DOI 编码：10.13646/j.cnki.42-1395/u.2021.08.027

基于雾计算的航道流场实时态势感知

李志鹏[1]，崔昆涛[2]，孙文强[2]

（1. 唐山港引航站，河北 唐山 066000；2. 大连海事大学，辽宁 大连 116026）

摘　要：参照雾计算的基本原理，通过对传统航标进行技术改造，应用物联网、雾计算技术，能够使其成为提供新型服务的海上通信基础设施之一。基于雾计算的航道流场实时态势感知，通过雾计算接入网（Fog Radio Access Networks, F-RAN），整合新型航标、物联网设备、附近水域的航行船舶等集群节点的可用计算资源，对分布式传感器的大量数据进行实时计算，生成航道附近水域流场的通用态势图，特别是可能出现流切变、横流较大等重要航段的流场数据，实时发布给附近水域航行的船舶，以提前做好预判并采取适当的操纵应对措施，保障航道内的航行安全，提高船舶航行安全系数。

关键词：雾计算；新型航标；航道流场；实时态势感知

中图分类号：U644　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1006—7973（2021）08-0070-05

1 引言

航标是助航标志的简称，指标示航道方向、界限与碍航物的标志，是帮助引导船舶航行、定位和标示碍航物与表示警告的人工标志。目前，对利用航标进行遥测，以及海上态势感知的研究，主要集中于航标运行数据的采集和传输，以实现航标主管部门的远程管理，并为航行船舶提供准确有效的助航服务。

为保证航道内的航行安全，船舶进出港航行时，驾驶人员高度关注风流对船舶操纵的影响，需要做好预判并提前采取适当的应对措施，保持好船位。但当航道内海流出现流切变、横流流速较大等异常情况，会对航道内航行的船舶操纵产生非常不利的影响，造成船舶偏离航道中心线，甚至发生搁浅事故。

但随着无人技术、物联网技术等新兴技术的快速发展，为海上众多重要应用场景的实现，提供了强有力的技术支撑条件。例如窄带物联网通信技术 NB-IoT 等，已逐步在包括航标遥测等海上通信应用领域，取得了一定的试验进展，也是新兴通信技术在海上应用的重要实践[1]。

以航道侧面标为例，参照雾计算的基本原理，通过对传统航标进行技术改造，应用物联网、雾计算技术，能够使其成为提供新型服务的海上通信基础设施之一。在雾计算架构模式下，通过雾计算接入网（Fog Radio Access Networks, F-RAN），整合新型航标、物联网设备、附近水域的航行船舶等集群节点的可用计算资源，对分布式传感器的大量数据进行实时计算，生成航道附近水域流场的通用态势图，特别是可能出现流切变、横流较大等重要航段的流场数据，实时发布给附近水域航行的船舶，以提前做好预判并采取适当的操纵应对措施，保障航道内的航行安全，提高船舶航行安全系数，对于船舶在航道内安全航行，具有重要的实际意义。

2 航标遥测及新兴通信技术的发展

2.1 航标遥测的现状

目前，航标遥测遥控技术已取得了一定的应用，其主要用于实现对航标状况的动态监测，包括航标位置、灯质、运行状态等数据。通过航标遥测遥控系统，利用遥测技术能够实现对航标系统的远距离测量、控制和监视。通常情况下，航标遥测遥控系统由测控中心、监测终端和通信系统三个主要部分组成。监测终端用于监测航标的运行数据，通信系统发送数据至测控中心，并由测控中心对航标运行状态进行监测与控制[2]。通过航标动态监测数据的分类和研究，以及对航标运行状况、故障原因进行分析，能够降低航标维护的劳动强度，延长航标组件的使用寿命，促进航标管理效能的提升[3]。

航标遥测遥控系统大多要求一小时上传一次数据，对通信延迟的要求相对较低，为时延不敏感型任务。现阶段，航标遥测的数据通信，在内河、港区等近距离时，多采用商用无线电通信网络，试验有效通信距离大约为 15 海里左右；当大于 15 海里时，航标上的通信终端将无法正常通信[4]。

在距离较远的情况下，部分系统考虑使用卫星通信系统，包括北斗卫星短报文通信，以及各类在建的低轨卫星通信系统。卫星通信主要是为了解决遥测遥控系统的远程通信问题[5]。

2.2 新兴通信技术发展趋势

目前，就海上通信技术应用而言，通用的、可靠的通信基础设施是非常匮乏的，特别是随着无人技术的快速发展，凸显了海上通信基础设施的制约，限制了很多重要的海上应用场景的实现。同时，由于大部分卫星通信的带宽也是较为受限的，并且普遍存在较大的通信延迟。

由于现有的海上通信可靠性、稳定性、带宽无法满足 IMO E-Navigation 战略的需求，因此，为了满足未来海上通信发展的需要，需要对现有的海上通信架构进行变革，不断注入新的技术，并建立标准化的规范 [6]。

近年来，新兴通信技术不断出现，以物联网技术为代表，为海上重要应用场景的实现，带来了希望。例如窄带物联网通信技术 NB-IoT 等，已逐步在包括航标遥测等海上通信应用领域，取得了一定的试验进展 [7]。

3 雾计算

3.1 雾计算的基本原理

雾计算是指在该通信架构模式中，数据、处理和应用程序集中在网络边缘的设备中，而不是几乎全部保存在云中，是云计算的延伸概念，由思科在 2011 年提出，并做了相关的定义。

雾计算采用分布式架构，计算平面更接近网络边缘，通过在网络边缘设备中实现数据存储、数据处理和应用服务，是分布式计算的应用 [8]。

云计算要求使用者连上远端的大型数据中心才能获取服务，而雾计算在本地即可完成服务。虽然雾计算所能提供的计算能力比不上大型的云计算数据中心，但通过充分利用集群节点算力，也能够达到整体优化的计算性能 [9]。

雾计算和边缘计算是两种比较相似的概念。雾计算相对于边缘计算，具有好的可扩展性、层次性和位置感知能力 [10]。

F-RAN 通过移动网络将原本位于云计算中心的服务、计算、存储等功能配置到移动网络的边缘处，在网络边缘处，部署在具有计算和存储能力的边缘节点，使其能够满足快速发展的移动通信服务的快速连接、实时数据操作、安全和隐私保护等方面的需求，并保持雾计算集群网络良好的动态服务性能。

3.2 雾计算的网络特征

根据 CISCO 发布的白皮书，雾计算的网络特征，主要包括 [11]：

（1）低延迟：由于雾计算能够在移动网络的边缘处，距离用户设备最近的位置，完成服务、计算、存储等功能配置，因此，能够在有限带宽的前提下，为用户提供超低延迟的计算服务，满足时延敏感型的任务场景。并且，当采集数据位于网络边缘时，包括：车辆、船舶、道路、铁路等，需要考虑雾计算。

（2）节省网络带宽：由于物联网节点会产生大量的数据，因此，将这些边缘设备产生的大量数据传输到云端是不切实际的，也是没有必要的，因为许多关键分析不需要云规模的处理和存储。雾计算则能够有效克服上述不利因素，为通信服务节省可观的带宽。

（3）数据安全性高：由于物联网数据用于涉及关键基础设施或应用场景安全运行的重要决策，在数据传输和存储时，都得到高度的安全防护。在受到攻击时，网络能够进行有效监视和自动响应，并确保基础设施和数据的完整性和可用性。

（4）异构传感器数据采集及防护：由于物联网设备可以分布，雾计算网络需要能够在具有不同环境条件的广泛地理区域内收集和保护数据，特别是在很多情况下，物联网设备部署在不受控的恶劣环境中，完成异构传感器数据采集及防护。

（5）网络上下文信息：提供网络信息和实时网络数据服务的应用程序，F-RAN 能够使众多重要的应用场景得以实现。基于 F-RAN 实时信息，这些应用程序可以估计无线信道的阻塞和网络带宽情况，并通过应用 AI 算法，使其能够做出优化的决策，以便更好地向客户提供服务 [12]。

（6）将数据移至最佳位置进行处理：最佳位置部分地取决于决策处理所需的速度，特别是对于时延敏感型决策任务，应该更靠近产生和作用于数据的物联网设备。相反，对历史数据的大数据分析则需要云的计算和存储资源。

传统的云计算架构无法满足上述性能要求。目前，通常的做法就是将所有数据从网络边缘移到数据中心进行处理，但来自众多物联网设备的流量将大大超出带宽容量，并增加了通信延迟。另外，由于云服务器仅与 IP 通信，而不能与使用无数其他协议的 IoT 设备进行通信。因此，分析大量物联网数据的理想位置，就是产生这些数据并对其进行操作的设备附近。这是雾计算的核心。

4 基于雾计算的航道流场实时态势感知

对于进出港航行船舶而言，对航道内的流场态势感知，实时性要求非常高，是典型的时延敏感型任务。

按照传统的通信架构模式，海上传感器的采集数据需要通过无线信道传送至处理中心，经计算处理后，再将计算结果发布给航道附近水域的航行船舶。这样的架构模式，在通信时延方面，存在着一些较为明显的问题，主要包括：

（1）在内河航道或近海等区域，通信传输距离较近时，可使用商用无线通信网络，但超出覆盖范围时，则商用电信网络的数据通信就会发生不稳定或中断的情况。

（2）在距离较远时，如采用卫星通信系统，则完成整个服务过程的传输延迟会很大，不能满足航行船舶对实时的流场态势感知的需要，同时，由于航标多采用可再生能源，能源能力存在一定的动态变化，并且也较为有限，在这种情况下，航标的上行链路通信能耗也是较大的，存在明显的制约。

（3）不论采取何种传输方式，由于生成进出港航道附近水域流场态势图，需要将传感器的多点测量数据，进行联网计算。如按照传统的通信架构模式，将传感器数据传送至远程云端进行计算，计算服务完成后，再将服务结构反馈并发布给航道内航行的船舶，会受到信道带宽、传输延时、覆盖范围等不利因素的明显影响，在实际应用中，是不可忽视的。

基于此，通过应用物联网、雾计算技术等新兴通信技术，对传统航标等海上设施进行技术改造，能够使其成为提供新型服务的重要海上通信基础设施之一，能够为众多重要海上应用场景的实现，提供技术支撑条件。

基于雾计算的航道流场实时态势感知，改变传统的通信架构，着重于改善通信延迟、传输带宽等限制因素，为时延敏感任务，提供实时的计算服务。

在上述架构模式下，智能航标，以及各类物联网传感器设备采集的大量数据，不需要回传至数据处理中心进行服务解算。通过充分利用雾计算集群节点的计算资源，在网络边缘，即可生成航道流场态势图，并将服务实时分发给附近航行船舶等网络节点，极大地改善服务的通信延迟及计算延迟，且有效地降低了对航标等设施通信能耗的要求。

4.1 系统架构

基于雾计算的航道流场态势感知，参照雾计算概念设计，并结合海上应用场景的实际情况，着重改善通信延迟、传输带宽、有效覆盖范围等限制因素。

网络由新型航标、物联网传感器、船舶等集群节点组成。通过充分利用异构且多样化的存储、计算资源，使集群整体算力得到有效地发挥，提升网络的整体计算性能。

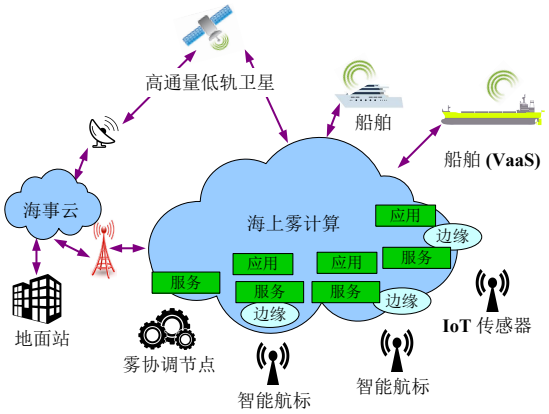

图 1　基于雾计算的航道流场态势感知架构

在雾计算架构模式下，集群网络能够充分利用节点的可用计算资源，智能航标，以及各类物联网传感器设备采集的大量数据，可以在整个系统的网络边缘完成计算服务，不需要将数据回传至远程云端的数据处理中心进行服务解算，改善了整个服务过程的通信传输延时和计算延时。

通过 F-RAN，有效整合新型航标、物联网设备、附近水域的航行船舶等集群节点的可用计算资源，对分布式传感器数据进行实时计算，生成航道附近水域流场的通用图景，特别是可能出现流切变、横流较大等重要航段，首先发布给附近水域航行的船舶，以提前做好预判并采取措施，保障航道内的航行安全。

尽管相对远程云，单个雾节点的算力是较为有限的，但是随着信息技术的不断发展，通过充分利用雾集群节点的可用计算资源来提高整体的计算性能，也能够有效地改善海上通信条件（有效覆盖范围、信道带宽、信道质量等因素）带来的不利影响。

受平台尺寸、可再生能源供应等因素的制约，航标等海上基础设施的算力相对有限，集群网络中的船舶节点可以提供其可用的计算资源，作为有效的补充，以达到网络整体优化的性能。并且，当集群网络中，船舶等可用计算资源的节点逐步增加时，经有效协调并充分利用，网络的整体算力会进一步提升，为时延敏感型任务，提供更佳的计算服务。

由于包括航标、物联网传感器等海上雾计算集群节点采用可再生能源，能源能力较为有限，且动态变化较大。雾计算集群能够兼顾节点的移动性、能源能力动态性，实现网络节点综合能源能力的充分利用，使网络综合能耗保持在动态合理水平。

与航道附近水域航行船舶相比，主管部门或者其他用户对海域的流场态势数据的实时性要求，可以适当降低。根据实际需要，该部分通信可采用包括海上近程通信系统，或者高通量低轨卫星等方式。

综上所述，基于雾计算的航道流场实时态势感知，能够根据海区的交通状况，船舶请求服务的数量，以及海区的关注度，提供实时的、可靠的海上态势感知服务，对于保障航道内航行船舶安全具有重要意义。

4.2 关键技术

4.2.1 基于移动通信的 V2V 通信技术

V2V 通信技术是用于移动通信网络中，临近节点设备之间直接进行信息交换的通信技术。建立 V2V 通信链路后，数据交互无需核心设备的干预，能够大大提升频谱利用率和吞吐量，是解决移动终端大数据接入及传输、时延敏感型任务场景的重要途径。

在基于雾计算的航道流场态实时势感知应用场景中，基于移动通信的 V2V 通信技术，能够有效地提高集群频谱效率；利用近距离增益，雾计算集群节点可以在较小的发射功率条件下，获得更大的传输速率。同时，依靠有限的能源能力，提升集群节点的通信性能。

4.2.2 智能组网技术

智能组网技术可以在低时延、高可靠性应用场景中，有效地降低节点之间的通信时延，具备在低功耗、大连接场景中，提高网络覆盖和接入的能力，支持更高的灵活性和可扩展性的网络拓扑结构。

基于雾计算的集群节点，利用智能组网技术，可以在网络内灵活自组织和自管理，网络功能和角色、网络拓扑的动态配置，灵活地实现包括控制、管理和传输服务的集群内、本地化处理。

4.2.3 F-RAN 无线接入网架构优化

在 F-RAN 中，用户层面和控制层面解耦，控制能力和计算能力下沉，协作无线信号处理和协同无线资源管理功能，可在集群节点之间灵活实现，克服了传统接入网中非理想前传链路受限的影响，实现了更高的网络性能增益 [13]。

在系统级层面上，融合人工智能技术；在链路级层面上，融合非正交多址技术的新型F-RAN架构优化技术，为 F-RAN 不断地演进，提供了更多的技术可能性 [14]。

4.2.4 雾集群节点的负载均衡

通常情况下，受海上能源供应的限制，包括新型航标、物联网传感器等海上基础设施，单个节点的算力，也是较为有限的。只有充分和平衡的利用每个群集节点的计算能力，才能够优化集群整体的计算性能，以达到满足延迟敏感型任务的要求。

相对而言，航道附近水域航行的船舶，可以配置较强的计算资源。由于海雾集群拓扑结构是动态变化的，系统能够根据需要对组织进行重构，包括节点成员丢失或损坏、新增的节点成员等，因此，在集群节点之间进行有效协调和负载平衡，以实现充分利用成员节点的计算能力，就变得尤为重要。

加之，海上无线信道的状态会随时间快速变化，因此，只有充分、平衡地利用每个成员节点的计算能力，才能达到整体计算性能的优化和提升。

4.3 运行成效

（1）基于 MEC 的航道流场态势感知，通过 RAN，航标、物联网设备，以及附近水域的航行船舶，充分发挥移动边缘计算优势，将分布的传感器数据进行实时计算，生成航道附近水域流场的通用图景，特别是可能出现流切变、横流流速大等重要航段，进行及时的预警，并发布给航道内附近水域航行的船舶，提早预判并采取应对措施，保证船舶的航行安全。

（2）航道流场的实时态势感知，首先于服务航道内附近水域航行的船舶，必要时也可发布给主管机关或其他相关用户，对通信时延的要求也可以相对适当降低。

（3）由于 MEC 网络充分利用了成员节点的计算能力，计算服务主要分布在边缘节点上，智能航标、物联网传感器的采集数据，不需要传送至岸基中心进行处理，对通信设施建设的要求也相对较低，同时也有效地降低了设备的能耗。

5 结语

雾计算能够消除往返云计算的通信过程，从而提高了任务响应速度。基于雾计算的航道流场实时态势感知，区别于传统的架构设计模式，克服了原有体制的通信覆盖范围、通信带宽的制约，

DOI 编码：10.13646/j.cnki.42-1395/u.2021.08.028

肖特尔 SRP1515FP 舵桨气动离合器空气系统分析与改进

马明轩

（国能黄骅港务有限责任公司，河北 沧州 061113）

摘　要：本文主要介绍一种全回转拖轮常用的肖特尔 SRP1515FP 型舵桨，通过对其气动离合器的空气系统工作原理和常见故障进行总结，分析其系统设计中不足，进一步研究空气系统的改进方法和解决措施，从而提高舵桨离合器运行的安全性和可靠性，对港口拖轮同类型舵桨气动离合器空气系统改进有一定借鉴意义。

关键词：拖轮；舵桨；离合器；空气系统

中图分类号：U664　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1006—7973（2021）08-0074-03

当前，国内外全回转拖轮动力传输系统广泛采用 Z 型传动形式，其主要结构特点是柴油机通过中间轴驱动舵桨运行，并在中间轴和舵桨中间安装离合器，以实现柴油机和舵桨间动力传输的分合，通常离合器会集成到舵桨设备中。按照动力源的不同，拖轮舵桨用离合器主要分为液压离合器和气动离合器，两种形式各有所长，其中气动离合器具有转矩范围广、结构形式简单、启动性能柔和、动力源易获取等特点，应用较为广泛和成熟，

能够充分发挥雾计算的性能优势，将生成的航道附近水域流场的通用态势图，实时地发布给航道内附近水域航行的船舶，对于保障船舶航行安全具有重要意义。

参考文献：

[1] 马甲林 . 基于 NB-IoT 技术的航标遥测遥控系统研究 [J]. 中国水运 , 2018(18):51-52.

[2] 李辉 , 桑凌志 . 标准化航标遥测遥控系统研究与实现 [J]. 中国海事 , 2019(6):36-40.

[3] 孙涌新 , 吴若琦 . 航标遥测数据的研究和应用 [J]. 中国海事 , 2018(12):51-54.

[4] 梁海凤 , 郭章俭 . 基于 AIS 技术航标遥测遥控应用的探讨 [J]. 珠江水运 , 2018(10):52-54.

[5] 郭章俭 , 陈健 . 航标遥测遥控系统中北斗卫星通信技术的应用研究 [J]. 珠江水运 , 2019(6):52-53.

[6] IMO. NAV 58/WP.6/Rev.1 E-NAVIGATION: Report of the Working Group[S].2012.

[7] 巩海方 , 姜书成 . 窄带物联网技术在航标遥测遥控中的应用 [J]. 航海技术 , 2019(6):64-66.

[8] A. Mukherjee, "Fog-Aided Data Reception in Next-Generation MIMO Radio Access Networks with Edge Sensing," 2018 IEEE International Conference on Communications (ICC), Kansas City, MO, USA, 2018, pp. 1-6.

[9] J. Kang, O. Simeone, J. Kang and S. Shamai. "Control-Data Separation With Decentralized Edge Control in Fog-Assisted Uplink Communications," IEEE Trans. Wirel. Commun., vol. 17, 2018, pp. 3686-3696.

[10] Y. Zhang, H. Zhang, K. Long, Q. Zheng and X. Xie, "Software-Defined and Fog-Computing-Based Next Generation Vehicular Networks," IEEE Communications Magazine, vol. 56, 2018, pp. 34-41.

[11] CISCO. "Fog Computing and the Internet of Things: Extend the Cloud to Where the Things Are," White Paper, 2015.

[12] M. Patel et al., "Mobile-edge computing—Introductory technical white paper," White Paper, Mobile-Edge Computing (MEC) Industry Initiative, 2014.

[13] 滕龙 . 雾无线接入网中缓存技术研究 [D]. 重庆 : 重庆邮电大学 , 2019.

[14] 张贤 , 曹雪妍 , 刘炳宏 , 等 . 6G 智慧雾无线接入网 : 架构与关键技术 [J]. 电信科学 , 2020(1):1-8.