

논문 2012-49TC-5-15

# 함정용 멀티미디어 통합통신망을 위한 트래픽 및 링크용량 예측

( Traffic Consideration and Link Capacity Estimation for Integrated  
Multimedia Network of The Naval Ship )

이 채 동\*, 신 우 섭\*, 김 석 찬\*\*

( Chae-Dong Lee, Woo-Seop Shin, and Suk-Chan Kim )

## 요 약

함정의 운용 효율성을 높이기 위해서 한국 해군은 음성통신위주의 함내외 통합통신체계(ICS: Integrated Communication System)을 운용해 오고 있으며, 최근에는 음성, 영상, 문자 등이 포함된 멀티미디어 통합통신망에 대한 적용을 고려하고 있다. 본 논문은 함정용 멀티미디어 통합통신망을 구축하기 위한 기초연구로써 한국 해군의 함정 내 여러 통신망 중에서 통합통신망에 적용할 통신망을 구분하고, 구분된 통신망에서 운용중인 멀티미디어 트래픽의 종류 및 특성들을 고찰한다. 아울러 ICS 통신교환기에서의 트래픽 입력소스 수에 따른 링크용량을 예측하기 위해서 트래픽 다중화 모델을 제안하고, 한국 해군의 주요 함정 별 트래픽의 링크용량 산출 및 통합 트래픽을 분석한다.

## Abstract

Korea navy has been using the voice-oriented ICS to raise a efficiency of naval ship operation. Recently a multimedia network which are included voice, video and text is under consideration by korean navy. As a basic research to establish the integrated multimedia network of a naval ship, this paper classify the networks in order to apply to an integrated network among the various networks within a naval ship. We also consider the sort and characteristic of the multimedia traffic which is using within the classified networks. To predict the link capacity of switch from number of traffic input source, we suggest a traffic aggregation model. Then we calculate the link capacity of aggregated traffic and analyze a aggregated traffic of Korea major naval ship.

**Keywords :** ICS, Multimedia, Network, Aggregated traffic, Link capacity,

## I. 서 론

\* 정회원, 대양전기공업(주) 연구1실  
(DAEYANG Electric Co., LTD)

\*\* 정회원-교신저자, 부산대학교 전자전기공학과  
(Department of Electronic Engineering, Pusan  
National University)

※ 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의해 연구되었음.

※ 본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역  
인력혁신양성사업으로 수행된 연구결과임

접수일자: 2012년2월28일, 수정완료일: 2012년5월12일

현대전에서는 다양한 해상작전 혹은 임무에 적용이 가능하도록 다목적, 다기능의 함정을 필요로 하고 있으며, 이러한 함정의 발전 추세에 따라 장비 간의 통합 및 상호 운용성을 확보하여 운용 효율성 향상, 장비획득 및 유지비용을 절감하기 위한 방안이 요구되고 있다<sup>[1]</sup>. 해군 함정에는 작전지시, 지휘통제, 부서 간 상황정보 공유, 항해, 감시 등을 위한 음성 통신망, 폐쇄회로

TV(CCTV)망, 전화교환망, 함내 행정망(LAN), 항해정보망 등 다수의 통신망이 개별적으로 운용되고 있으며, 함정 내부의 다양한 통신망들을 통합운영하기 위해서 90년대 말부터 미 해군은 함정 내 통신망을 통합화하는 방안을 추진해오고 있다<sup>[2]</sup>. 한국 해군은 음성통신 위주의 통신망을 통합하여 함정용 ICS를 구축해서 운용해 오고 있으며, 최근에는 ICS 핵심장비(교환기, 단말장치, 네트워크 관리장치)의 국산화 개발이 완료되어 그 동안 지속되었던 해외기술의 종속에서 벗어나 한국 해군의 실정에 맞게 기능향상 및 통합범위의 변경 등에 따른 성능개선이 용이하도록 기반기술이 마련되었다<sup>[3~4]</sup>. 현재 한국 해군의 ICS는 음성통신위주의 통신망을 통합하는 단계에 머물러 있으며, 초도함을 시운전 중인 FFX(차기 호위함)에 한국형 ICS가 탑재되어 있지만 이 역시 기존 음성통신망의 통합수준을 벗어나지 못하고 있는 상황이다. 반면에 개념설계 혹은 기본 설계단계의 함정들을 중심으로 멀티미디어 형태의 통합통신망을 구축하기 위한 논의가 진행 중이며<sup>[5]</sup>, 향후에는 멀티미디어 통합통신망의 요구나 필요성이 더욱 높아질 것으로 예상된다. 특히 함정의 경우 기본 및 상세 설계단계에서 통신망의 모든 구성 및 사양이 결정되고, 함정건조 후에는 추가적인 케이블 포설 및 장비설치공간의 확보 등이 대단히 어렵기 때문에 설계단계에서 모든 변수들을 고려하여 신중하게 통신망을 설계해야 한다. 따라서



그림 1. 함정용 멀티미디어 통합통신망의 운용개념도  
 Fig. 1. Operational concept of integrated multimedia network for naval ship.

설계단계에서의 통신망 구성방안 및 링크용량평가 등의 작업이 매우 중요한 설계요건이라 할 수 있다. 이에 본 논문에서는 멀티미디어 형태의 함정용 통합통신망을 구축하기 위한 기초연구로써 음성, 데이터, 영상 등 멀티미디어 정보를 포함하는 함정 내 통합통신망의 구성요소가 될 하부 통신망을 구분하고, 구분된 통신망에서 사용되는 전술 및 비 전술 트래픽 요소들을 고찰한다.

아울러 통합통신망의 각 트래픽 입력소스 수에 따른 링크용량을 예측하기 위해서 한국해군의 ICS용 교환기를 기반으로 하는 트래픽 다중화 모델을 제시하고, 연산 및 수치해석을 통해서 운용 혹은 신규 건조중인 주요함정 별 통합 트래픽의 링크용량 산출 및 분석을 실시한다.

## II. 본 론

### 1. 멀티미디어 통합통신망의 구성 및 트래픽의 구분

#### 가. 멀티미디어 통합통신망의 구성요소

함정 내에는 작전지시, 항해, 통제 및 감시, 행정 등을 수행하기 위한 다양한 종류의 통신망이 탑재되어 있다<sup>[5]</sup>. 물론 함정의 규모와 작전운용성능(ROC)에 따라 적용유무 및 적용범위의 차이가 있을 수는 있으나, 기본적으로 운용되고 있는 통신망을 살펴보면 표 1과 같다. 표 1과 같이 멀티미디어 통합통신망 구성을 위한 하부 통신망의 구성요소는 함내외 통합통신체계, 함정

표 1. 멀티미디어 통합통신망 구축을 위한 하부 통신망

Table 1. Sub-network for configuration of integrated multimedia network.

| 종 류               | 전송방법                   | 전송내용               | 용 도                   |
|-------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| 함내외 통합통신체계        | STM <sup>[주1]</sup> -1 | 음성, 전송데이터, 전문(메시지) | 작전지시, 지휘, 통제, 전술표적공유  |
| 함내 전화망            | 아날로그 / 이더넷             | 음성                 | 함내 행정용 통화             |
| 함내 행정망            | 이더넷                    | 데이터                | 행정, 사무자동화, 교육훈련, 관리회계 |
| 항해 정보망            | RS-232 / RS-422        | 데이터                | 시각, 함 위치, 함속, 기상정보 등  |
| 폐쇄회로 TV(CCTV) 감시망 | 아날로그 / 이더넷             | 영상                 | 함내 주요위치 감시            |

주1) Synchronous Transfer Mode의 약자로 TDM(Time Division Multiplex)기반의 동기식 전송방식을 의미함.

용 행정망, 폐쇄회로TV(CCTV) 감시망, 함내 전화망, 항해정보망 등으로 나타낼 수 있다. 이들 통신망은 함내의 통합통신체계의 백본에 통합된 후 그림 1과 같이 함내의 통합통신체계의 다 기능 단말기를 통해서 통합 운용이 가능하게 된다<sup>[4]</sup>. 함내의 통합통신체계의 통신망은 광케이블 기반 디지털 분산제어방식이 적용되어 있으며, 함내 전화망 및 폐쇄회로TV 감시망은 기존 아날로그 형태의 연결방식에서 벗어나 COTS 기반의 이더넷 망을 활용한 디지털방식으로 점차 바뀌어 가고 있는 추세이다. 함정에는 표 1에서 언급된 통신망 외에도 표적탐지 및 사격통제기능을 담당하는 전투체계의 통신망, 엔진 및 발전기 제어 등을 위한 기관제어체계의 통신망 및 함정의 운항, 조종을 위한 통합함교체계(IBS)의 통신망 등 여러 체계의 통신망들이 탑재되어 있다. 이 통신망들은 본 논문의 통합통신망 구축을 위한 하부 통신망에서 제외되는데 이는 이들 체계가 함정의 작전 및 운항 등에 있어서 중요도가 매우 높아서 소요군 측에서는 독립적인 통신망으로 운용하기를 원하고 있으며, 통합통신망 구성 시 복잡도가 높아지고 성능확보를 위한 비용 등이 크게 상승할 수 있기 때문이다. 따라서 이들 체계와 정보공유 및 통합효과를 높이기 위해서는 통합통신체계와 부분적으로 연동하는 방안이 고려되어야 할 것이다.

나. 멀티미디어 트래픽의 구분

표 1에서 살펴본 통신망들을 통해 전송되는 다양한 종류의 멀티미디어 트래픽을 구분하면 표 2와 같이 나타낼 수 있다. 단, 함내 전화망 및 폐쇄회로TV(CCTV) 감시망의 경우 통합통신망 구축을 위해 이더넷 기반의 디지털 방식이 적용되었다고 가정한다. 음성 트래픽의 경우 작전지시 및 지휘 등을 위한 전술 트래픽과 일반 행정용으로 운용되는 비 전술 트래픽으로 구분된다. 텍스트 트래픽은 함정 대 함정 혹은 육상 대 함정으로의 작전지시 및 상황보고용 전문메시지를 주고받기 위해서 사용된다. 데이터 트래픽은 전술, 항해, 행정부분으로 나뉘는데 데이터 트래픽(전술)의 경우 Link-11, Link-K 등 전술데이터링크를 통해 실시간으로 함정에서 획득한 전술자료를 육상 및 타 함정과 공유하기 위해 사용되며, 데이터 트래픽(항해)부분은 함정위치, 함정속도, 풍향풍속 등 함 운항 및 기상정보 등을 전송하게 된다. 아울러 데이터 트래픽(행정)은 PC를 이용하여 함정내부 인터넷 망의 WEB기반 정보를 전송하기 위해서 사용

표 2. 통합망을 위한 함정 내 트래픽의 구분  
Table 2. Classification of traffic in the naval ship for integrated network.

| 트래픽 유형  | 전송속도                       | 신호형태                          | 실시간 전송    | 트래픽 구분           |      |
|---------|----------------------------|-------------------------------|-----------|------------------|------|
| 음성      | 전술                         | 64Kbps                        | G.711     | ○                | 전술   |
|         | 행정                         | Max. 64Kbps                   | G.711,729 | △ <sup>주4)</sup> | 비 전술 |
| 텍스트(전술) | Typ. 200bps <sup>주2)</sup> | -                             | ○         | 전술               |      |
| 데이터     | 전술                         | Max. 115.2Kbps <sup>주2)</sup> | -         | ○                | 전술   |
|         | 항해                         | Max. 19200bps                 | NMEA0183  | ○                | 전술   |
|         | 행정                         | Max. 100Mbps <sup>주3)</sup>   | HTML, XML | X                | 비 전술 |
| 비디오     | Max. 6Mbps                 | MPEG4, H.264                  | △         | 비 전술             |      |

주2) 텍스트(전술), 데이터(전술)의 전송속도는 무선통신을 위한 변복조 전 단계인 기저대역에서의 전송속도를 의미함.  
주3) 함정용 행정망의 최대 전송속도를 의미함.  
주4) 전술트래픽에 비해서 실시간 전송순위가 낮지만 QoS를 위한 최소한의 실시간 성능 확보가 되어야 함.

되고, 폐쇄회로TV(CCTV) 감시망에 의한 비디오 트래픽은 함정 내 주요위치에 배치된 CCTV 카메라로부터 획득된 영상정보를 전송하는 용도로 사용된다.

2. 트래픽 다중화 모델링

본 논문에서는 최근 국산화 개발이 완료된 한국형 ICS를 기반으로 트래픽 다중화 모델링을 하였다. 한국형 ICS의 경우 각 교환기간 데이터 전송방법으로 SDH 표준(ITU-T G.707)을 적용하여 높은 신뢰성과 함께 통신망 보호 및 복구능력이 한층 강화되었으며, 그림 2와 같이 전술적 중요도가 높은 실시간성 정보(전술 트래픽) 외에 이더넷을 이용한 패킷정보(비 전술 트래픽)를 수용하여 망을 효율적으로 운용 할 수 있도록 구성되어 있다<sup>[4]</sup>.

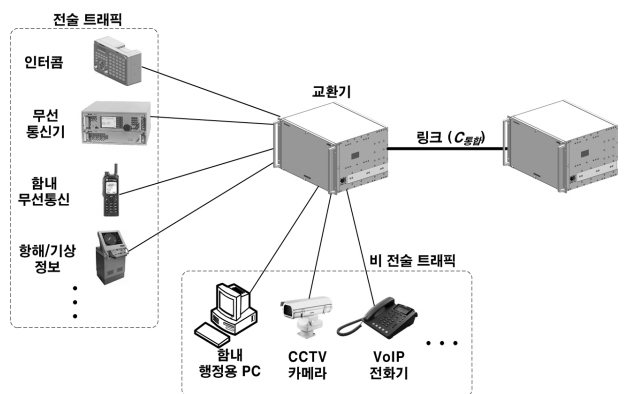


그림 2. 함정 내 통신망의 통합 구성도  
Fig. 2. Integration of internal network of naval ship.

가. 전술 트래픽의 다중화

전술 트래픽은 작전 시 중요도가 높은 정보이기 때문에 모든 트래픽 입력소스에 대해 타임슬롯을 할당하여 전송지연(delay) 및 전송차단(blocking)이 발생하지 않도록 해야 한다. 이 경우 각 입력 트래픽 소스는 그림 3의 전술 트래픽 다중화 장치로의 도착여부와는 상관없이 미리 할당된 타임슬롯을 항상 점유하게 되며, 이때 각 트래픽의 종류별로 트래픽의 최대부하(Peak load)를 고려하여 타임슬롯의 수가 결정된다. 이를 토대로 전술 트래픽의 다중화에 의한 링크용량( $C_{전술}$ )은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{전술} = \left(\sum_{i=1} N_i S_i\right) \times 64Kbps \quad (1)$$

여기서,

N : 전술 트래픽의 입력소스 수

S : 전술 트래픽 종류별 타임슬롯 수

i : 전술 트래픽의 종류

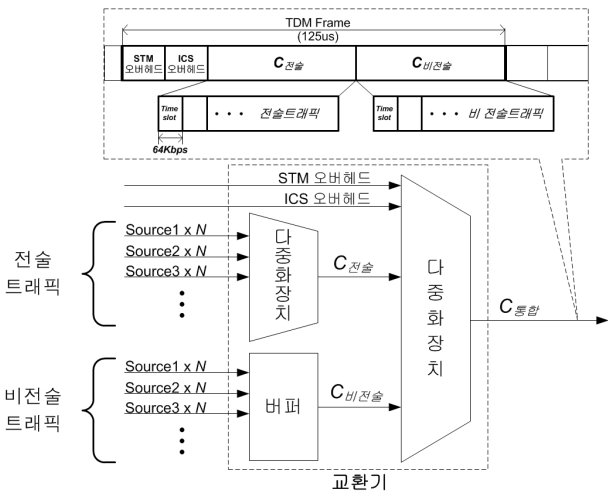


그림 3. 함정 내 통신망의 통합 트래픽 모델링  
Fig. 3. Integrated traffic modeling of internal network of naval ship.

나. 비 전술 트래픽의 다중화

비 전술 트래픽은 그림 3과 같이 교환기의 버퍼에서 통합된 뒤 전송을 위해서 TDM프레임의 비 전술 트래픽 영역의 타임슬롯 상에 배치된다. 비 전술 트래픽의 다중화에 의한 링크용량 및 버퍼와의 상관관계 등을 파악하기 위해서 입력소스인 이더넷 기반 패킷 트래픽의 특징을 살펴보면 자기유사성(Self-similarity)이라는 성질을 가지고 있으며, 이러한 트래픽의 경우 전통적인

음성 트래픽과는 달리 시간규모에 관계없이 버스트(Burstiness)한 특성을 가지는 것으로 밝혀졌다<sup>[6~7]</sup>. 따라서 본 논문에서는 이러한 자기유사성을 가지는 트래픽의 특성에 적합하고, 계산의 복잡도가 낮은 FBM (Fractional Brownian motion) envelope process를 입력 트래픽 모델로 하는 큐잉 시스템<sup>[8~9]</sup>을 이용하여 링크용량을 예측한다. 그림 3의 비 전술 트래픽이 입력되는 버퍼에서의 트래픽 입력모델은 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\hat{Q}(t) = \hat{A}(t) - Ct = mt + k\sigma t^H - Ct \quad (2)$$

여기서,

$\hat{A}(t)$  : FBM 기반 입력 트래픽

C : 링크용량

m : 트래픽의 평균 도착율

$\sigma$  : 트래픽의 표준편차

H : 허스트 파라미터(0.5 < H < 1)

$\epsilon$  : 패킷손실율

$$k = \sqrt{-2 \ln \epsilon}$$

식(2)는 큐에서의 최대 대기시간  $t_{max} > 0$  에서 최대값을 가지며 이때 패킷손실율  $\epsilon$ 의 확률로 최대 큐( $\hat{Q}_{max}$ )를 넘어서게 된다. 링크용량(C 비전술)을 구하기 위해 다중으로 입력되는 n개의 트래픽을 통합할 수 있도록 평균도착률  $m = \sum_{i=1}^N m_i$  및 분산  $\sigma^2 = \sum_{i=1}^N \sigma_i^2$ 을 각각 적용하고, 주어진 값으로 버퍼크기를 지정하여 식(3)을 정의한다.

$$\hat{Q}_{max} = \hat{Q}(t_{max}) = \sum_{i=1}^N m_i t_{max} + k \left( \sum_{i=1}^N \sigma_i^2 t_{max}^{2H_i} \right)^{1/2} - C t_{max} = q \quad (3)$$

여기서  $t_{max}$ 는 식(4)와 같이 표현되는  $\frac{d\hat{Q}(t)}{dt} = 0$ 의 해이며 식(3)과 식(4)에 의해 버퍼크기 q에서  $\epsilon$ 의 패킷손실율을 가지는 링크용량(C 비전술)을 구할 수 있다.

$$\frac{d\hat{Q}(t)}{dt} = \left( \sum_{i=1}^N m_i - C \right) + k \frac{1}{2} \left( \sum_{i=1}^N \sigma_i^2 t^{2H_i} \right)^{-1/2} \left( \sum_{i=1}^N \sigma_i^2 2H_i t^{2H_i-1} \right) = 0 \quad (4)$$

다. 통합 트래픽에 의한 다중화

그림 3의 교환기로부터 출력되는 통합 트래픽의 링크 용량( $C_{\text{통합}}$ )은 전술 및 비 전술 트래픽의 다중화 링크 용량과 함께 고정적으로 전송되는 STM 표준의 오버헤드(90 타임슬롯 x 64Kbps) 및 ICS의 시스템 오버헤드(256 타임슬롯 x 64Kbps)를 모두 더하면 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{\text{통합}} = C_{\text{전술}} + C_{\text{비전술}} + \text{STM 오버헤드} + \text{ICS 오버헤드} \tag{5}$$

3. 함정별 통합통신망의 링크용량 산출

함정별 통합통신망의 링크용량을 산출하기 위해서 본 논문에서는 현재 한국 해군에서 운용 중이거나 건조 중인 주요 함정의 함정 내 트래픽을 기반으로 트래픽의 입력소스 수를 적용하였다.

가. 전술 트래픽의 링크용량 산출

전술 트래픽의 입력소스 수를 살펴보면 표 3과 같다<sup>[10]</sup>. 한국형 전술데이터링크인 LINK-K는 현재 개발 중에 있으며 초도함이 시운전 중인 FFX에 첫 적용되어 운용시험을 실시하고 있다. 전술 트래픽의 경우 음성통신 기반의 트래픽이 주를 이루고 있으며, 이로 인해서 대부분의 트래픽은 종류별로 1개의 타임슬롯이 할당되어 있으나, 전술 데이터 링크(LINK-11, LINK-K)의 트래픽을 처리하기 위해서는 최대부하(Peak load)를 고려

표 3. 주요 함정별 전술 트래픽의 입력소스 수  
Table 3. Input source No. of tactical traffic of major naval ship.

| 트래픽 종류              | 트래픽 유형  | 함정종류 |     |         |          |     | 타임 슬롯 수 |
|---------------------|---------|------|-----|---------|----------|-----|---------|
|                     |         | PKX  | FFX | KDX -II | KDX -III | LPX |         |
| 인터넷                 | 음성      | 38   | 56  | 77      | 166      | 210 | 1       |
| 무선통신기               |         | 9    | 20  | 37      | 66       | 55  | 1       |
| 음력전화                |         | 3    | 3   | 3       | 3        | 4   | 1       |
| 함내무선통신              |         | 3    | 4   | 5       | -        | 6   | 1       |
| 전술 데이터              | LINK-11 | 2    | 1   | 3       | 4        | 3   | 4       |
|                     | LINK-K  | -    | 1   | -       | -        | -   | 8       |
| 항해정보 <sup>주5)</sup> | 데이터     | 3    | 3   | 3       | 3        | 3   | 1       |
| 전술메시지               |         | 텍스트  | 3   | 3       | 7        | 8   | 13      |

주5) 항해정보의 경우 링크용량 산출을 위해서 3개의 입력소스 (함정 위치, 함정 속도, 풍향풍속)를 함정종류에 따라 일괄적으로 적용함.

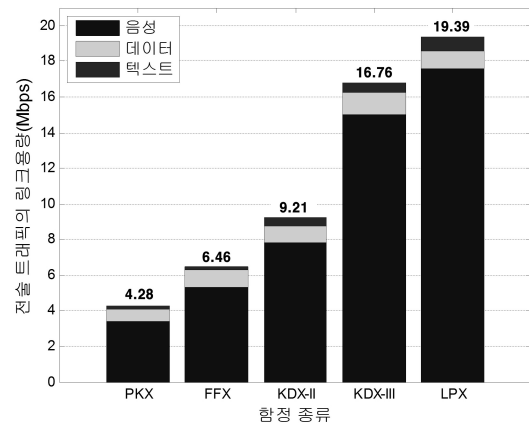


그림 4. 주요 함정 별 전술 트래픽의 링크용량  
Fig. 4. Link capacity of tactical traffic of major naval ship.

하여 4개(LINK-11) 및 8개(LINK-K)의 타임슬롯이 할당된다. 표 3 및 식(1)을 이용하여 주요 함정 별 전술 트래픽의 링크용량을 산출하면 그림 4와 같다. 함정 규모(만재 배수량 LPX:18,000ton / KDX-III:10,000ton / KDX-II:4,800ton / FFX:3,100ton / PKX:570ton)가 클수록 전술 트래픽의 링크용량 또한 증가하는 것을 알 수 있으며, 트래픽의 유형 중에서 음성 트래픽이 전체 트래픽의 최소 80%이상을 차지하는 것으로 파악되었다. LPX의 전술 트래픽 링크용량(19.39Mbps)이 현재 한국 해군이 운용하는 함정 중에서 가장 큰 값을 가지고 있는데 이는 함정 규모가 클수록 승조원의 증가 및 무선통신기의 수량증가 등으로 인해 음성 트래픽의 수요가 늘어나기 때문이다.

나. 비 전술 트래픽의 링크용량 산출

비 전술 트래픽의 다중화 모델링을 통한 링크용량을 구하기 위해 본 논문에서는 식(3), 식(4) 및 뉴튼-랩슨법에 의한 수치해석 알고리즘을 사용하였으며, 그림 5에 해당 알고리즘의 가상코드를 표현하였다. 비 전술 트래픽의 링크용량 산출을 위해 사용된 입력소스 수 및 주요 파라미터는 표 4 및 표 5와 같다. 트래픽의 평균 비트율  $m$ 은 각 트래픽의 QoS를 고려하여 선정하였고, 분산  $\sigma^2$ 은 계산의 편의를 위하여 평균 비트율의 40%를 설정하였다. 향후 보다 정확한 분석을 위해서는 함정에서 각 트래픽 별 데이터를 실측하여 파라미터 값들을 산출해야 할 것으로 생각된다. 표 4 및 표 5와 수치해석 알고리즘을 이용하여 링크용량을 산출하였으며, 먼저 버퍼길이, 패킷손실율에 대한  $Q(C, t_{max})$ 와의 상관관계를

```

Function Link capacity_비전술(Qmax, C0, t0, Err)
  Qmax=(버퍼크기), Err=(반복계산중단을 위한 허용오차)
  C=C0, t=t0
  DOWHILE Q(t) < Qmax
    DOWHILE Err ≤ |(t-told)/t| × 100
      t = told
      t = t - Q'(t)/Q''(t)
    ENDDO
  t = t0
  C = C + ΔC
  ENDDO
  tmax = t
  C비전술 = C
END
    
```

그림 5. 비전술 트래픽의 링크용량 산출을 위한 알고리즘

Fig. 5. Algorithm for calculation of link capacity of non-tactical traffic.

표 4. 주요 함정별 비전술 트래픽의 입력소스 수<sup>주6)</sup>

Table 4. Input source No. of non-tactical traffic of major naval ship.

| 트래픽 종류   | 트래픽 유형 | 함정종류 |     |        |         |     |
|----------|--------|------|-----|--------|---------|-----|
|          |        | PKX  | FFX | KDX-II | KDX-III | LPX |
| VoIP 전화기 | 음성     | 33   | 77  | 116    | 141     | 206 |
| 행정용 PC   | 데이터    | 25   | 63  | 30     | 60      | 150 |
| CCTV 카메라 | 비디오    | 9    | 27  | 6      | 24      | 45  |

주6) 기존 함정에는 아날로그 전송방식의 일반전화기 및 CCTV 카메라가 적용되어 있으나, 본 논문에서는 VoIP전화기 및 IP방식 CCTV 카메라가 탑재 되었다고 가정함.

표 5. 비전술 트래픽의 링크용량 산출을 위한 파라미터

Table 5. Parameters for calculation of link capacity of non-tactical traffic.

| 트래픽 종류   | 파라미터    |                |      |                  |                 |
|----------|---------|----------------|------|------------------|-----------------|
|          | m       | σ <sup>2</sup> | H    | ε                | q               |
| VoIP 전화기 | 80kbps  | 32kbit·sec     | 0.8  | 10 <sup>-6</sup> | 10 <sup>6</sup> |
| 행정용 PC   | 200kbps | 80kbit·sec     | 0.75 |                  |                 |
| CCTV 카메라 | 1.5Mbps | 0.6Mbit·sec    | 0.85 |                  |                 |

살펴보면 그림 6 및 표 6과 같이 나타난다. 표 4의 함정 중에서 규모가 가장 큰 LPX의 비전술 트래픽을 적용하여 수치해석 해 본 결과 버퍼길이 및 패킷손실율을 각각 10Kbyte와 10<sup>-6</sup>으로 했을 경우 링크용량(C) 및 버퍼에서의 최대 대기시간(t<sub>max</sub>)이 각각 171.1Mbps 및 0.0009sec

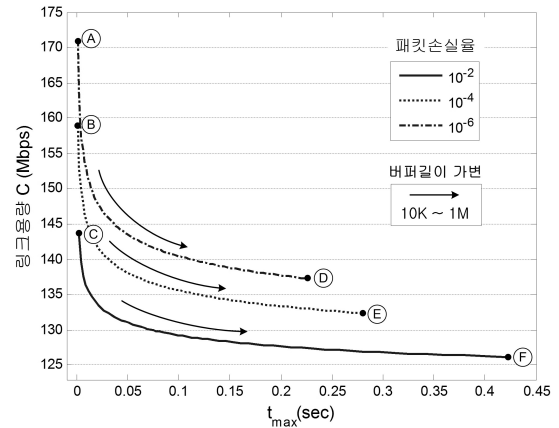


그림 6. 버퍼크기 및 패킷손실율에 대한 C 및 t<sub>max</sub>

Fig. 6. C and t<sub>max</sub> in the change of buffer size and packet loss rate.

표 6. 버퍼크기 및 패킷손실율에 대한 Q(C, t<sub>max</sub>)

Table 6. Q(C, t<sub>max</sub>) in the change of buffer size and packet loss rate.

| 구분 | q   | ε                | Q(C, t <sub>max</sub> ) |                        |
|----|-----|------------------|-------------------------|------------------------|
|    |     |                  | C (Mbps)                | t <sub>max</sub> (sec) |
| Ⓐ  | 10K | 10 <sup>-6</sup> | 171.1                   | 0.0009                 |
| Ⓑ  |     | 10 <sup>-4</sup> | 158.8                   | 0.0011                 |
| Ⓒ  |     | 10 <sup>-2</sup> | 143.5                   | 0.0017                 |
| Ⓓ  | 1M  | 10 <sup>-6</sup> | 137.3                   | 0.226                  |
| Ⓔ  |     | 10 <sup>-4</sup> | 132.4                   | 0.279                  |
| Ⓕ  |     | 10 <sup>-2</sup> | 126.2                   | 0.428                  |

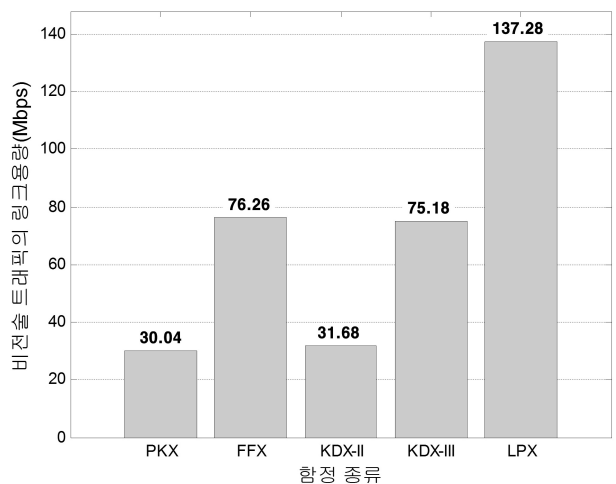


그림 7. 주요 함정 별 비전술 트래픽의 링크용량

Fig. 7. Link capacity of non-tactical traffic of major naval ship.

로 산출되었고, 버퍼길이 및 패킷손실율을 각각 1Mbyte와 10<sup>-2</sup>으로 했을 경우 링크용량(C) 및 버퍼에서의 최대 대기시간(t<sub>max</sub>)이 각각 126.2Mbps 및 0.428sec로 산출되었

다. 위의 결과에서 보듯이 버퍼크기 및 패킷손실율을 크게 할수록 링크용량을 낮출 수는 있으나, 버퍼에서의 대기시간에 따른 전송지연 및 실제 교환기 구현 시 버퍼크기의 제약 등을 고려해서 적절한 값을 설계에 반영해야 할 것으로 생각한다. 그림 7은 버퍼크기와 패킷손실율을 각각 1Mbyte와  $10^{-6}$ 으로 했을 경우의 각 함정별 비전술 트래픽의 링크용량을 나타내었다. 전술 트래픽의 링크용량과는 달리 FFX에서의 링크용량(76.26Mbps)이 함정 규모가 큰 KDX-II (31.68Mbps)나 KDX-III(75.18Mbps)보다 높게 나타나는데 이는 FFX가 두 함정보다 행정용 PC 및 CCTV에 대한 수요가 상대적으로 증가하여 나타난 결과임을 알 수 있다.

다. 통합 트래픽의 링크용량 산출

그림 8에서는 주요 함정 별로 전술 및 비 전술 트래픽과 오버헤드를 통합하여 식(5)에 의해 통합 트래픽의 링크용량을 산출하였다. 모든 함정에서 비 전술 트래픽의 링크용량이 전술 트래픽의 링크용량에 비해 높게 나타나고 있으며, FFX 및 LPX는 비 전술 트래픽의 링크용량이 통합 트래픽 링크용량의 70% 이상 차지하고 있음을 알 수 있다. 특히 LPX 통합 트래픽의 링크용량(178.81 Mbps)이 가장 높게 나타나는데 LPX 혹은 보다 규모가 큰 항공모함 급의 함정이 건조되고 여기에 멀티미디어 통합통신망을 적용하기 위해서는 ICS의 교환기간 통신 속도를 STM-1(155Mbps급)에서 STM-3(622Mbps급)로 높일 필요가 있음을 확인하였다.

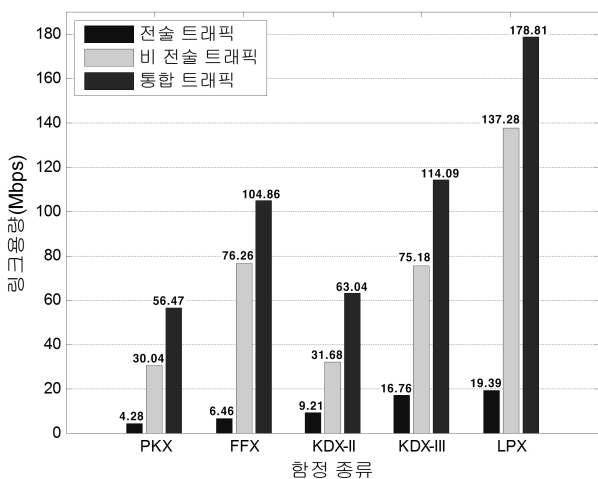


그림 8. 주요 함정 별 통합 트래픽의 링크용량  
Fig. 8. Link capacity of integrated traffic of major naval ship

III. 결 론

본 논문에서는 한국 해군의 함정 내 다양한 통신망 중에서 멀티미디어 통합통신망에 적용할 통신망을 구분 및 제시하였고, 구분된 통신망에서 운용중인 멀티미디어 트래픽들의 종류 및 특성을 살펴보았다. 함정이라는 특수한 조건에 따라 트래픽을 전술 및 비 전술 트래픽으로 분류하였고, 한국형 ICS의 교환기를 기반으로 링크용량 예측을 위한 모델링 및 주요 함정의 트래픽을 입력소스로 적용해서 통합된 링크용량을 산출하였다. 주요 함정별 트래픽 입력에 따른 링크용량 및 트래픽을 분석한 결과 기존 전술트래픽 위주의 통합통신망은 함정 규모에 비례하여 링크용량이 증가하였으나, 이에 비해 전술 및 비 전술 트래픽이 통합된 멀티미디어 통합통신망은 비 전술 트래픽의 링크용량이 통합 링크용량에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

본 연구결과는 함정의 멀티미디어 통합통신망 설계시에 망 구성 방안 및 링크용량 예측에 활용될 수 있으며 아울러 국산화 개발이 완료된 한국형 ICS의 통신교환기 성능개선에 활용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 구중도, “차세대 함정의 필요충분조건에 대한 고찰”, 한국해양공학회, 추계학술대회, 50-54쪽, 2001년
- [2] J. Fullerton, M. Scotchlas, T. Smith, A. S. Freedner, “Operational Impact of the Aegis Cruiser Smartship system,” the Engineering the Total Ship(ETS) Symposium, Gaithersburg, USA, Mar 2004.
- [3] 이채동, 신우섭, 김석찬, “함내의 통합통신체계의 적용현황 및 발전방향”, 한국 마린엔지니어링 학회지 제34권, 제1호, 116-124쪽, 2010년 1월
- [4] 이채동, 신우섭, 조찬근, 김석찬, “광통신망 기반 함정용 함내의 통합통신체계의 설계 및 구현”, 대한전자공학회 논문지 47권, 제8호, 91-98쪽, 2010년 8월
- [5] 대양전기공업(주), “차기수상함구조함 (ATS-II)함내의 통합통신체계 제안서”, 2009년11월
- [6] Will E. Leland , Murad S. Taquq , Walter Willinger, Daniel V. Wilson, On the self-similar nature of Ethernet traffic (extended version), IEEE/ACM Transactions on Networking (TON), v.2 n.1, pp.1-15, Feb 1994.

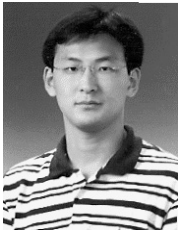
[7] 박정숙, 전용희, “자기유사 트래픽 특성을 고려한 차등서비스 망의 성능평가”, 한국통신학회논문지 33권, 5호, 344-355쪽, 2008년 5월

[8] Fonseca N.L.S, Neto C.A.V, Mayor GS , Statistical Multiplexing of Self-similar Sources, IEEE GLOBECOM pp.1788-1792, 2000.

[9] Melo C.A.V, Da Fonseca N.L.S, Envelope process and computation of the equivalent bandwidth of multifractal flows, Computer Networks, 48 (3), pp.351-375, Jun 2005.

[10] 대양전기공업(주), “PKX, FFX, KDX-II, KDX-III, LPX ICS 제작규격서”, 2009년 10월

저 자 소 개



**이 채 동**(정회원)  
 1995년 동아대학교 전기공학과 학사 졸업.  
 1997년 동아대학교 전기공학과 석사 졸업.  
 2006년 부산대학교 전자공학과 박사 수료.  
 1997년~현재 대양전기공업(주) 책임연구원.  
 <주관심분야 : 함정용 통합통신망, 유무선 융합통신, 선박 내 무선통신>



**김 석 찬**(정회원)-교신저자  
 1993년 부산대학교 전자공학과 학사 졸업.  
 1995년 한국과학기술원 전기및 전자공학과 석사 졸업.  
 2000년 한국과학기술원 전기및 전자공학과 박사 졸업.  
 2008년~2011년 부산대학교 반도체설계 교육센터장  
 2002년~현재 부산대학교 전자공학과 교수  
 <주관심분야 : 이동통신, 통신신호처리, 유무선 융합통신, UWB>



**신 우 섭**(정회원)  
 1989년 동아대학교 전기공학과 학사 졸업.  
 1991년 동아대학교 전기공학과 석사 졸업.  
 1991년~현재 대양전기공업(주) 이사.  
 2009년~현재 국방기술품질원 국방과학기술 전문위원.  
 <주관심분야 : 함정용 통합통신망, 유무선 융합통신, 선박 내 무선통신>