星形连接,采用以太网接口;回传链路指的是 CU 与核心网络之间的网络连接,采用光纤回传、无线回传等方案实现.

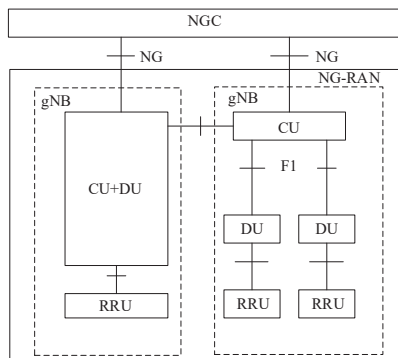


图 1 CU- DU 设备实现示意图

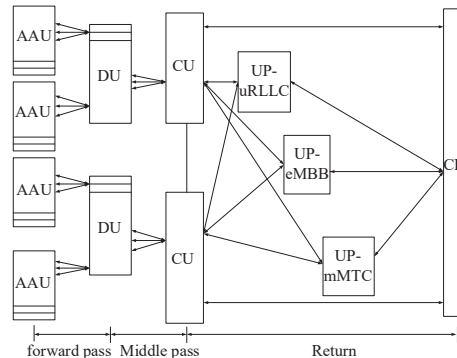


图 2 5G RAN 网络架构图

### 1.4 算法设计

如今,移动运营商正面临着激烈的竞争环境,用于建设、运营、升级无线接入网的支出不断增加,而收入却未必以同样的速度增加. 为了保持持续盈利和长期增长,移动运营商必须寻找低成本地为用户提供无线

业务的方法. 以此,C-RAN架构应运而生,C-RAN是根据现网条件和技术进步的趋势,提出的新型无线接入网架构. C-RAN是基于集中化处理(centralized processing),协作式无线电(collaborative radio)和实时云计算构架(real-time cloud infrastructure)的绿色无线接入网架构(clean system). 其本质是通过实现减少基站机房数量,减少能耗,采用协作化、虚拟化技术,实现资源共享和动态调度,提高频谱效率,以达到低成本,高带宽和灵活度的运营. C-RAN的总目标是解决移动互联网快速发展给运营商所带来的多方面挑战(能耗,建设和运维成本,频谱资源),追求未来可持续的业务和利润增长. 因此,本文设计使用C-RAN架构实现对电影产业的数字加成. 而在C-RAN中较为实用的算法为移动云计算方法(mobile cloud computing, MCC),其中云计算是MCC的核心. 具体算法设计如下.

1) 底层逻辑视图描述

在部署服务功能链的时候,发现其是典型的隐马尔可夫链模型(是一种统计分析模型,是信号处理的一个重要方向),由于目前没有技术能够对服务功能链的服务路径进行观测,但能够对其排列位置及功能组件进行观测,因此本节就使用其模型来陈述部署服务功能链中节点的状态,如图3所示. 在VNF部署位置网络图中,箭头的方向代表服务功能链请求中的虚拟网络功能顺序,同一列中不同的点表示虚拟网络功能可部署不同的位置,每一列都表示一种虚拟网络功能.

假设 $g$ 层节点集为 $H_g$ . 设 $m_t[n_g(h_a)]$ 表示 $t$ 时刻部署在节点 $h_a$ 处的 $n_g$ 的利润, $m_t[n_{g+1}(h_b)]$ 表示 $t$ 时刻部署在节点 $h_b$ 处的 $n_{g+1}$ 的利润, $m_t[n_{g \rightarrow g+1}(h_a, h_b)]$ 代表的是节点 $h_a$ 和 $h_b$ 在 $t$ 时刻的 $n_g$ 到 $n_{g+1}$ 所带来的收入,其中 $n_a \in N_m, n_b \in N_{m+1}$ . 通过维特比算法可以对 $H_g$ 中所有 $h_a$ 所构成的利润进行累计后的最大值进行计算,然后,根据出口节点可以对模型的最优路径进行追溯.

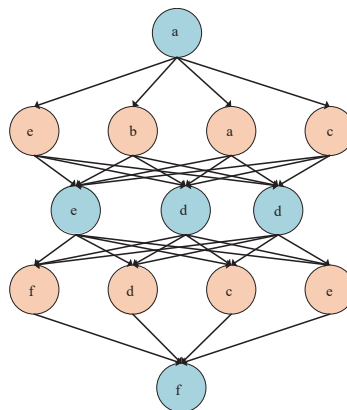


图3 虚拟网络功能部署位置逻辑视图

2) 对维特比算法进行改进

本节对维特比算法进行改进,减少运行时间,路径的优化就用利润累积来表示,部署每一个网络功能虚拟化后,最优路径可以用公式(5)表示,一般路径可以用公式(6)表示.

$$m_g(h_{\max}) = \max_{h_a \in H_g} [m_g(h_a)]. \tag{5}$$

$$m_g(h_{\min}) = \min_{h_a \in H_g} [m_g(h_a)]. \tag{6}$$

可以将SFC部署算法分为以下4个步骤,第一步对服务功能链的候选节点及路径进行初始化;第二步为对虚拟网络功能的遍历过程,在对候选节点进行确定时需要依靠遍历过程的计算资源;第三步为虚拟网络功能的遍历过程的候选节点所构成的集合;第四步遍历到前一虚拟网络的候选最优路径集合,第五步看链路带宽是否大于VNF需求,如果说否,则跳过该候选路径返回上一步,如果说是,则选择到候选节点累计利润最大路径作为最优路径,第六步,看候选节点是否都找到最优路径,选择否则返回第三步,选择否则计算候选路径累计利润阈值,第七步,看候选路径累计利润是否大于候选路径累计利润阈值,选择是,则看VNF是否遍历完毕,如果是,则返回第二步,如果是则确定最优路径部署SFC,更新资源状态并结束<sup>[8]</sup>.

将利润累计最大时候的路径作为最优路径,算法遍历服务功能链中的虚拟网络功能需要根据用户对虚

拟网络功能资源需求确定对应的部署节点以及遍历路. 基于累计利润阈值对最优路径进行筛选以降低其复杂度,若网络整体资源随累计利润阈值的变化而变化<sup>[9]</sup>,累计利润阈值降低,那说明剩余资源就会越来越少的<sup>[10]</sup>. 这样设计的每一个虚拟网络功能部署点到达节点的算法都是最省时省力的算法.

## 2 仿真分析结果与讨论

### 2.1 设备及参数设置

为了优化5G技术的资源分配算法在数字影视智能转型中的应用过程,本文设计了相应的模型,并对模型进行了模拟测试,从而分析了其性能和作用. 首先,本实验用8 GB内存PC机上进行仿真实验,用数据分析软件实现了一个离散事件模拟器,参数设置如下图4和图5所示,分布式单元节点随机链接集中单元节点生成前向链路,并且每对集中单元节点将会生成一个物理链路并且其概率是相等的.

本节设服务功能连请求满足泊松分布,每次结束所花费的时间为5 s. 对虚拟网络功能-移动虚拟网络

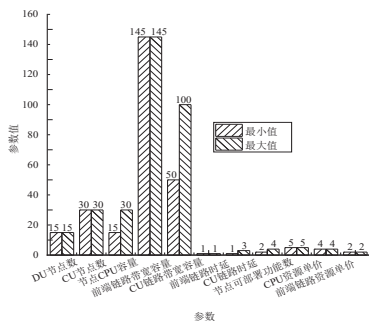


图4 底层网络设置图

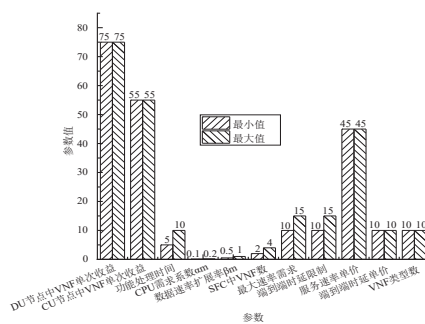


图5 VNF及SFC参数设置

运营商系统进行了实验测试,并且和贪婪算法、禁忌搜索的算法和动态规划的算法3种算法进行对比.

### 2.2 算法分析

图6表示用户网络服务接受率随服务功能链请求数量的变化情况. 如图6所示,算法的接受率都在随着网络用户请求数量的增加在减少,本文提出的算法却具有最高的接受率,如果服务功能链呈现不断增加的趋势,那么贪婪算法运行所需要的时间也会相应的呈现指数式上升,这会对服务功能链进行请求时的接受程度造成极大影响. 贪婪算法在对资源进行分配时,并没有考虑到前段服务链的资源问题,仅关注到了各个节点资源的使用情况. 当服务功能链增加至一个定值时,资源分配将会出现瓶颈,请求时的接受程度将会有所降低. 而动态规划算法并没有对各个链路的具体类型进行关注,因此也没有做相应的部署,最终造成服务功能链请求接受率降低.

图7表示用网络服务请求平均处理时间随着服务功能链请求数量的变化情况. 如图7所示,当用户网络的请求数不断增加时,算法所需要的处理时间的平均值也会不断增加,但本文所提出的算法与其它算法相比所需的处理时间并不长. 贪婪算法和禁忌搜索算法仅仅只注意到节点处理时延,在资源分配中未曾考虑链路的传输使用时延,链路传输时延的增加随着服务功能链请求不断增加,从而导致请求平均时延的增加. 动态规划算法在服务功能链部署中没有结合5G技术,从而导致最终平均处理时间的增加.

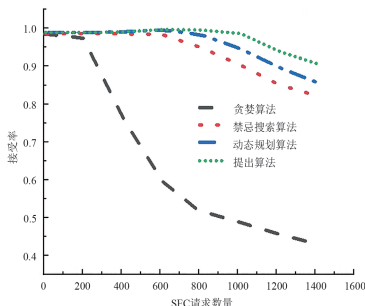


图6 服务请求接受率

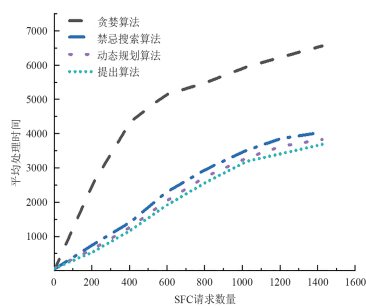


图7 服务请求平均处理时间

图 8 表示网络服务产生的联合利润随服务功能链请求数量的变化情况. 从图 8 可以看出:联合利润的大小会受到 SFC 请求数量的影响, SFC 请求数量越高, 联合利润也就越高; 在图中所列出的 4 种算法中, 贪婪算法的联合利润最低, 本文所提出的算法联合利润最高. SFC 请求数量小于 200 时, 4 种算法的联合利润并不存在较大差异, 在此之后, 本文所提出的算法展现出了较为明显的优越性. 其它算法都没有考虑联合利润的问题, 但是本文对服务功能链的部署过程进行建模, 提出的算法联合考虑服务功能链部署产生的移动虚拟网络运营商和基础设施提供商的利润, 是具有相比其它 3 种算法来说最高的联合利润. 其它算法的劣势在于对资源进行管理时并没有与当前发展十分迅猛的 5G 技术结合, 对前端链路及集中单元的节点等进行划分时并没有考虑到成本及最后带来的收益.

图 9 表示服务功能链请求数量随算法执行时间的变化情况. 如图 9 所示, 4 种算法的执行时间都在随着用户网络请求数的增加而增加, 贪婪算法执行时间随服务功能链请求数增加呈现指数变化, 由于未考虑动态规划中剪枝处理, 动态规划算法虽然比贪婪算法和禁忌搜索算法表现出了更短的运算时间, 但是在时间复杂度上却高于本文提出的算法. 综上, 本文提出的算法执行时间最短.

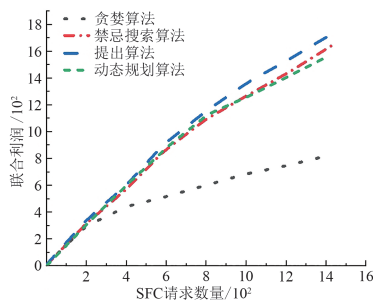


图 8 联合利润

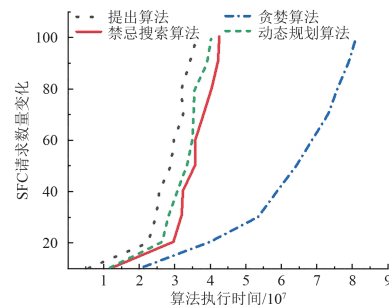


图 9 算法执行时间

### 3 结语

5G 技术的发展加快推进了物联网的发展, 为影视智能化提供了强有力的技术支撑. 通过基于 5G 技术的资源分配算法, 得出未结合 5G 场景下 GA、TS、DP 算法会导致 SFC 请求率降低, 平均处理时间增加, 缺乏更细致的成本及收益考虑, 时间复杂度较高, 突出相较 3G 和 4G 下 5G 高速、多宽带、低时延的优势, 5G 将大幅升级网络环境并降低联网成本, 使云端人工智能(AI)加速普及, 并促进 AI 终端设备联网, 实现万物互联.

人工智能技术在影像素材制作、后期剪辑、配音合成及字幕翻译等影视制作的各个环节均会涉及到. 但是, 在艺术创作中人工智能的优势并不明显, 在需要创意、角色表现、拍摄及后期剪辑等能够对艺术价值进行反映的过程中仍是人类起着主导作用. 人工智能在这个过程中只能完成一些相对简单的工作, 这也是本次研究的不足之处, 也是未来可供研究的一个方向.

### 参考文献:

- [1] 刘明月, 涂崎, 汪洋, 等. 智能电网中网络切片的资源分配算法研究[J]. 电力信息与通信技术, 2020, 18(8): 20 - 29.
- [2] 徐勇军, 彭瑶, 余晓磊, 等. 面向 5G 协作通信系统的资源分配技术综述[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2019, 31(2): 143 - 157.
- [3] WU G. Application of adaptive resource allocation algorithm and communication network security in improving educational video transmission quality[J]. Alexandria Engineering Journal, 2021, 60(5): 4231 - 4241.
- [4] 曾骏杰, 李雨楠, 辛宁, 等. 基于 QoE 感知的星地一体化网络公平资源分配策略[J]. 数据采集与处理, 2021, 36(2): 222 - 231.
- [5] 梁同乐, 王珊珊. 基于改进遗传算法的大数据中心资源分配方法[J]. 长江信息通信, 2021, 34(3): 68 - 70.
- [6] 王义君, 张有旭, 缪瑞新, 等. 5G 中基于系统中断概率的 D2D 资源分配算法[J]. 吉林大学学报(工学版), 2021, 51(1): 331 - 339.
- [7] TOPSIDE E, TSHIMANGADZO M T, BONGISIZWE E B. Enhanced resource allocation algorithm for heterogeneous wireless networks[J]. Journal of Advanced Computational Intelligence & Intelligent Informatics, 2020, 24(6): 763 - 773.

- [8] 叶青,方子叶. 虚拟资源分配优化量子学习算法仿真研究[J]. 计算机仿真,2020,37(6):288 – 292.
- [9] 蔡柳萍,俞龙. 基于遗传算法的大数据资源分配算法[J]. 重庆理工大学学报(自然科学),2019, 33(4):134 – 140.
- [10] 邹裕,覃中平. 混合网络的资源分配与虚拟机部署优化算法[J]. 控制工程,2018, 25(3):509 – 515.

## Application of 5G – based resource allocation algorithm in the intelligent transformation of digital videos

GUO Li-yuan

(School of Media and Design, Xi 'an Peihua University, Xi 'an 710000, China)

**Abstract:** A service function chain deployment algorithm based on 5G technology has been designed to maximize the joint profit of C – RAN (Centralized Radio Access Network), where baseband resources are pooled and managed uniformly for efficient distribution. This approach achieves the intelligent transformation of digital film and television by optimizing network virtualization resources, offering improved network service performance, and faster execution times. The results show that without the incorporation of 5G scenarios and algorithms such as Greedy Algorithm (GA), Tabu Search (TS), and Dynamic Programming (DP), the SFC request rate decreases, and the average processing time increases. The proposed method effectively enhances the intelligence of the computational process while reducing task processing times. The 5G – based resource allocation algorithm contributes to the intelligent transformation of digital film and television and also plays a role in the development of intelligent digital film and television technologies.

**Key words:** 5G; resource allocation algorithm; digital videos; intelligent transformation

(责任编辑 梁志茂)