

작전적/전술적 데이터 구분에 의한 적응적 해상 네트워크 운용

이승구¹ 이민우² 이창호¹ 임재성^{3†}

- I. 서 론
- II. 전쟁의 수준에 따른 데이터 구분
- III. 전술적 상황에 따른 적응적 데이터 전송 방안
- IV. 데이터 전송성능 분석
- V. 결 론

요약

본 논문에서는 NCOE에서 해상 네트워크의 효과적인 운용을위해 전쟁의 수준(Level of War) 개념을 적용하여 함정에서 생성된 정보를 작전적 데이터와 전술적 데이터로 구분하고 전술적 상황에 따라 해상 통신망을 적응적으로 운용하는 방안을 제안하였다. 이로써 위성망 장애 발생 시에도 전술적 데이터를 무선망으로 전송할 수 있음을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

<핵심어> NCW, 전술데이터 링크, 해상 네트워크

1 해군본부 정보화기획실 기반체계과(해군중령, 해군대령)

아주대학교 일반대학원 NCW학과 박사과정

2 해군 장보고-III협력단 장보고-III협력팀(해군소령)

3[†] 아주대학교 일반대학원 NCW학과

(교신저자 Tel: 031-219-2545, E-mail: jaslim@ajou.ac.kr)

논문접수일 : 2016년 9월 20일 게재확정일 : 2016년 10월 21일

논문수정일 : 2016년 10월 14일(1차), 2016년 10월 18일(2차)

Study on classifying operational data and tactical data to manage maritime networks

Lee, SeongGu¹ Lee, MinWoo² Lee, ChangHo¹ Lim, JaeSeung^{3†}

Abstract

Navy's maritime operations not only require tactical operations within LOS (Line of sight) range, but also require strategic and/or operational C2 (Command and Control) with command posts that are located in BLOS (Beyond Line of sight) range. To achieve these goals in maritime operations, U/VHF communications network is utilized for LOS range, and HF communications network is utilized for ELOS(Extend Line of Sight). The introduction of satellite have been revolutionizing maritime operations. Although voice and data communications are widespread and commercialized, utilization of wireless network for data communication for the future battlefield is absolutely necessary.

This research categorizes types of strategic and tactical data information (referred to the concept of the level of war) and proposes which network to choose, between satellite network and RF(Radio Frequency) network, depending on information type.

This is to simultaneously utilize satellite-centric naval TDL(Tactical Data Link) network along with RF network. This research concludes that, deriving from the simulation results, it is far more beneficial to utilize both RF network and satellite network simultaneously, rather than just employing satellite network solely. This may be a successfully alternative solution to resolve issues arising from composing efficient network for future maritime operations.

<Keywords> *NCW, Tactical Data Network, Maritime Network*

1. 서 론

네트워크 중심 작전(NCW : Network-centric Warfare) 개념이 한국에 들어 온지 10여년이 지났다. ‘국방 2020’ 계획이 수립되어 전시작전통제권(WT-OPCON : Wartime Operational Control) 환수를 대비하여 한국군은 네트워크 중심 작전 환경(NCOE : Network-centric Operation Environment)를 지속적으로 구축해 오고 있다.

NCOE에서 가장 중요한 것은 통신망이라고 할 수 있다. 왜냐하면, 네트워킹(networking)을 통해 정보를 공유하고, 동일한 상황 인식을 통해 작전 속도를 높이기 위해서는 반드시 기간통신망(infrastructure)가 구축되어 있어야하기 때문이다[6].

한국군 중에서 해군은 가장 먼저 NCOE를 구축하고 있다고 볼 수 있다. 특히, 해군의 해상작전은 가시권 범위에 있는 잠수함, 함정, 항공기와의 전술적 지휘통제 뿐 아니라, 비가시권 범위에 있는 사령부 지휘소와의 작전적 또는 전략적 지휘통제를 필요로 한다. 이를 위해 해군은 이동 중인 전력과 전력, 전력과 지상기지와의 지휘통제를 위해 무선망과 위성망을 사용하고 있다. 무선망은 가시권(LOS : Line of Sight)의 지휘통제에는 극/초단파(U/VHF : Ultra/Very High Frequency) 통신망을 사용하고, 비가시권(BLOS : Beyond Line of Sight) 또는 확장된 가시권(ELoS : Extend Line of Sight)의 지휘통제를 위해서는 단파(HF : High Frequency) 통신망을 사용한다.

한국 해군에서 HF 통신망을 사용한 최초의 전술데이터 통신은 한국해군전술데이터 처리체계(KNTDS : Korea Navy Tactical Data System)이다. 해군은 KNTDS를 1990년대부터 운용하기 시작하여, 전술데이터링크(TDL : Tactical Data Link) 기반의 해상작전 운용 개념을 발전시켜 왔다[1]. 하지만 HF 통신망의 특성상 고속의 대용량 데이터를 처리하기에는 한계가 있었기 때문에 위성망을 사용하기 전까지 전 함대를 대상으로 KNTDS를 확대 운용하기에는 어려움이 있었다.

상용 통신위성을 사용하는 해군의 위성망은 해상작전위성통신체계(MOSCOS : Maritime Operation Satellite Communication System)이다. MOSCOS는 1990년대 후반부터 한국군으로서 처음으로 해군이 작전에 사용하기 시작한 위성망으로서, 이후 해군은 MOSCOS를 사용하는 고속의 데이터 통신망을 기반으로 NCW를 구현하는 많은 응용 체계들을 운용할 수 있는 NCOE의 기반체계를 구축하고 있다.

MOSCOS를 사용하면서 해군의 기존 해상작전 수행능력은 획기적으로 변화되었다. 우선, 전 함대를 대상으로 KNTDS 운용 범위가 확장되어, 해상의 함장과 함대사령관, 작전사령관이 동일한 전술상황도(CTP; Common Tactical Picture)[1]를 공유하며 전장 환경을 인식할 수 있게 되었다. 또한 고속의 데이터 통신망을 사용함으로써 다양한 전장관리체계와 자원관리체계를 사용할 수 있게 되었다. 이제 한국 해군은 MOSCOS 중심으로 과거와 다른 양상의 해상작전 개념을 수립하여, 네트워크 중심 작전(NCO : Network-Centric Operation)을 구현 할 수 있게 되었다.

2000년 중반에는 한국군 독자적인 군 위성통신체계가 구축되었다. 군 위성통신체계는 고정국 뿐만 아니라 차량용, 휴대용 단말까지 전 군에 확대 적용함으로써 한국군의 지휘

통신체계에 획기적인 변화를 가져다 준 계기가 되었다. 하지만 이러한 위성망은 다음과 같은 문제점이 있다.

첫째, 위성망의 제한된 통신용량이다. 우주에 있는 위성체는 한번 궤도에 오르면 그 성능을 향상 시키거나 개선하는 것이 극히 제한된다. 따라서 위성망 사용자의 수가 늘거나, 위성망을 필요로 하는 전장관리체계 또는 자원관리체계와 같은 응용체계가 많아질수록 통신용량은 지속적으로 부족하게 된다. 실제로 해군의 경우에도 함정이 대형화, 다양화 되면서 위성망에 대한 소요는 증가하고 있지만 위성망의 통신용량 부족 문제는 쉽게 해결되지 않고 있다.

둘째, 위성망의 제한된 수명이다. 보통 정지궤도에서 사용되는 위성체의 수명은 약 15년이다. 이것은 위성체에 내장되어 있는 배터리 수명과 밀접한 관계가 있다. 자연적인 배터리 수명의 저하로 인해 위성체의 주기적인 교체가 필요하기 때문이다. 실제로 해군의 MOSCOS는 지난 2000년 중반에 무궁화 3호 위성에서 5호 위성으로 교체하였으며, 군 위성통신체계 또한 현재 위성체의 수명을 고려하여 차기 사업이 진행 중에 있다.

셋째, 위성망의 전파교란에 대한 취약성이다. 일부 군용 위성체계는 항재밍 능력을 갖추기도 하지만, 위성망의 저출력 신호 특성, 직접적인 적의 의도적인 전파교란 공격에는 취약하다. 특히 상용 위성을 사용하는 경우에는 적의 악의적인 전파교란에 매우 취약하다. 적의 악의적인 전파교란은 위성체에 대한 상향링크(지상→위성)를 이용한 직접적인 전파교란, 변조된 하향링크(위성→지상)를 이용하는 지상국 교란, GPS 교란을 통한 통신교란 등의 유형이 있다. 이 중에서 GPS 교란은 저비용으로도 피해를 줄 수 있는 방법으로써 데이터 통신 위주의 시분할접근제어(TDMA : Time Divide Multiple Access) 방식을 사용하는 데이터 통신망에서는 시각동기화에 대한 백업 능력을 갖추지 않으면 막대한 통신 장애를 겪게 될 수 있다.

이러한 이유 때문에 NCOE는 위성망과 함께 HF 또는 U/VHF 대역을 사용하는 무선망을 위성망에 대한 백업 통신망으로써 함께 구축되어야 한다. 하지만 무선망은 위성망에 비해 통신용량이 적기 때문에, 위성망에서 운용하고 있는 다양한 응용체계 전부를 무선망에서 그대로 운용할 수는 없다. 그러므로 전쟁 상황이나 재난 상황과 같이 급격한 통신망 소요가 발생하거나, 위성망 장애 발생 시 이에 대한 백업 통신망으로서 무선망을 운용하기 위해서는 어떤 기준에 의한 적절한 우선순위에 따른 데이터 구분이 필요하다.

보통 이러한 경우에는 서비스 중심의 트래픽 관리 정책을 통해 서비스 품질을 유지한다[8]. 상용 통신망에서는 전자우편이나 메시징 데이터 보다는 실시간 서비스를 위한 스트리밍 데이터에 높은 우선순위를 할당하여 적시성 있는 서비스 품질을 보장한다. 하지만 군용 통신망에서는 서비스 중심보다는 내용 중심의 네트워크 관리가 필요하다.[2] 예를 들면 같은 NCOE를 구축하면서 응용체계들이 IP 기반으로 개발되고 있는데, 동일한 패킷 메시징 서비스라 하더라도, 긴급을 요하는 전투 국면의 전술 데이터가 다른 어떤 데이터보다도 높은 우선순위를 가지고 전송되어야 할 것이다. 그런데 해군의 위성망은 MOSCOS 위성망 하나에 KNTDS 데이터, 작전 지시문 데이터, 화상회의 데이터, 일반 업무용 데이터 등이 모두 전송되고 있을 뿐만 아니라, 같은 KNTDS 데이터라 하더라도 그것이 현재 전투 국면에 필요하지 않은 데이터까지도 전송되어야 하기 때문에 위성망을 이용하는 전송

데이터양이 매우 증가하게 된다[2].

본 논문에서는 ‘전쟁의 수준(Level of War)’[6] 개념을 적용하여 함정에서 생성된 정보를 작전적 데이터와 전술적 데이터로 구분하고 전술적 상황에 따라 통신망을 적응적으로 운용하는 방안을 제안한다. 작전적 데이터는 작전적 수준의 지휘결심에 필요한 정보를, 그리고 전술적 데이터는 해상 전투전단에서 사용되는 전술 정보를 담고 있다.

재난 상황에서 다양한 특성을 고려하여 우선순위를 이용하여 대역폭을 할당[3]하거나, 전술통신 환경에서 정보 속성을 고려하여 송신 우선순위를 결정하는 연구[4]가 있지만, 전쟁의 수준 개념을 적용하여 군용 통신망의 데이터를 구분하는 방법은 본 저자들의 연구가 최초이다.

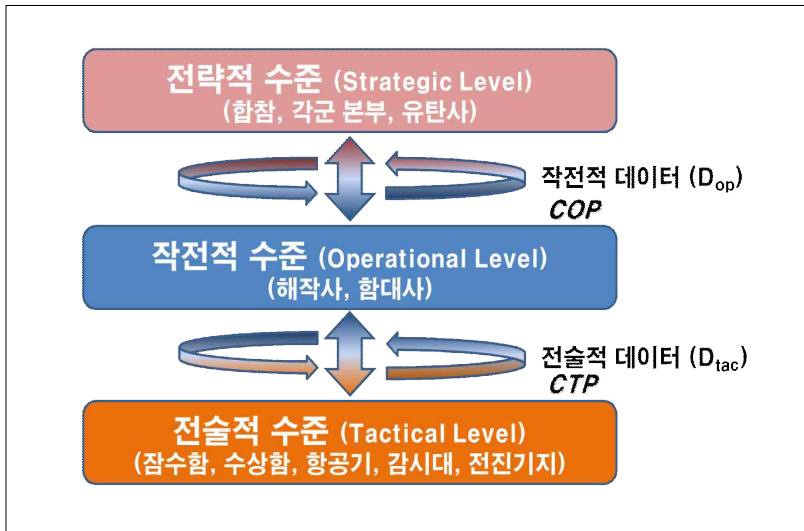
특히 작전적 데이터는 전략, 작전 및 전술로 구성되는 세 가지 수준의 수직적 관계 속에서 인지적 측면의 중간적 역할[12]을 하는 중요한 의미를 갖기 때문에 효과적인 전장 정보 공유를 위해서는 작전적-전술적 구분이 필요하다. 이러한 데이터 구분은 전쟁 상황에서 발생하는 트래픽의 급격한 양적 변화에 적응적인 대응을 할 수 있는 중요한 기준이 될 수 있다. 특히 복합 체계(SoS : System of Systems)인 함정에서 제한된 통신 자원의 해상 네트워크를 효과적으로 사용하기 위해서는 이러한 데이터 구분 방식이 필요하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 전쟁의 수준과 각 수준에서의 데이터 특성을 정리한다. 제3장에서는 해군의 작전적/전술적 통신망의 특징을 살펴보고, 전술적 상황에 따라 작전적/전술적 데이터를 구분하고 이를 기반으로 적응적으로 해상 네트워크를 운용하는 방안을 제안한다. 제4장에서는 전쟁 수준의 작전적/전술적 데이터 구분에 의한 해상 네트워크 운용 방안을 시스템 공학에서 대기열 실험에 많이 사용되고 있는 Rockwell사의 ARENA(ver. 14.7)를 이용해 전송 대기시간을 모사하고 그 결과를 비교하여, 전술적 상황에 따라 해상 네트워크의 무선망을 이용하여 제한적인 전술적 데이터 전송이 가능함을 보였다. 제5장에서는 결론과 함께 향후 발전 시켜야할 과제를 제시하였다.

2. 전쟁의 수준에 의한 작전적/전술적 데이터 구분

‘전쟁의 수준(Level of war)’은 국가전략목표와 전술 행동 간의 연계성을 명확하게 하는 관념적 구분으로 정의된다[3]. 통상적으로 전쟁의 수준은 전략적·작전적·전술적 3가지 수준으로 구분된다. 하지만, 전쟁에 참가하는 전력의 규모나 유형 등에 따라 구분되는 것이 아니라, 전쟁 또는 전투 행위가 국가전략목표를 달성하기 위해 어떤 활동을 하는가에 따라 그 수준이 결정된다고 할 수 있다. 여기서 ‘어떤 활동’이라 하는 것은 곧 어떤 목표를 위해 임무를 수립하여 ‘어떤 과업’을 수행하는가를 의미하는 것이다. 이것을 전쟁(warfare)이라고 한다면, 이것을 지원하는 것이 네트워크(network)라고 할 수 있다. 곧 네트워크 중심작전, 즉 NCW에서 네트워크의 역할을 하는 것이 곧 NCOE인 것이다.

이렇게 전쟁의 수준을 구분하는 목적은 국가전략목표 달성을 위한 작전목표를 명확하게 하고, 각각의 전쟁 수준별로 군사력 운용과 각종 계획의 수립을 보다 용이하게



<그림 1> 전쟁 수준에 의한 작전적/전술적 데이터 구분 예시

함으로써 군사작전을 효과적으로 수행하기 위함이다.

예를 들면, 해군의 전략무기체계인 잠수함이 적국의 지상 전략표적을 타격하는 상황이 가정해 보자. 전략적 수준에서는 전략목표 달성을 위해 잠수함을 이용한 전략무기 사용의 필요성을 판단/결심하고 그 결과를 작전수행 지침으로써 해당 작전부대에 하달한다. 작전적 수준에서는 이 지침에 따라 임무 수행에 필요한 잠수함과 지원부대의 규모, 임무 수행 시기, 작전목표 등을 판단하여 계획을 수립한다. 이를 토대로 전술적 수준에서는 잠수함의 구체적 행동계획을 수행하여 시행하게 된다.

<그림 1>은 각 전쟁의 수준에 의한 작전적/전술적 데이터 구분을 보여준다. 전략적 수준은 합동참모본부, 각 군 본부, 유도탄 사령부 등이 여기에 해당된다. 작전적 수준은 해군 작전사령부와 각 함대사가 해당되는데, 전략적 수준과 작전적 수준의 각 조직에서 소통되는 정보를 구성하는 것을 작전적 데이터라고 한다. 전술적 수준은 잠수함, 수상함, 항공기와 레이더 감시대 등 실제적인 전투 활동을 하는 요소들이 여기 해당된다. 마찬가지로 작전적 수준과 전술적 수준의 각 조직에서 소통되는 정보를 구성하는 것을 전술적 데이터라고 한다.

본 논문에서는 NCOE를 구축하는데 있어서 경제성과 작전적 효과성을 염두에 두고 전략적 수준의 네트워크와 전술적 수준의 네트워크에 초점을 맞춘다. 특히 작전적 수준이라 함은 작전술(Operational Art)[11]에 대한 광범위한 논의가 필요하지만, 본 논문에서는 정보통신 기술의 발전에 따라 전략적 수준과 작전적 수준은 동시적으로 수행할 수 있도록 인지적 관점에서 정보 공유가 이뤄지는 것을 전제로 한다. 예를 들면, 작전사령부와 함대 사령부가 각각 전략적 수준과 전술적 수준 사이에서 작전술적 기능과 역할을 하지만, 육상 고정국에서는 높은 신뢰도를 갖는 유선 네트워크 또는 위성망을 사용할 수 있기 때문에 정보통신 기술 관점에서는 거의 차이가 없을 것이기 때문이다.

일반적으로 전략적 수준의 거시적인 모습과 전술적 수준의 미시적 세부 상황을 물리적으로 명확하게 구분하기는 어렵다[12]. 하지만 전략과 전술 사이의 정보 공유라는 인지적 흐름을 형성하기 위해서는 반드시 중단 단계인 작전적 수준을 거쳐야 한다. 이것은 NCOE에서 정보 공유를 위한 공통상황도 운용을 예로 살펴보면 다음과 같다.

각 전쟁의 수준에서는 계층적 관계에서 정보 공유를 위해 공통상황도를 운용한다. 전략적-작전적 수준에서는 공통작전상황도(COP : Common Operational Picture), 작전적-전술적 수준에서는 공통전술상황도(CTP : Common Tactical Picture)를 이용한다고 볼 수 있다. 이러한 공통상황도 운용은 가장 가시적인 정보 공유의 기능을 보여 준다. 실제로 공통상황도는 전투원과 지휘관으로 하여금 전장의 상황을 동시적, 통합적으로 인지하게 함으로써 작전적 승수 효과를 가져다주는 중요한 역할을 한다.

본 논문에서는 공통상황도 구성에 필요한 데이터를 작전적 데이터(D_{op})와 전술적 데이터(D_{tac})로 구분하여 어떠한 상황에서도 전술적 데이터가 우선적으로 전송되도록 네트워크를 운용하기 위한 방안을 제시한다. 특히, 함정에서 위성망과 무선망을 함께 사용하는 해상 네트워크 환경에서 전술적 상황에 따라 적응적으로 네트워크를 운용하기 위한 기법을 살펴본다.

2.1 작전적 데이터(D_{op})

전쟁의 수준에서 ‘작전적 수준’은 군사전략목표의 달성을 지원하기 위하여 군사작전을 계획, 시행, 유지하는 활동으로 구성된다[11]. 통상 합동참모본부가 주관하는 합동작전과 연합작전, 민·관·군 통합방위작전 등을 계획하고 수행하는 활동이다. 예를 들면 최전방의 전술적 부대에 대한 행정 및 군수를 지원하고 전술적 성공을 보장하기 위한 수단을 제공하는 등 전략적 수준과 전술적 수준을 연계시키는 활동이 포함된다.

작전적 수준의 활동을 지원하는 것이 공통작전상황도(COP)이다. COP은 작전 템포가 상대적으로 긴 정보를 전투원에게 제공한다. COP의 작전 템포는 수십 분, 수 시간, 수 일 또는 수개월이 될 수 있다[1]. 합참의장 또는 주요작전을 수행하는 지휘관은 COP을 참고하여 전역(theater) 또는 주요작전을 구상하고 수행할 수 있다. COP에는 주력부대가 운용될 시기, 장소, 목적을 결정하고, 적 배치에 영향을 미치는 작전적 수준의 의사결정에 필요한 정보가 나타난다. 이 정보를 구성하는 것이 작전적 데이터(D_{op})이다.

NCOE가 발전하면서 작전적 데이터는 가시적으로 나타나지 않는 양상을 갖게 된다. 왜냐하면 정보통신 기술의 발전은 네트워크 속도를 증가시키고 정보 공유를 위한 데이터 간 연결이 더욱 긴밀해지면서 전략적 수준과 전술적 수준 사이의 정보 격차를 줄이기 때문이다[12]. 이 때문에 지휘통제체계를 구축하면서 개발자와 운용자간에 적지 않은 딜레마(dilemma)에 봉착하게 된다. 기술과 비용이 허용되는 범위에서 운용자는 전략적 수준과 전술적 수준의 차이가 없도록 개발되기를 원한다. 이로 인하여 작전적 수준의 역할이 눈에 보이지 않게 되면서, 극단적으로는 작전적 수준이 불필요한 것으로 여겨지기도 한다.

하지만, 작전적 수준의 활동이 가시적으로 나타나지 않더라도, 현실적으로는 전략과 전술 사이의 정보 공유는 작전적 수준을 경유하는 인지적 흐름 과정을 거쳐야 한다[12].

예를 들면, 작전적 수준의 작전사령부에서는 작전 템포가 매우 빠른 전술적 데이터 수신 함으로써 현재 진행되고 있는 전투 국면의 정보를 확인한다. 동시에 미래에 예견되는 상황을 대비하기 위한 전략적 정보 판단을 위해서는 상대적으로 작전 템포가 느린 작전적 데이터 또한 필요하다. 이렇게 작전적 데이터와 전술적 데이터는 구분되기 때문에 동일한 네트워크를 사용하더라도 전술적 상황에 따라서 네트워크를 적응적으로 운용함으로써 효과적인 데이터 전송이 가능한 것이다.

2.2 전술적 데이터(D_{tac})

전쟁의 수준에서 ‘전술적 수준’은 작전목표 달성을 지원하기 위하여 전술부대가 전투를 계획하고 수행하는 활동으로 구성된다. 통상적으로 군단, 함대, 비행단 이하의 제대에서 각 요소들의 협동작전으로 수행되는 활동이다. 예를 들면 대치중인 기동부대 사이의 소규모 분쟁으로 발생하는 교전, 그리고 일련의 연관된 교전으로 구성되어 보다 장기간 지속되는 전투 활동이 포함된다.

전술적 수준의 활동을 지원하는 것이 공통전술상황도(CTP)이다. CTP는 전술을 적용하여 교전 또는 전투를 구상하고 수행하는 것을 지원한다. CTP의 작전 템포는 여단급 이하 제대에서 분, 시간, 일 단위의 짧은 기간 형태에 해당된다. CTP에는 협동작전에 필요한 전술 정보를 담고 있다. 이 정보를 구성하는 것이 전술적 데이터(D_{tac})이다. 현재 정보통신 기술의 수준으로는 CTP는 수초 단위로 더욱 빨라지고 있는 추세이다.

전술적 데이터는 전장 상황 인식을 위한 가장 기본이 되는 데이터이다. 따라서 NCOE는 어떤 상황에서도 최전방(tactical edge)에 있는 전술 단위 부대가 네트워크를 사용할 수 있도록 구축되어야 한다. 여기에서 네트워크는 수평적 연동과 수직적 연동을 모두 보장해야 한다. 수평적 연동은, 현재 전투를 수행하는 현지 전술 부대 간의 네트워크이다. 매우 빠른 작전 템포로 전술 활동이 이뤄지기 때문에, 전술적 데이터는 적시적으로 공유되어야 한다. 전술적 데이터는 주로 로컬 네트워크를 사용하며, 고용량의 멀티미디어 데이터 보다는 즉각적인 지휘통제를 위한 저용량의 고신뢰성을 요구하는 데이터의 특징을 갖는다. 예를들면, 전투원의 위치정보, 지휘관과 전투원 간의 지휘통제 대화 또는 메시지, 화력통제 메시지 등이다.

이에 반해, 수직적 연동은, 원거리에 이격된 전술적 부대와 네트워크를 포함하여 전술적 부대와 작전적 부대 간의 네트워크이다. 이 중에서 전자의 경우는 후자의 경우보다 전술적 데이터 공유의 우선 순위가 높아야 한다. 예를 들면, 모두 원거리에 이격되어 있는 전술적 부대 또는 작전적 부대와 전술적 데이터를 소통해야 하는 상황이라면, 무선망 보다는 위성망을 사용할 것이다. 하지만 수평적 연동을 위해 위성망의 많은 대역폭이 사용되고 있는 상황이라면 원거리이 있는 전술적 부대와의 데이터 공유에 우선순위를 뒤야 할 것이다. 즉, 전술적 상황에 따라서는 똑같은 위성망이라 할지라도 데이터의 종류, 작전적 또는 전술적 데이터에 따라 우선순위를 다르게 적용해야 한다.

따라서, 전술적 데이터는 로컬이든 원격이든 반드시 네트워크 사용을 위한 우선순위가 보장되어야 하며, 전술적 상황에 따라서 해상 네트워크를 적응적으로 사용할 수 있는 기준이 마련되어야 한다.

2.3 전술적 데이터의 우선순위

앞서 살펴봤듯이 전쟁의 수준에 따라 구분된 작전적 데이터와 전술적 데이터를 이용하여 각각 작전적 수준과 전술적 수준의 공통상황도인 COP, CTP를 구성하게 된다. 그렇다면 NCW 작전개념이 발전하면서 작전적 데이터와 전술적 데이터 사이의 우선순위를 결정하는 기준은 무엇일까?

국지전이나 재난이 발생하는 경우에는 통신 트래픽이 급증한다. 따라서, 전술적 상황에 따라서는 제한된 네트워크 자원을 효과적으로 사용하기 위하여 데이터의 우선순위가 낮은 것은 전송을 보류 또는 대기하거나 포기해야 할 경우도 있다. 이 중에서 전술적 데이터는 작전 템포의 시간적 효용성 측면에서 볼 때 가장 시급한 정보로 봐야 한다. 왜냐하면, COP의 작전 템포가 수십 분에서 수일 또는 수개월인 것에 반해, CTP의 작전 템포는 실제로 수 초 또는 수십 초 단위로 상대적으로 짧기 때문이다.

이러한 CTP의 특성을 고려할 때, 전술적 데이터는 단시간의 네트워크 장애가 발생하는 경우에도 우선순위가 보장되어야 한다. 예를 들면 적의 전과 간섭에 의한 통신 교란, 또는 자군의 주파수 관리 실패에 따른 통신 장애 등에 따라 전술적 효과성은 막대한 영향을 받게 된다. 특히 생존성이 취약한 위성망을 중심으로 NCOE가 구축되는 상황에서 위성망에 대한 백업 대책이 적극적으로 준비되지 않는다면 NCOE의 효과적인 운용이 극히 제한될 것이다.

재난안전통신망의 경우에는 상용 통신망을 사용하기 때문에 다른 접근법을 사용하고 있다. 예를 들어, 평상시에는 재난 안전 트래픽의 양이 적기 때문에 대역폭 관리에 문제가 없지만 재난이 발생하면 트래픽이 폭주할 수 있다. 이 때문에 미국에서는 사용자 등급을 분류하는 정책을 사용한다[3]. 전술통신 환경에서 정보 속성을 고려하는 방법도 있지만 전술적 정보의 속성에 따라 IEEE 802.11e 기반의 경합(contention) 발생을 조정함으로써 전술적 정보 사이의 우선 순위를 고려하고 있다[4].

3. 전술적 상황에 따른 적응적 데이터 전송 방안

해군의 전투 함정은 복합 무기체계이다. 함정에는 무기체계, 전투체계, 통신체계, 항해체계, 추진체계 등 매우 복잡한 체계들이 하나로 통합되어 운용된다. 특히, 전투체계는 함정의 전투능력을 발휘하는 핵심체계로서, 탑재된 다양한 센서 체계에서 획득한 정보를 바탕으로 신속한 의사결정을 통해 무장을 사용하는 전술적 활동을 지원한다.

지휘함의 경우에는 해상에 전개되어 있는 다른 전투함들과 항공기, 잠수함과의 협동 작전을 지휘하면서, 동시에 육상의 작전적 부대와 네트워킹하는 역할을 수행한다. 특히 전략무기를 탑재한 함정은 육상의 전략적 부대와 네트워킹을 하기도 한다. 이러한 네트워킹을 위해서는 2개 이상의 위성망, 수많은 무선망을 갖춰야 한다.

따라서 함정은 움직이는 단일 부대로서 그리고 복합 무기체계로서 전술적 활동과 동시에 타 함정과의 협동작전과 육상 지휘부와의 작전적/전략적 활동을 모두 수행한다고 볼 수 있다.

통상적으로 탐지-식별-결심-타격의 4단계로 이뤄지는 킬 체인(Kill-chain)에서도 탐지 단계는 다양한 센서 체계에 의해 이뤄진다[5]. 킬 체인이 효과적으로 구축되기 위해서는 센서 체계와 타격 무기 체계를 이어주는 정보 전달 네트워크가 필요하다. 해군의 전투 함정은 위성망과 무선망을 사용하여 이러한 정보 전달 네트워크를 구성한다. 함정에 설치되어 있는 다양한 센서 체계(대공 레이다, 음탐 소나, 전자전 지원 체계 등)로부터 수집된 데이터는 함정 전투체계에서 정보로 융합되고 분석 과정을 거쳐 타격 무기 체계로 이어지는 킬 체인을 따르게 된다. 이렇게 자함의 센서 데이터를 자체적으로 활용하기도 하지만, 네트워크 중심 작전 환경에서는 정보 처리된 데이터를 통신망을 사용하여 다른 함정 또는 육상부대로 전송할 수 있게 된다.

본 장에서는 함정에서 생성된 작전적·전술적 데이터를 전송하기 위해 해상 네트워크를 위성망과 무선망으로 각각 모델링하고, 전쟁의 개념에 의해 작전적/전술적 데이터를 구분하여, 전술적 상황에 따라 적응적으로 데이터를 전송하는 방안을 제시한다.

3.1 해상 네트워크 모델

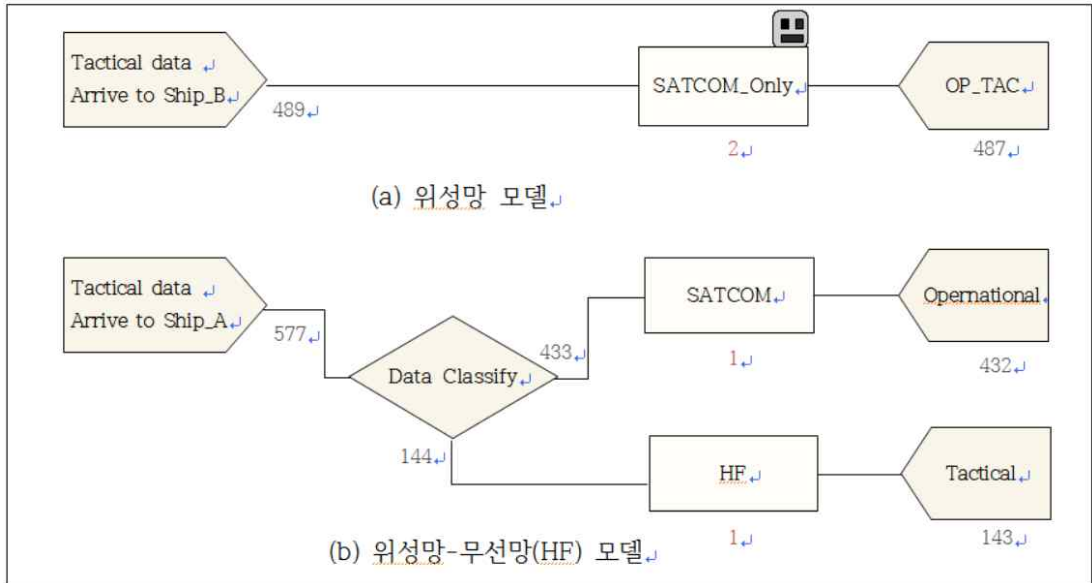
해군의 해상 네트워크(MN : Maritime Networks) 관리에 대한 연구는 Kidston에 의해 최초로 제안되었다[7]. Kidston은 해상 네트워크를 이동성과 급격한 통신환경 변화 특성을 갖는 MANET(Mobile Ad-hoc Network)으로 정의하였다. 따라서 해상 네트워크 관점에서 각 함정은 작전적·전술적 데이터를 생성하는 독립된 정보원(source)이다.

해상 네트워크에서 함정은 독립된 단말(terminal)의 역할을 한다. NCOE에서는 정보 공유를 위해 데이터 통신을 필요로 한다. 이 때문에 해상 네트워크는 “패킷 스위칭(packet switching)” 네트워크로 볼 수 있다. 패킷 스위칭 네트워크의 각 단말에서 생성된 정보는 임의의 “메시지(message)”들의 집합으로 구성된다. 각 메시지가 네트워크로 전송될 때에는 통신 규약에 의해 정의된 규격화된 크기의 “패킷(packet)”으로 분리된다. 각각의 함정은 해상 네트워크를 이용하여 정보를 공유하게 된다. 실제로 NCW에서 사용되는 전술데이터링크는 고유의 패킷 및 프레임 구조를 갖는다. 예를 들어, 한국 해군은 Link-11을 HF망에서 사용하고, ISDL을 위성망에서 사용한다. 합참에서는 한국형 합동전술데이터링크(JTDLS : Joint Tactical Data Link System)을 구축하여 Link-K 메시지 포맷을 위성망, 무선망(UHF)에서 사용 예정이다.

<그림 2>는 해상 네트워크를 위성망 하나만을 사용하는 모델(a)과 위성망과 무선망을 함께 사용하는 모델(b)이다. 함정에서 생성되는 정보는 규격화된 단일 메시지로 구성되는 것으로 가정하였다.¹⁾ 그리고 정보는 작전적 데이터와 전술적 데이터로 구분하였다. 이때 작전적 정보와 전술적 정보의 메시지 크기는 동일하다고 가정한다.²⁾ 그리고 무선망은 함정에서 BLOS 범위에 있는 육상부대(예, 함대사)와의 통신을 위해 본 논문에서는 HF망 만을 사용하기로 한다.

1) KNTDS 또는 Link-16, Link-22와 같은 전술데이터링크(Tactical Data Link; TDL)를 사용하는 환경을 고려했다.

2) 여기서 메시지의 크기는 주 고려 요소가 아니며, 메시지의 개수가 정보 전달의 속성을 판단하는 기준이 된다.



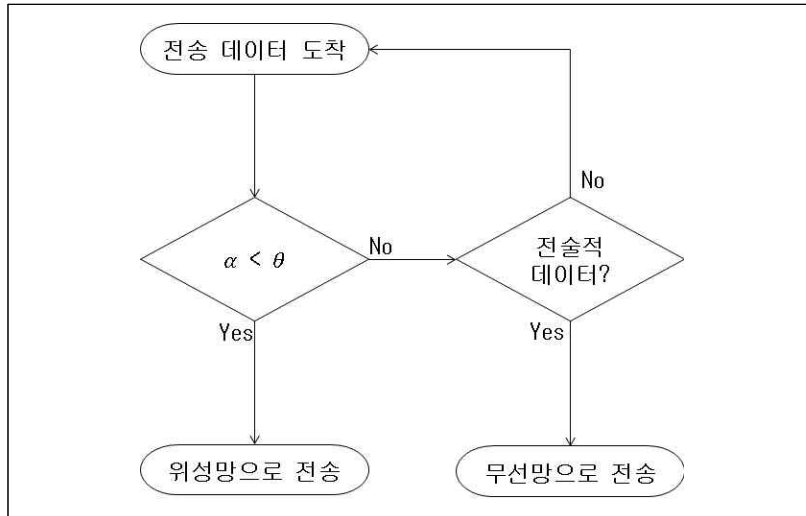
<그림 2> Arena(ver 14)를 이용한 해상 네트워크 모델(숫자는 데이터의 개수이다).

위성망의 전송용량을 C_{SAT} [kbps], 그리고 함정에서 생성되어 전송되어야 할 데이터의 용량을 D_{Ship} [kbits]라고 하자. 우선 위성망에서는 함정에서 생성되어 전송되어야 할 데이터는 모두 위성망으로 전송되어야 하므로, D_{Ship} 를 전송하는데 필요한 데이터 전송시간 (T_{SAT})은 위성망의 전송용량(C_{SAT})에 의해 결정된다. 따라서, 위성망 모델(a)로 데이터를 보낼 때 전송시간(T_{SAT})은 다음과 같이 나타낼 수 있다.(단 Pd_{SAT} ,는 위성망의 전파 지연시간[sec] 이다.)

$$T_{SAT} = \frac{D_{Ship}}{C_{SAT}} + Pd_{SAT}, (Pd_{SAT} = 250 \text{ [msec]}) \quad (1)$$

다음, HF망을 사용하는 무선망의 전송용량을 C_{HF} [kbps], 무선망에 대한 위성망으로 전송되는 데이터의 용량 비율을 α 라고 하자. 그러면 위성망-무선망 모델(b)에서는 α 값에 따라 위성망과 무선망으로 전송되는 각각의 데이터 양이 변하게 되므로, 위성망-무선망 모델(b)에서 무선망으로 보낼 때의 전송시간(T_{HF})는 다음과 같다. (단, α 는 전체 데이터 중에서 위성망으로 전송되는 데이터의 비율이고, Pd_{HF} 는 HF 통신망의 전파 지연시간이다.)

$$T_{HF} = \frac{D_{Ship} \times (1 - \alpha)}{C_{HF}} + Pd_{HF}, (Pd_{HF} = 0 \text{ [msec]}) \quad (2)$$



<그림 3> 전술적 상황에 따른 데이터 전송 방안 순서도

3.2 적응적 해상 네트워크 운용을 위한 데이터 전송 방안

위성망 전송비율 α 값이 0이거나 1인 경우에는 한 가지 종류의 통신망을 사용하는 것을 의미한다.³⁾ 즉, $\alpha = 0$ 인 경우에는 위성망으로 전송하는 데이터가 없는 상황을 의미한다. 예를 들면 위성망이 무력화되어 사용이 불가능한 경우이다. $\alpha = 1$ 인 경우에는 무선망을 사용하지 않는 상황을 의미한다. 이 경우에는 함정에서 생성된 모든 정보를 위성망으로 충분히 전송 가능한 경우이다. 통상적으로 $0 < \alpha < 1$ 인 경우에는 위성망과 무선망을 함께 사용이 가능한 상황을 의미한다. 이때에는 함정에서 생성된 정보를 작전적 데이터와 전술적 데이터로 구분하여 위성망과 무선망을 적응적으로 선택하여 데이터를 전송하는 경우이다.

본 논문에서 제안하는 적응적 해상 네트워크 운용을 위한 데이터 전송 방안은 α 값에 따라 전송 방안을 결정하는 것이다. <그림 3>에서 α 값의 임계치인 θ 값은 통신망의 통신용량과 작전적·전술적 데이터의 각각의 서비스 품질(QoS : Quality of Service)에 따라 결정된다. θ 값은 전술적 데이터의 QoS(QoS_{tac})를 보장할 수 있는 α 의 최대값으로 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\theta = \text{Max}(\alpha | T_{HF} \leq QoS_{tac}) \quad (3)$$

<그림 3>를 보면, 위에서 정의된 θ 값을 기준으로, $\alpha < \theta$ 인 경우에는 데이터 구분 없이 위성망으로 데이터를 전송하고, 그렇지 않은 경우에는 전술적 데이터를 무선망으로 전송하고, 작전적 데이터는 다시 전송을 대기하는 것을 보여준다.

3) 이러한 방식은 [8]에서 두 개의 우선순위 (High, Low)를 갖는 정보원을 2-상태 마코브 체인 (2-State Markov Chain)으로 모델링할 때 사용되었다.

4. 데이터 전송성능 분석

본 장에서는 각 전투 함정에서 생성되는 정보를 작전적/전술적 데이터로 분류하고, 각 데이터 비율에 따라 위성망과 무선망을 선택적으로 사용하는 경우 효과적인 정보 전송이 가능함을 시뮬레이션 결과를 통해 증명하였다.

이를 위해 앞 장에서 정의한 해상 네트워크의 위성망과 무선망의 전송용량을 고려하여 해상 네트워크 통신 환경을 모델링하고 각 환경에서 데이터 전송을 위한 전송 대기 시간과 데이터 전송시간을 비교하였다.

4.1 시뮬레이션 환경 정의

본 논문에서 시뮬레이션을 위한 해상 네트워크의 위성망과 무선망의 전송용량은 전술적 데이터 전송에 맞도록 다음과 같이 가정하였다.⁴⁾

$$C_{SAT} = 64 \text{ [kbps]}, C_{HF} = 9.6 \text{ [kbps]} \quad (4)$$

그런데 전술적 데이터는 작전 템포를 고려하여 데이터 전송의 적시성이 중요한 요소이기 때문에 위성망과 무선망의 전파지연 시간이 다른 점을 고려할 필요가 있다.⁵⁾ 이를 위해 각 통신망의 전파지연 시간을 포함해서 전송용량을 재산출하였다. 먼저, 위성망은 1홉(hop : 함정에서 지상의 위성통제국으로 향하는 링크)만을 생각하더라도 통신망 특성상 전파지연 시간이 250[msec] 이다. 따라서 Pd_{SAT} 는 약 250 [msec]가 된다. 이때, 전파지연 시간을 무시하면 위성망의 전송용량이 무선망에 비해 약 6.7 배 ($\approx C_{SAT}/C_{HF}$) 크지만, 위성망의 전파지연 시간을 고려하면, 그 시간 동안 무선망(HF 통신망)은 전파지연 없이 데이터를 전송 할 수 있으므로 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있다.

$$1 \text{ [sec]} : 9.6 \text{ [kbps]} = 0.25 \text{ [sec]} : x \quad (5)$$

식 (5)에 의해 무선망은 $x = 2.4 \text{ [kbps]}$ 만큼의 추가 전송용량 이득을 적시성 측면에서 갖는다고 볼 수 있다. 이에 따라, 본 논문에서는 위성망은 무선망(HF 통신망)에 비해 5.3배 ($\approx 64 \text{ [kbps]}/(9.6 + 2.4) \text{ [kbps]}$)의 전송용량을 가지는 것으로 가정하였다.

각 함정에서 생성되는 정보는 포아송(Poisson) 분포에 따라 초당 1개씩 데이터가 생성되고, 시뮬레이션 시간은 제한된 지역내 전투 상황을 고려하여 전투 시간을 6시간으로 가정하였다. 시뮬레이션 도구는 시스템 공학에서 대기열 실험에 많이 쓰이는, Rockwell Automation사의 Arena (ver.14)를 사용하였다[10].

4) 실제 위성망의 속도는 체계 발전에 따라 256[kbps] 이상으로 증가하고 있지만, 전술적 데이터 전송에 필요한 최소한의 속도로 64[kbps]를 선택하였다[2]. 이 경우 위성망으로 KNTDS 전술표적을 보낼 수 있으며, 무선망으로는 Link-11의 표적정보를 보낼수 있는 것으로 가정하였다.

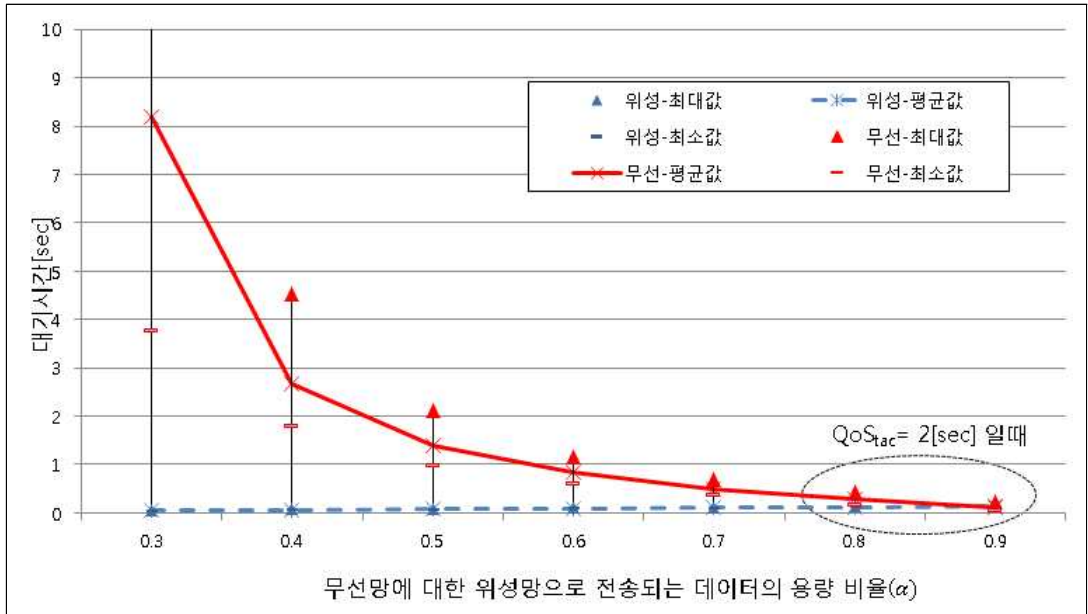
5) 본 논문에서는 메쉬형(Mesh topology)를 갖는 위성망을 가정하였다.

<표 1> 위성망 모델(a)의 전송 대기시간

α	통신망	전송 대기시간 [sec]		
		평균값	최소값	최대값
N/A	위성망	0.1501	0.1284	0.1816

<표 2> α 값 변화에 대한 위성망-무선망 모델(b)의 전송 대기시간

α	통신망	전송 대기시간 [sec]		
		평균값	최소값	최대값
0.3	위성망	0.0434	0.0333	0.0582
	HF망	8.1991	3.7667	27.6742
0.4	위성망	0.0581	0.0450	0.0753
	HF망	2.6756	1.8049	4.5221
0.5	위성망	0.0728	0.0579	0.0894
	HF망	1.3934	0.9902	2.1207
0.6	위성망	0.0878	0.0716	0.1026
	HF망	0.8226	0.5979	1.1635
0.7	위성망	0.1031	0.0891	0.1219
	HF망	0.4923	0.3736	0.6965
0.8	위성망	0.1186	0.1040	0.1404
	HF망	0.2763	0.1813	0.4241
0.9	위성망	0.1342	0.1171	0.1544
	HF망	0.1201	0.0525	0.2227



<그림 4> 위성망 모델(a)과 위성망-무선망 모델(b)의 α 값에 따른 전송 대기시간 비교

4.2 전송 대기시간 비교

<표 1>과 <표 2>는 각각 위성망 모델(a)과 위성망-무선망 모델(b)에서의 전송 대기 시간을 보여준다. 전송 대기시간은 합정에서 생성된 정보를 전송하기 위해 합정 내에서 대기하고 있는 시간이다.⁶⁾

<표 2>를 보면, α 값의 변화에 따라 위성망과 무선망에서의 대기시간이 변화되는 것을 볼 수 있다. α 값이 0.3 ~ 0.5일 때, HF망의 평균 대기시간은 1 ~ 8초이다. 이것은 전송적 데이터는 적시적으로 전송되어야 하기 때문에 적절하지 않다고 볼 수 있다.

α 값이 0.6보다 커질 때부터 1초 미만으로 단축되며, α 값이 0.9 일 때는 HF망이 오히려 위성망 모델(a) 보다 전송 대기시간이 더 작은 것을 볼 수 있다. 따라서 합정에서 생성되는 정보 중 10%가 전송적 정보라면 HF 망으로도 충분히 전송적 데이터의 전송을 고려할 수 있다. 본 논문에서는 HF망 만을 대상으로 시뮬레이션을 했지만, U/VHF 무선망을 사용한다면 전송 대기시간은 더욱 감소될 것이다. 즉, LOS 범위에 있는 전송 부대간의 전송적 정보 공유라면 충분히 무선망으로 효과적인 네트워킹이 가능할 것이다.

이것을 좀 더 세부적으로 판단하기 위해 <그림 4>에서는 위성망과 무선망으로 전송 시의 데이터 전송 대기시간을 α 값에 따라 비교하였다. $\alpha > 0.8$ 인 경우(그림에서 검정색 원 영역), 이러한 상황에서는 무선망을 이용하여 전송적 데이터를 전송하여도 전송 대기 시간 측면에서는 위성망과 비교할 때 무선망에서도 충분한 전송 대기시간을 충족할 수

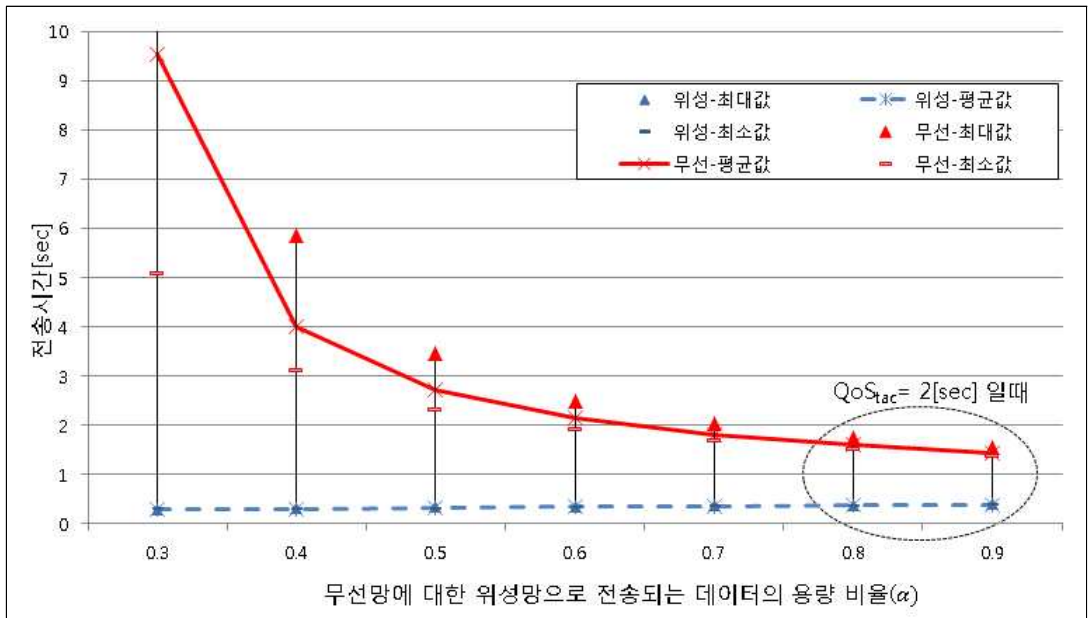
6) 일반적으로 지연시간은 process delay, queueing delay, transmission delay, propagation delay로 구분된다. 여기에서는 queueing delay를 대기시간으로 표현하였다. 따라서 전송할 데이터가 전송 대기열에 도착하여 전송되기 시작할 때까지 전송 대기열에서 기다리는 시간이다.

<표 3> 위성망 모델(a)의 전송시간

α	통신망	전송시간 [sec]		
		평균값	최소값	최대값
N/A	위성망	0.4001	0.3784	0.4316

<표 4> α 값 변화에 대한 위성망-무선망 모델(b)의 전송시간

α	통신망	전송시간 [sec]		
		평균값	최소값	최대값
0.3	위성망	0.2935	0.2834	0.3083
	HF망	9.5242	5.0876	28.9967
0.4	위성망	0.3081	0.2951	0.3253
	HF망	4.0007	3.1299	5.8471
0.5	위성망	0.3229	0.3080	0.3395
	HF망	2.7185	2.3152	3.4457
0.6	위성망	0.3379	0.3217	0.3526
	HF망	2.1477	1.9229	2.4885
0.7	위성망	0.3531	0.3392	0.3719
	HF망	1.8173	1.6990	2.0215
0.8	위성망	0.3686	0.3540	0.3904
	HF망	1.6013	1.5063	1.7491
0.9	위성망	0.3842	0.3671	0.4045
	HF망	1.4451	1.3775	1.5477



<그림 5> 위성망 모델(a)과 위성망-무선망 모델(b)의 α 값에 따른 전송시간 비교

있다고 볼 수 있다. 이로써, 위성망-무선망 모델(b)에서도 데이터의 전송을 위한 대기 시간이 감소함으로써 전체적으로는 전송적 데이터의 QoS(QoS_{tac})를 충족시킬 수 있는 것이다.

다음 절에서는 함정에서 생성된 데이터가 통신망을 경유해서 목적지까지 전송하는데 소요되는 데이터 전송시간을 비교하기 위해 위성망 모델(a)와 위성망-무선망 모델(b)의 α 값에 따른 전송시간을 비교해 본다.

4.3 전송시간 비교

<표 3>과 <표 4>는 각각 위성망 모델(a)과 위성망-무선망에서의 전송시간을 보여 준다. 전송시간은 함정에서 생성된 정보가 목적지에 도착하는데 소요된 시간이다. <표 4>를 보면 무선망(HF망)에서의 평균 전송시간은 α 값에 따라 1.4초에서 9.5초 사이인 것을 볼 수 있다. 특히 α 값이 0.7보다 커질 때는 2초 미만의 시간이 소요되는 것으로 실험결과에서 확인 할 수 있다.

α 값이 약 0.6 보다 작을 때, HF망의 평균 전송시간은 2초 보다 크다. 하지만 α 값이 0.6 보다 커질 때부터 전송시간이 2초 이하로 단축되는 것을 볼 수 있다. 따라서 함정에서 생성되는 정보 중 30% 이하가 전송적 정보라면 HF망으로도 충분히 데이터를 전송할 수 있음을 알 수 있다. 전송시간도 마찬가지로, U/VHF 무선망을 사용한다면 전송시간은 더욱 감소될 것이다.

이것을 좀 더 세부적으로 판단하기 위해 <그림 5>에서는 위성망과 무선망(HF망)으로 전송 시의 데이터 전송시간을 α 값에 따라 비교하였다. 전송적 데이터 전송을 위한

QoS_{tac} 값이 2 [sec]라고 가정하면, $\alpha > 0.8$ 인 경우(그림에서 검정색 원 영역)에 해당한다. 이러한 상황에서는 무선망을 이용하여 전술적 데이터를 전송하여도 QoS_{tac} 을 충족할 수 있다고 볼 수 있다. 다시 말해서, α 값이 커질수록 위성망-무선망 모델(b)에서는 데이터의 전송을 위한 대기시간이 감소함으로써 전술적 데이터의 QoS_{tac} 를 충족시킬 수 있는 것이다. 이로써, 전술 데이터의 QoS_{tac} 충족시킬 수 있는 범위에서는 무선망을 이용하는 것이 가능하다고 볼 수 있다.

5. 결 론

네트워크 중심 작전 환경의 주요 기반체계를 구축하는데 있어서, 고속 데이터 통신망인 위성망을 안정적으로 운용하고 유사시 무선망을 백업망으로 운용하는 것이 필요하다. 또한, 작전적 데이터는 전략, 작전 및 전술로 구성되는 세 가지 수준의 수직적 관계 속에서 인지적 측면의 중요한 중간적 역할하기 때문에 효과적인 전장 정보 공유를 위해서는 작전적-전술적 구분이 필요하다. 이러한 두 가지 관점을 충족 시키기 위해 본 논문에서는 위성망의 백업망으로써 무선망을 함께 사용하기 위해서는 전송 데이터의 우선순위를 고려할 수 있는 방안으로 작전적 데이터와 전술적 데이터를 구분하는 방법을 제시하였다.

본 논문에서는 전쟁론의 “전쟁의 수준” 개념에 따라 작전적 데이터와 전술적 데이터를 구분하고, 각각의 데이터 비율에 따라 위성망과 무선망을 적응적으로 선택하는 방법을 제시하였다. 전쟁론은 효과적인 전쟁과 효율적인 작전적, 전술적 임무 수행을 위한 기본적인 프레임워크를 제공한다. 전쟁론 관점에서 전송 데이터를 구분함으로써 통신특성이 다른 위성망과 무선망을 함께 사용할 수 있는 요건을 찾을 수 있게 되었다. 전술상황에 따라 전술적 데이터를 무선망을 이용해 전송하는 방안을 시뮬레이션을 이용하여 데이터 전송을 위한 대기시간과 데이터 전송시간을 비교하였다.

시뮬레이션 결과에 따르면, 작전적 데이터와 전술적 데이터의 비율에 따라 위성망과 무선망을 적응적으로 사용함으로써 효율적으로 해상네트워크를 운용하면서 효과적인 작전적, 전술적 데이터 전송이 가능하다. 무엇보다도 위성망 무력화시 무선망을 이용하여 전술적 데이터를 우선적으로 전송할 수 있는 적응적인 해상 네트워크 운용이 가능함을 확인 할 수 있다.

본 논문에서는 HF망 만을 대상으로 무선망을 실험하였다. 하지만, LOS 범위의 전술적 부대간의 작전이라면 U/VHF 또는 L대역의 전술데이터링크를 이용하는 것이 가능하므로 실제로 무선망의 활용도는 더욱 증가할 것이다.

발전하는 정보통신 기술을 효율적으로 적용하여 NCOE를 구축하기 위해서는 효과적인 네트워크와 데이터의 구분이 필요하다. 왜냐하면, 전쟁론의 관점에서 제공하는 정보의 특성, 인간의 인지적 능력, 그리고 작전 템포 요구 수준을 충족 시키는 범위 내에서 NCOE를 구축하는 것이 제한된 비용과 시간을 고려할 때 합리적이라고 할 수 있기 때문이다. 따라서, 위성망에만 의존하는 것 보다는 무선망을 포함하여 적응적으로 해상 네트워크 운용하는 NCOE를 구축해야겠다.

참고문헌

○ 저서 및 논문

- [1] 임재성, 이민우, 이성일, 장지녕, “한국해군전술자료처리체계(KNTDS) 발전방향 연구,” 쌍용정보통신 위탁연구(방위사업청), 2009년.
- [2] 이민우, 정준우, 정규필, 임재성, “협동교전능력 확보를 위한 와이브로 기반 함정간 전술 네트워크 구축 제안,” 제12차 통신/전자 학술대회, 국방과학연구소, 2008년.
- [3] 이상훈, 김현우, 윤현구, 최용훈, “재난 안전 통신망에서 우선순위를 고려한 대역폭 관리 방법,” 한국ITS학회논문지, 15(2): p.p. 102-110, 2016년.
- [4] 윤종택, 최영민, 성보현, 김영호, “전술통신 환경에서의 정보 속성을 고려한 Tactical Back-off 알고리즘,” 『한국통신학회논문지』, Vol.35, 2010년, pp1478-1495.
- [5] 이철화, 이종관, 구자열, 임재성, “합동전장 환경에서 효과적인 Kill Chain 지원을 위한 표적정보전달 네트워크 분석,” 정보기술아키텍처연구, 한국EA학회, 2014년.
- [6] A. Cebrowski, J. Gartska, “Network-Centric Warfare: Its Origins and Future,” Naval Institute Proceedings, Jan. 1998.
- [7] Kidston D., Kunz T. “Challenges and opportunities in managing maritime networks,” 『IEEE Communications Magazine』, Vol.46, 2008, pp162-168.
- [8] R. Mittu and F. Segaria, “Common operational picture(COP) and common tactical picture(CTP) management via a consistent networked information stream(CNIS),” NAVAL RESEARCH LAB WASHINGTON DC2000.
- [9] Zhang, J., “Performance study of Markov modulated fluid flow models with priority traffic,” Proceedings of IEEE INFOCOM '93, March 1993, pp10-17..
- [10] Arena, Rockwell Automation, <https://www.arenasimulation.com>.
- [11] 『합동작전』, 합동군사대학교, 2010년.
- [12] 모세 크레스, “작전적 군수,” 『연경문화사』, 2008(출판년도), pp.51-82.