



海洋互联网的应用前景

姜胜明, 单翔

(上海海事大学信息工程学院海洋互联网技术实验室, 上海 201306)

摘要: 海洋互联网 (marine internet) 的初衷是将陆地互联网尽量无缝地延伸到海洋环境中 (包括水下、水面和空中), 为在海洋环境中的用户提供互联网服务, 其重要性和意义不言而喻。然而, 在海洋这个特殊的环境中, 海洋互联网还有许多潜在的应用。简要地讨论一下这些主要应用和主要研究内容, 希望引起大家对海洋互联网研发的高度重视。

关键词: 互联网; 海洋互联网及其应用; 海洋协作平台; 国家战备网络

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019049

Application prospects of marine internet

JIANG Shengming, SHAN Xiang

Marine Internet Laboratory, College of Information Engineering, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China

Abstract: The original intention of marine internet aims to extend the terrestrial internet to the marine environment (including underwater, surface and air) seamlessly as much as possible, providing internet services for users therein. However, there are still many other potential applications of the marine internet in such specific marine environments. These applications and main research issues were discussed briefly in order to call for more attentions to the R&D of marine internet.

Key words: internet, marine internet and application, cooperation platform in ocean, national strategic network

1 引言

简单地说, 海洋互联网 (marine internet) 是陆地互联网在海洋环境中的延伸, 它由笔者在 2012 年一次大会的特邀报告中所提出^[1], 2013 年正式发表^[2], 2018 年 6 月, 《电信科学》期刊组织

了“海洋互联网”专题, 收集了 6 篇相关文章^[3]。随着研究的不断深入, 对海洋互联网的内涵、应用以及它对陆地互联网影响的认识也不断得到扩充和加深。尤其是在应用方面, 海洋互联网从当初作为陆地互联网的延伸, 逐步发展成为现有海事通信系统、海洋环境中的信息化协作平台、海

收稿日期: 2018-11-12; 修回日期: 2019-03-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No.61472237); 国家自然科学基金与广东省联合基金项目 (No.U1701265)

Foundation Items: The National Natural Science Foundation of China (No.61472237), The National Natural Science Foundation of China (NSFC)-Guangdong Joint Fund Project (No.U1701265)

洋保护和防御辅助通信系统,甚至可将海洋互联网的组网理念应用到陆地互联网中,构建国家战备网络^[4-6]。

2 海洋互联网简介

海洋互联网试图将陆地互联网尽量无缝地延伸到海洋中,覆盖水下、水面和空中,以实现空地海一体化通信系统。但是,海洋是如此宽广、深奥和复杂,造成了陆地与海洋在地理环境、气候条件和用户分布特征等方面存在巨大差异^[1,7]。所以,目前无法找到能适应海洋环境且满足各种通信需求的单个通信方式,也不存在单个网络技术能满足海洋中不同用户的互联互通的需求。海洋互联网组成如图1所示。

针对上述问题,在前期研究中提出了海洋互联网的实现思路,即利用一切可以利用的通信网络资源进行组网,但又不依赖于任何一种特定的网络资源而运作,并在运行过程中,根据需要实时调整组网方式,以最大限度地满足应用的要求^[1,7-8]。目前可利用的成熟通信网络技术包括陆地移动通信网络、海事无线电通信系统等,它们可用来构建岸基网络^[1,7,9],为近岸水域的用户提供无缝的海洋互联网服务;同时综合利用各种动态拓扑无线网络(如由船舶、浮标组成的水面自组织网络)来扩展岸基网络覆盖范围;再利用各种机会网络

(如由直升机、民航飞机等组成的网络)来提供机会性网络服务;采用高空通信平台来满足特定场合的临时性要求;在卫星服务性价比不高且有其他网络的情况下,卫星可作为最后选项,但当陆地服务无法无缝地延伸到远海水域时,卫星通信是为该水域提供服务的唯一方式;水下采用无线(水声)自组织网络,再通过水面上的各种网络以及海底观测网来实现互联^[1,7-9]。

3 主要应用前景

本节将从海洋环境中需要依赖于数据传输的典型应用来简要讨论海洋互联网的应用前景。各种应用对数据传输的性价比及传输系统的顽健性和抗毁能力等方面的要求是不同的;按照这些要求,粗略地将海洋互联网的应用前景分成四大部分,即陆地互联网的延伸、海事通信系统的提升、海洋信息化应用的平台和国防应用。

3.1 陆地互联网的延伸

即将现有陆地互联服务无缝地扩展到近海环境中^[1-2],为该水域的海洋互联网用户,如海员、渔民、离岸作业平台用户、海洋研究和探测的科学家,甚至守岛军民,提供性价比高的互联网服务。这里之所以突出性价比,是因为目前由卫星所提供的互联网服务的性价比不是普通互联网用户能承受的^[7]。我国正在发展的“天通一号”正

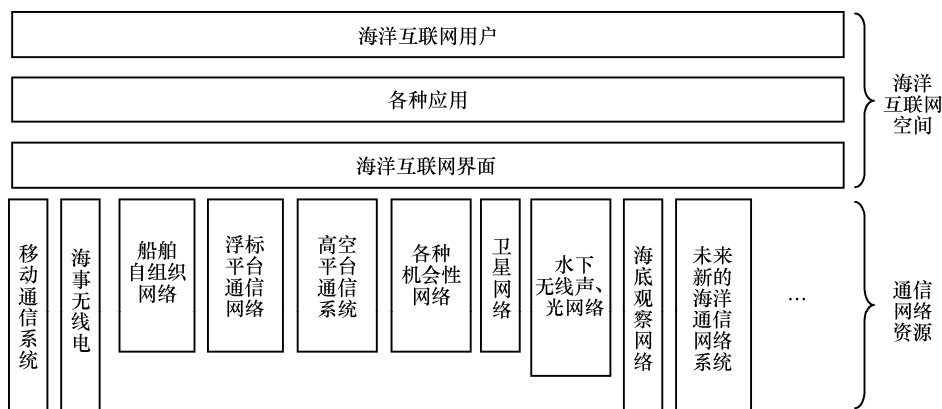


图1 海洋互联网组成



努力改变这一局面,提出了堪称“白菜价”的服务;但是该服务所用的新智能机的零售最低价格是1万元,通信费用每分钟1元钱起步,相当于目前国际移动卫星公司的1/10。

3.2 海事通信系统的提升

海事通信系统发展历史悠久,是海上交通运输和救援的重要通信平台,对保障海上运输作业的安全和效益起到关键性的作用。现有海事通信系统主要由岸基海事无线电系统和海事卫星系统组成。由于同样的原因,海事卫星服务价格目前仍然很高^[8],提高了海上运输的成本。而岸基海事无线电虽然已很成熟,但是由于受到带宽的限制(VHF 6.025 MHz, UHF 20 MHz),它已无法满足目前海上运输日益增长的通信需求,如AIS系统的普及和应用的推广^[9],更无法支持以无人化为标志的智慧航运新的发展需要。据统计,全球有超过70%物流是由航运来完成的,所以智慧航运的发展将大大提高海上运输的效率和安全性,降低海上物流成本,将进一步对整个物流成本的降低起到积极作用。

为了实现上述目标,需要研发性能更好、性价比更高的海事通信系统。由于海洋互联网能尽最大努力综合利用各种通信网络资源,可以用来提升甚至改变现有海事通信系统的格局。例如,参考文献[9]提出可以将海洋互联的岸基系统与海事无线电的岸基系统进行融合,不仅在基础设施方面进行共享,还可以让海事无线电系统分享移动通信系统丰富的通信带宽来解决其发展瓶颈。这不仅能提升现行海事通信系统性能和性价比,而且能催生新的海事通信系统,形成新型海事通信设备产业。这对我国相关产业尤其重要,因为现行海事通信系统设备大多数靠进口。

3.3 海洋信息化应用的平台

如同陆地互联网,海洋互联网可为不同的信息化应用提供一个统一的开发平台,使这些应用的用户实现互联互通。这些应用主要包括以下方

面:海洋物联网的骨干网、海洋通信网络资源分配优化、海洋作业的协作平台和智慧海洋的发展之路。

(1) 海洋物联网的桥梁

陆地物联网由无线传感器网络和陆地互联网组成。前者是实现物体与网络空间相连的手段,后者是把分布在不同区域的无线传感器网络进行跨时空连接的平台,从而实现万物的互联互通。同样,海洋物联网也需要海洋互联网将分布在不同区域的水面和水下的传感器网络连接起来。

如图2所示,海洋物联网大致分为海面和水下物联网两部分。海面物联网主要是由安装在水面船舶、浮标以及各类平台上的传感器所组成的,例如温度、湿度、风速/风向、雨量、定位等传感器^[10]。无人驾驶船舶还需要配备其他传感器以收集船内外影响航行的数据。虽然船舶之间可形成船舶自组网络,但无法满足大范围数据收集和传输的需求。

水下物联网由各种水下传感器网络组成,应用于环境监测、水下探测、灾难预测、港口安全和国防等方面。典型的传感器有水温、盐度、流速、声呐以及各类生物和化学传感器等。但是由于物理特性的限制,目前水下传感器主要由水声网络相连。而水声通信的一些特点,如无法长距离高速传输、传播速度慢以及信道质量不稳定等,使得单个水声传感器网络无法高速地覆盖较大的水下区域,所以,需要用海洋互联网将分布在不同海洋区域的无线传感器网络连接起来,形成大范围的有效覆盖。

(2) 海洋通信网络资源的优化分配

目前海洋环境中用户所遇到的数据传输问题可分成两个方面:网络内部的数据传输问题,即用户自身网络内节点之间的数据传输,目前这个问题一般由用户自己解决,形成了各种组网方法;网络外部数据传输问题,即用户需要将数据传输到外部节点,如陆上服务器。目前绝大多数用户

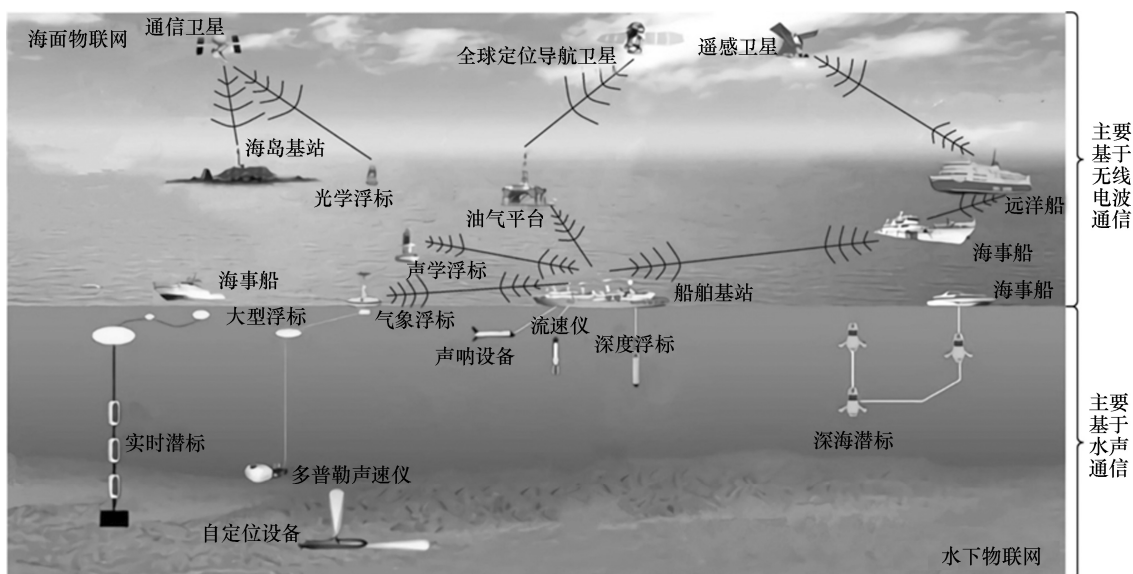


图2 海洋物联网的组成

只能购买第三方服务，例如靠近海岸的用移动通信服务，而远离海岸的用卫星服务。

目前用户一般独自购买上述服务，且所购买的服务无法共享来分担成本。如前文所述，相对于移动通信服务，目前卫星服务的性价比还很低；所以，当一个移动用户靠近海岸时，最好使用移动通信服务，在不得已时再使用卫星服务。卫星服务套餐一般提供预付费和后付费两种服务，前者是一次购买一定的数据流量，后者按照实际消费支付。前者往往会相对便宜点，但是一旦用不完，就只能浪费了。

海洋互联网可以提供一个通信网络资源的共享平台，根据用户的位置和应用要求实时地调整通信网络资源的分配，以降低用户的通信成本。主要运作要点如下：由 A 统一购买一定数量的移动通信服务和卫星服务，并尽量利用一些其他的网络资源，例如船舶自组网等；用户向 A 购买服务，而不是直接向通信服务提供商购买服务；A 根据用户的应用要求及其位置变化，实时地为 A 选择性价比更好的服务，以降低用户的通信成本。

(3) 海洋作业的协作平台

海洋中一直有大量的人类活动存在，除了熟

知的捕鱼、海运、旅游和油气生产等活动外，还有各种海洋环境考察、探测、灾难预警和科研等活动，例如海洋气候、潮汐和赤潮的观察及水文数据的收集，地震、海啸等自然灾害的预警，海洋资源的勘探、开采和运输，海洋大气、生物、物理、化学和地理等方面的科学研究等。但是目前这些活动几乎都是独自进行的，彼此之间缺乏沟通，更无法协作，呈现“九龙治水”的局面。

海洋中的活动成本巨大，相关单位也希望通过相互协作来降低成本。但是，目前缺乏统一、便捷和性价比高的通信网络平台来共享信息和协调活动，也无法将部署在海洋中的设备连接起来，实现有效的远程控制和共享，主要原因是缺乏高性价比的海洋物联网。前文已经讨论过海洋互联网对海洋物联网建设以及在支持信息共享方面的作用，所以，它也能对海洋作业的协作平台的建设发挥积极的作用。

(4) 智慧海洋的发展之路

智慧海洋是以完善海洋信息采集与传输体系为基础，将海洋权益、管控、开发三大领域的装备和活动进行体系性整合，以实现海洋资源共享和海洋活动协同^[1]。目前，智慧海洋不仅是相关



行业所关注的热门话题,更成为国家发展海洋强国战略的组成部分。虽然目前尚需对智慧海洋的具体内涵进行完善,但实现智慧海洋的几个要素是明确的。首先,有大量原始的、多维度、多粒度和跨时空的数据需要收集,同时,需要对这些海量数据进行有效的处理、融合及分享。这些操作都离不开海洋互联网。同样,分布在海洋中的各种仪器设备需要远程控制,不同涉海单位需要有效协作,这些实践活动都离不开数据的有效传输,需要海洋互联网的支持。

3.4 国防方面的应用

海洋互联网具有较强的抗毁能力,这一特点可以用来增强国防通信系统的生存能力,例如近海防御网络系统和国家战备网络系统。

(1) 近海防御网络系统的辅助成分

近海防御是国防安全的重要组成部分。我国是一个海洋大国,领海面积约 300 万平方千米,有 6 500 多个岛屿和 1.8 万千米的海岸线,所以防御工程相当巨大。任何防御系统都离不开情报收集和 target 侦测、通信和反制等系统。部署在岸基、水面、水下和空中的各种传感器设备构成情报和侦测系统,并通过特定的通信网络与指挥中心和反制系统联系起来。现行通信系统中的很多设施是固定的或者其运动轨迹是可预测的,所以它们容易被发现和破坏,最终会影响整个防御系统的功能发挥。另外,在广阔水域和空域中及时准确地识别目标相当困难。而在海洋环境中,有大量的民用和商用以及科研用船舶、飞行器和水下航行器等,海洋互联网能够把它们连接起来,成为近海防御通信系统的辅助部分,协助情报收集和 target 识别。

上述所提民用、商用和科研用设施不仅可装载各类传感设备,也可成为海洋互联网的网络节点。由于海洋互联网能尽最大努力综合利用这些网络资源,有较强的生存能力。所以近海防御通信系统可以利用海洋互联网来提高其顽健性。另

外,通过海洋互联网可以为进入我国领海的船只提供互联网服务,不间断地宣示领海主权。例如,可以在远海的荒岛或者大型水面浮标平台(如中国电子科技集团有限公司制造的综合信息浮台^[12])上安装通信设备,构成如 Wi-Fi 的海洋互联网的接入点,在提供海洋互联网服务的同时,宣示领海主权。

(2) 国家战备网络系统生存能力的提升

构成现行陆地互联网设施的位置一般都是固定的,如路由器、基站和光纤;同样,国防系统所用的通信网络除了固定的有线网络外,还有卫星网络及其他无线网络。这些固定的设施比较容易被发现;卫星虽然是移动的,但其运动轨迹是可以被探测和预测的。应急通信系统往往是无线的,任何主动发射大功率无线信号的设施均可以被锁定。这些重要的通信设施在关键时刻就是首选的攻击目标,一旦被敌方摧毁,如何应急和指挥是面临的难题。

随着国民经济快速稳健地发展,现在我国已经有很多民间和商用设施可以成为通信网络节点,如各类交通工具(小汽车、货运车、船舶、摩托/电单车等)、路灯架、电线杆甚至手机等。这些节点的数量庞大,其运动轨迹无法预测。它们均可以通过海洋互联网的组网方式来构建一个无处不在又无法被彻底摧毁的网络。虽然它在性能和可靠性方面无法与基于固定设施的网络相媲美,但当这些设施被摧毁后,它们就成为“救命稻草”。

所以,通过将海洋互联网的组网理念扩展到陆地网络,形成一个全民可参与的“人民网络”,并使它成为国家应急战备通信网络的一部分,以提高其生存能力。同时,也可以使“军民融合”从技术、产品、资本等方面上升到应用系统的融合,实现军民一体的国防通信体系。

4 主要研究内容

海洋互联网是个超大规模、多模协作的混合

网络,其网络单元可以是单个节点或子网络,可以是政府所属、企业经营或者民间自建;它们可以被预先建好或临时组建,可以是固定或移动的。要想将这些网络单元有机融合以形成大规模、高动态和相互协作的网络,需要在网络架构、组网方法、管理及安全等方面进行研究。水下无线网络研究内容已在参考文献[13-15]中进行了讨论,水上网络的主要研究内容小结如下。

(1) 海洋互联网的系统架构

为了使不同类型的网络单元能融入海洋互联网系统中,需要研究在动态变化的网络边界情况下网络互联的方法及与之相适应的系统架构,这是因为不同于传统网络,海洋互联网的拓扑和网络的边界都是不断变化的。

(2) 海洋互联网的服务系统

海洋互联网用户可能来自世界各地,临时聚集在一起,需要研究在缺乏可靠网络连接的情况下用户身份验证和网络安全等问题。陆地互联网服务是基于固定服务器的,但在海洋环境中,为了更好地服务海洋互联网用户,可能会出现移动服务器,所以需要研究在这种情况下域名服务及用户漫游的方法。

(3) 海洋互联网的标准体系

由于海洋互联网的开放性,其网络单元和用户可能来自不同国家地区,临时聚集在同一水域;它们会使用不同的无线频段和通信制式,拥有不同的通信容量,并涉及用户管理等问题;如上所述,海洋互联网可作为不同应用的平台来实现互联互通。要想有效地实现这些目标,需要研究相关标准。

(4) 网络资源的快速感知和智能分配

由于海洋互联网的复杂性和网络资源的动态变化,需要研究能及时发现海洋环境中各种可用通信网络资源并合理有效地分配它们的方法,以尽可能满足用户在性价比方面的要求;另外,海洋互联网无法对网络资源实现统一管理和分配,

在这种情况下,如何支持用户使用资源的优先级也需要进行研究。

(5) 关键网络协议和算法

这涉及网络路径探测、评估和选择以及端到端服务质量和安全性等相关问题。当性价比高的卫星网络服务没有普及时,海洋互联网需要依赖不同网络协作来最大化数据传输的机会,在这过程中如何鉴别各自的身份和确保数据的安全是一大挑战。在如此大型的动态拓扑网络中,如何及时地寻找到性价比合理且满足应用要求的端到端传输路径和方法也面临挑战;不同于现有网络,路径及相应的资源分配可在呼叫建立时确定,而且在会话过程中一般保持不变;但是在海洋互联网中,这种变化会时常发生,尤其当路径中有一部分是机会性路径时。

5 结束语

本文简要地讨论了海洋互联网的一些主要潜在应用和研究内容,从中可以领悟其重要性和意义,尤其是在建设海洋强国方面所能发挥的积极作用。但是,目前海洋互联网的研发还处在起步阶段,希望有更多人加入它的研发活动中,共同努力,使我国在这一领域处在世界领先地位。

参考文献:

- [1] 姜胜明. 海洋互联网技术展望[R]. 2012.
JIANG S M. Perspective of marine internet technology [R]. 2012.
- [2] JIANG S M. On marine internet and its potential applications for underwater internetworking[C]//The ACM International Conference on Underwater Networks & Systems (WUWNet), Nov 11-13, 2013, Kaohsiung, China. New York: ACM Press, 2013.
- [3] 陈芳炯. 声电协同海洋信息传输网络[J]. 电信科学, 2018, 34(6): 20-28.
CHEN F J. Acoustic-radio cooperative marine information network[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(6): 20-28.
- [4] JIANG S M. Marine internet versus internet of marine things[R]. 2018.
- [5] 姜胜明. 海洋互联网的应用前景及发展思路[R]. 2018.



- JIANG S M. Application prospective and development roadmap of marine internet [R]. 2018.
- [6] 姜胜明. 海洋互联网应用前景分析[R]. 2018.
- JIANG S M. Analysis of application prospective of marine internet [R]. 2018.
- [7] 姜胜明. 海洋互联网的战略战术与挑战[J]. 电信科学, 2018, 34(6): 2-8.
- JIANG S M. Strategies, tactics and challenges of marine internet[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(6): 2-8.
- [8] JIANG S M. A possible development of marine internet: a large scale cooperative heterogeneous wireless network[C]//The International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking (NEW2AN), Aug 26-28, 2015, Saint-Petersburg, Russia. Berlin: Springer, 2015: 481-495.
- [9] JIANG S M. Fostering marine internet with advanced maritime radio system using spectrums of cellular networks[C]//IEEE ICCS, Dec 14-16, 2016, Shenzhen, China. Piscataway: IEEE Press, 2016.
- [10] AL-ZAIDI R, WOODS J, AL-KHALIDI M. Next generation marine data networks in an IoT environment[C]//International Conference on Fog and Mobile Edge Computing (FMEC), May 8-11, 2017, Valencia, Spain. Piscataway: IEEE Press, 2017.
- [11] NYBOM K, LUND W, LAFOND S, et al. IoT at sea[C]//IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), June 6-8, 2018, Valencia, Spain. Piscataway: IEEE Press, 2018.
- [12] 中国电子科技集团有限公司. “蓝海信息网络”九大“海洋神器”[Z]. 2017.
- CETC. Nine artifacts for blue ocean information network[Z]. 2017.
- [13] JIANG S M. State-of-the-art medium access control(MAC) protocols for underwater acoustic wireless networks: a survey based on A MAC reference model[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2018, 20(1): 96-131.

- [14] JIANG S M. On reliable data transfer in underwater acoustic networks: a survey from networking perspective[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2018, 20(2): 1036-1055.
- [15] JIANG S M. On securing underwater acoustic networks: a survey[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2019, 21(1).

[作者简介]



姜胜明 (1964-), 男, 博士, 上海海事大学信息工程学院院长、教授、博士生导师, 先后在香港科技大学、新加坡国立大学、新加坡信息通信研究院、英国格拉摩根大学和华南理工大学等从事教学与科研工作, 长期从事通信网络结构、协议和算法等方面的研究工作。作为核心骨干成员参与了国家“973”计划和“863”计划项目, 编写全英文专著两部 (Springer), 获得国家发明专利9项, 发表论文150多篇, 曾被评为华南理工大学首届“我最喜爱的导师”, 获选首届上海“千人计划”创新人才, 担任第11届IEEE国际通信系统会议 (ICCS 2008) 组委会主席及30多个国际学术会议技术程序委员会 (TPC) 成员以及《International Journal of Distributed Sensor Networks》编辑。



单翔 (1994-), 男, 上海海事大学信息工程学院海洋互联网技术实验室硕士生, 主要研究方向为 Semi-TCP 协议与实现。