

TMS 기반 선박 텔레콤 시스템을 위한 통합 인터페이스 설계

김정우¹ · 손주영[†] · 윤경국²

(Received January 10, 2017 ; Revised May 16, 2017 ; Accepted June 1, 2017)

Design of integrated interfaces for telecom systems in vessels based on the TMS

Jung-Woo Kim¹ · Joo-Young Son[†] · Kyoung-Kuk Yoon²

요약: 오늘날 선박은 해상의 독립적인 구조물에서 벗어나 육상에서 함께 관리하는 유기적인 자산으로 바뀌었다. 선박 시스템에 대한 기술 개발과 연구가 활발히 진행되고 있다. 대표적으로 스마트 십이 있으며 경제운항, 무인선박과 함께 미래를 책임질 선박기술로 꼽힌다. 선박기술의 발전과 함께 빼놓을 수 없는 것이 텔레콤 시스템이다. 원래 텔레콤 시스템은 원거리 의사소통을 위한 통신도구였지만 최근 들어 데이터나 정보와 관련된 모든 시스템을 포함한다. 원격 관리, 사고예방, 보안과 같은 선박의 핵심기술들은 텔레콤 시스템을 기반으로 성장할 수 있다. 그러나 제도적, 경제적인 제약으로 인해 텔레콤 시스템은 표준화되지 못하고 있다. 선박은 텔레콤 시스템의 인터페이스를 위해 다양한 케이블들이 복잡하게 설치된다. 이런 상황에서 새로운 선박기술은 선박의 무게를 가중시키고 설계비용과 유지보수비용을 증가하게 한다. 본 논문은 선박 기술의 기본이 되는 텔레콤 시스템을 위해 TMS 기반의 통합 인터페이스 설계 방법을 제안한다.

주제어: 텔레콤관리시스템, 텔레콤, 선박, 인터페이스

Abstract: Presently, vessels are organic assets to be managed together on land away from independent structures in the sea. In addition, development and research on marine systems technology are actively under way. Typically there exists a smart ship, which is cited as the ship technology responsible for future use along with economic ship routing and unmanned ship concepts. The original telecom system was a communication tool for distance communication. However, recently, telecom systems include all systems related to data and information. A vessel's core technologies, such as remote management, accident prevention, and security can be developed based on telecom systems. However, owing of institutional and economic constraints, telecom systems are not standardized. Vessels are installed with various cables for interface of telecom systems, and this installation is complicated. In this situation, the new vessel technology increases the design costs, maintenance costs, and weight of the vessel. This paper proposes a method to design integrated interfaces based on TMS for telecom systems which is the basis of vessel technology.

Keywords: Telecommunication management system (TMS), Telecom, Ship, Vessel, Interface

1. 서 론

오늘날 조선산업은 해상사고와 경기침체의 영향으로 지금까지와는 차별화된 기술들을 요구하고 있다. 대표적으로 원격관리, 경제운항과 같은 기술들이며 전세계 어디서든 원하는 선박으로 접근이 가능하다. 초기에는 선박의 상태확인 목적이었으며 메인 엔진(Main engine)과 같은 일부 시스템에 대한 원격모니터링 기술이 사용되었다. 이후 SAN(Ship Area Network)과 같은 선박 네트워크의 발전과 인공지능을 이용한 통신 기술의 발달로 선박 관리에 대한 관심이 증가하였다. 지

금은 정보통신기술(ICT)을 접목한 친환경, 안전, 효율을 위한 다양한 시스템들이 나타나고 있다.

과거의 선박용 텔레콤 시스템은 인터페이스를 이용한 공유의 개념이 없었다. 디지털이 선박에 적용되기 시작하면서 텔레콤 시스템은 서로의 정보를 공유하기 시작하였다. 기능도 확장되어 소수의 인원이 많은 정보를 취급하고 관리해야 하는 선박에서 텔레콤 시스템은 눈과 귀의 역할을 대신하며 선박운항에 있어 없어서는 안될 존재로 자리잡았다. 선박의 모든 정보는 텔레콤 시스템에 의해 전달되고 텔레콤 시스템

† Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7851-9214>): Division of Marine IT Engineering, Korea Maritime and Ocean University, 727, Taejong-ro, Yeongdo-gu, Busan 49112, Korea, E-mail: mmlab@kmou.ac.kr, Tel: 051-410-4575

1 Department of Power Control & Automation Design, Hyundai Heavy Industries Co., Ltd., E-mail: kimjungwoo@hhi.co.kr, Tel: 052-203-2106

2 Department of R&D Center, Seonet Co., Ltd., E-mail: kkyoon@sea-net.co.kr, Tel: 051-405-0424

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

을 이용하여 통제된다. 텔레콤 시스템의 구성 방법에 따라 선박관리의 범위가 결정된다. 앞으로 텔레콤 시스템은 선박의 성능을 결정하는 가장 중요한 요소가 될 것이다.

텔레콤 시스템을 선박에 설치하기 위해서는 선급(Classification)으로부터 인증(Certification)을 받아야 한다. 인증과정이 복잡하고 많은 비용을 필요로 하기 때문에 선박을 위한 새로운 기술을 개발하고 적용하는 것은 어렵다. 의무적으로 설치해야 하는 법정장비도 기술발전은 미약하다. 1974년, 선박의 안전에 대한 표준인 SOLAS(International Convention for Safety of Life at Sea)는 항해(Navigation)와 라디오(Radio)의 일부 장비에 대해서만 규정하고 있다[1]. 2000년 초에 부분적으로 개정이 되었지만 큰 변화는 없다[2]. 수십 년 전 작성된 조약이 오늘날 텔레콤 시스템에 대한 기술 발전을 저해하고 있다. 이러한 제약들은 선박에 새로운 텔레콤 시스템과 기술을 적용하기 어렵게 하고 표준화에 대한 필요성을 감소시킨다.

선박에 있어 정보통신기술은 기존 텔레콤 시스템들과의 융합이나 호환을 고려하지 않고 있다. 새로운 시스템은 케이블과 데이터 변환을 위한 장비의 추가설치를 필요로 한다. 텔레콤 시스템과 데이터가 표준화되지 않았기 때문이다.

현재 해양플랜트(Offshore plants)를 포함한 모든 선박에서 텔레콤 시스템에 대한 인터페이스에 대한 설계는 개선되지 않고 있다. 본 논문은 TMS를 기반으로 선박의 텔레콤 시스템을 위한 통합 인터페이스 설계 방법을 제안하고 데이터의 표준화가 필요한 이유를 실험을 통해 증명한다[3].

2. TMS 소개

1990년대에 노르웨이해양표준인 NORSOK(T-001, T-100)에 의해 TMS (Telecommunication Management System)가 처음으로 정의되었다[4][5]. 해양플랜트의 텔레콤 시스템에서 발생하는 알람을 모니터링 하기 위한 시스템이다. NORSOK T-100에서 제안하는 TMS 구조는 LAN과 WAN을 기반으로 하는 Client/Server 구조이다.

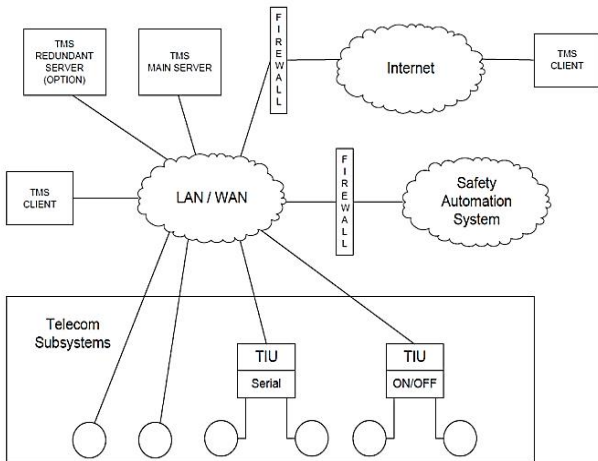


Figure 1: Schematic diagram of TMS as NORSOK T-100[4]

TIU(Telecommunication Interface Unit)는 텔레콤 시스템에서 발생하는 알람을 TMS 서버에 맞는 데이터 타입으로 바꾸는 역할을 한다. TIU가 필요한 이유는 전세계의 수많은 제조사들이 자신들의 고유한 데이터 타입을 갖도록 제품을 제작하기 때문이다.

TMS에서 모니터링 되는 정보는 제한적일 수 밖에 없어 사용자가 원하는 관리시스템으로써의 역할을 만족할 수 없었다. TMS를 구축하기 위해서는 데이터 타입에 맞는 케이블과 TIU를 텔레콤 시스템마다 함께 설치해야 한다. TMS는 구축과 관리에 많은 비용이 소요되는 고가의 시스템으로 평가된다. TMS는 텔레콤 시스템을 정의하고 표준화하지 않았기 때문에 선박과 모든 해양플랜트의 확대에 실패한다.

3. 텔레콤 시스템 범위

텔레콤은 전기통신이란 뜻으로 통신과 관련한 모든 범위를 포함한다. 최근 들어 IT 기술과 무선통신기술이 접목되어 그 범위는 점점 더 확대되고 있다. 일반적으로 선박에서는 통신관련 시스템과 항해관련 시스템을 합쳐 텔레콤 시스템이라 한다. Table 1은 선박에서 사용하는 텔레콤 시스템의 범위로 항해시스템, 선내통신시스템, 선외통신시스템, 안전관리시스템 등을 모두 포함하였으며 총 45개로 구분된다.

Table 1의 45개 시스템에 대해 Mandatory와 Type Approval을 표시하였다. Mandatory는 SOLAS의 Life-saving appliances and arrangements, Radio communications, Safety of navigation에서 정의되어 선박에 필수적으로 설치해야 하는 시스템이다[6]. Type Approval은 European Marine Equipment Directive(MED)에서 선박에 설치되는 Life-saving appliances, Navigation equipment, Radiocommunication equipment에서 지정된 제품에 대해 지정된 인증기관에서 적합성에 대한 인증서를 발급 받아야 한다[7]. 선박에서 텔레콤 시스템을 적용하기 위해서는 먼저 Mandatory에 포함이 되는지 확인한다. 다음으로 Type Approval이 있는 제품이어야 하는지 확인한다.

Table 1에서 Mandatory와 Type Approval에 모두 포함되지 않는 텔레콤 시스템이 있다. 선박에 설치되는 되지만 조약, 선급에서는 반영하지 않은 것으로 분석된다. 최근 기술의 발전속도가 빠른 CCTV, Entertainment, Wireless, LAN과 같은 시스템은 양쪽에 모두 포함되지 않는다. Table 1에서 Mandatory는 21개로 46.7%이며 Type Approval은 18개로 40.0%이다. 과거에 정의된 조약과 선급의 기준으로 오늘날 텔레콤 시스템을 정의하기엔 분명한 한계가 있다. Table 1의 50% 이상에 해당하는 텔레콤 시스템은 각각의 목적에 맞는 기능으로써 검토되고 설치된다. 다시 말해 선박에서 보편적으로 사용은 되지만 기준이 없어 선박에 적합하지 않을 수 있다. 텔레콤 시스템은 조약, 선급, 제조업체가 표준화를 위해 함께 연구하여 개발되고 발효해야 한다.

Table 1: Telecom systems in vessels

Seq.	System	Mandatory	Type Approval
1	VSAT system	X	X
2	DGPS navigation system	O	O
3	Integrated navigation system (INS)	O	O
4	Satellite communication (C & F)	O	X
5	Auto pilot & Gyro compass system	O	O
6	Magnetic compass system	O	O
7	Speed log system	O	O
8	Rudder angle indicating system	O	O
9	Echo sounder system	O	O
10	Voyage Data Recorder system	O	O
11	Sound reception system	O	O
12	Automatic identification system (AIS)	O	O
13	Real time clock system	X	X
14	Sound powered telephone system	O	X
15	Communal aerial system	X	X
16	Weather FAX system	O	X
17	NAVTEX system	O	O
18	Marine radar system	O	O
19	Ship security alert system (SSAS)	O	O
20	MF/HF main radio with DSC system	O	O
21	Office data network equipment (LAN)	X	X
22	VHF radio system	O	O
23	UHF radio system	X	X
24	Telephone system (PABX)	X	X
25	Bridge Navigational watch alarm system (BNWAS)	O	O
26	Whistle system	O	O
27	Closed circuit television (CCTV)	X	X
28	Entertainment system	X	X
29	Cinema system	X	X
30	Collaboration system	X	X
31	Meteorological observation system	X	X
32	Main distribution frame (MDF)	X	X
33	Uninterrupted power supply (UPS)	X	X
34	Helicopter monitoring system	X	X
35	Wireless broadband access network	X	X
36	Public address and general alarm (PAGA) system	O	O
37	Talkback system	X	X
38	Elevator alarm system	X	X
39	Ref. chamber alarm system	X	X
40	Hospital calling alarm system	X	X
41	Satellite TV system	X	X
42	Window wiper system	X	X
43	Heated glass system	X	X
44	Acoustic Doppler current profiler system (ADCP)	X	X
45	Telecommunication management system (TMS)	X	X

4. 텔레콤 시스템에 대한 인터페이스 분석

오늘날 선박에서 텔레콤 시스템은 단순 통신수단으로써의 역할을 넘어섰다. 텔레콤 시스템 간의 동기화로 서로의 역할을 분담하고 있으며 모니터링을 통한 예방점검으로 문제 시 알람을 발생한다. 텔레콤 시스템은 생명보호와 자산관리의 역할을 폭넓게 수행한다. 앞으로 새로운 시스템은 증가할 것이고 기존 시스템의 기능은 확대될 것이다. 따라서 텔레콤 시스템을 포함한 선박의 모든 시스템 간의 인터페이스는 급속히 늘어날 것이다.

Table 1의 텔레콤 시스템에 대한 인터페이스를 분석하면 Figure 2와 같다.

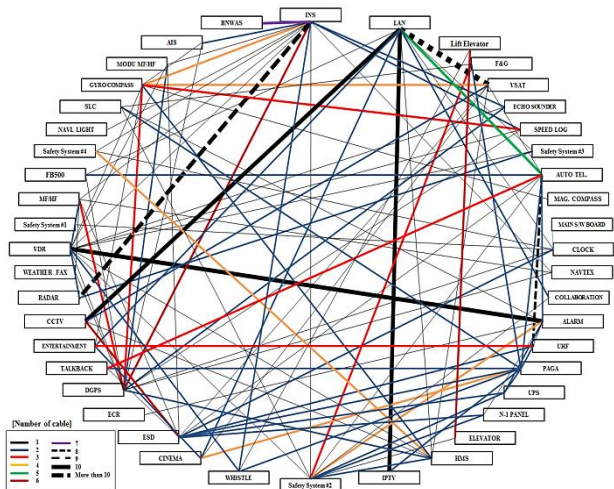


Figure 2: Diagram for existing interfaces in telecom systems

15,000TEU급 대형 컨테이너 선을 기준으로 하였으며 텔레콤 시스템의 내부 연결과 동일 시스템에 대한 연결은 모두 제외하였다. 텔레콤 시스템 간의 케이블의 종류와 코어 수는 구분하지 않았다. 케이블 가닥 수에 따라 색깔을 구분하여 텔레콤 시스템 별 인터페이스 부하 정도를 파악하였다.

Figure 2와 같이 기존 인터페이스는 최소 200가닥 이상의 케이블이 설치된다. 이 중 DGPS, INS, LAN과 같이 특정 시스템에 대해 인터페이스가 집중되었다. 정보공유가 많고 활용빈도가 높을수록 인터페이스가 많음을 알 수 있다. 이번 분석으로 텔레콤 시스템의 복잡한 인터페이스를 직접 확인할 수 있었고 설계와 유지보수가 어려웠던 이유를 파악할 수 있었다. 만약 다른 시스템들과의 인터페이스를 포함할 경우 복잡도는 훨씬 더 증가한다. 텔레콤 시스템은 모두 인터페이스를 가지고 있었으며 독립적인 텔레콤 시스템은 없었다. 하지만 텔레콤 시스템에 대한 표준화가 이뤄지지 않고 있음을 분석 결과를 통해 명확히 알 수 있었다.

텔레콤 시스템의 기존 인터페이스 문제를 해결하기 위해 Figure 3과 같은 통합 인터페이스 구조가 필요하다. 전체 구조는 NORSOK-TMS 구조와 유사하다.

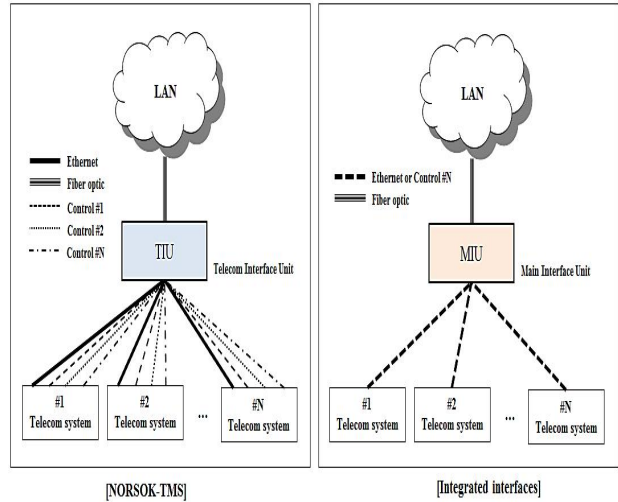


Figure 3: Structure comparison between NORSOK TMS and integrated interfaces

NORSOK-TMS에서 케이블과 TIU는 텔레콤 시스템이 제공하는 데이터 타입의 종류만큼 세트로 구성된다. 텔레콤 시스템의 제조사 마다 제공하는 데이터 타입이 다양하기 때문이다. 시스템을 추가할 경우 새로운 케이블과 TIU가 설치된다. 데이터에 대한 처리속도 지연과 같은 문제가 발생하며 데이터 타입에 따른 처리속도의 차이가 있어 데이터의 실시간 처리와 분석은 불가능하다.

통합 인터페이스 구조는 NORSOK-TMS의 구조와 비슷하나 텔레콤 시스템은 하나의 케이블로 MIU(Master Interface Unit)와 연결된다. MIU는 데이터를 분배하는 역할을 하며 텔레콤 시스템에 대한 모니터링과 제어가 가능하다. 모든 텔레콤 시스템에서 동일한 데이터 타입을 사용하기 때문에 처리속도 지연이 없다. 텔레콤 시스템 전체에 대한 동기화가 가능해져 실시간 데이터 분석이 가능하다. 본 논문은 선박에서 텔레콤 시스템의 표준화를 위해 Figure 4과 같이 통합 인터페이스 설계방법을 제안한다.

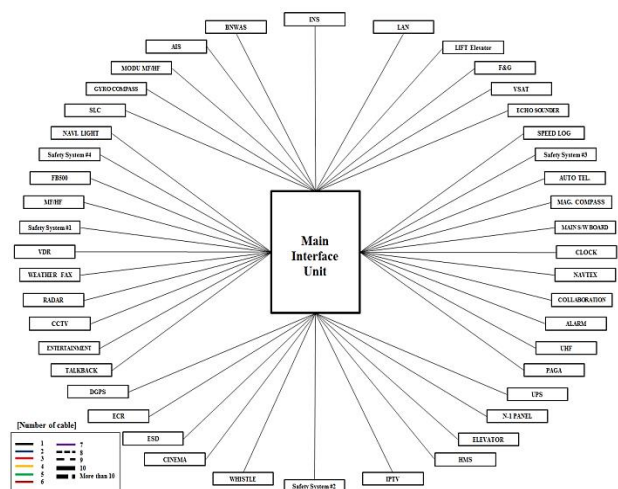


Figure 4: Diagram for integrated interfaces in telecom systems

통합 인터페이스는 중앙집중제어 구조이다. MIU는 텔레콤 시스템으로부터 일대일(1:1), 일대다(1:M), 다대다(M:M)의 관계로 데이터를 처리한다. MIU는 모든 데이터에 대해 제어하고 데이터의 중복 처리를 최소화한다. 분석 결과 통합 인터페이스는 **Table 2**와 같이 유형적인 효과를 얻을 수 있었다. 기존 인터페이스에 비해 케이블 수량, 길이, 무게에서 평균 72.5%의 절감효과가 있었다.

Table 2: Analysis of existing interfaces cost reduction compared to integrated interfaces

Division of cable	Existing interfaces	Integrated interfaces	Reduction(%)
Quantity(EA)	197	45	77.2
Length(Km)	20.7	5.6	72.9
Weight(Ton)	4.9	1.6	67.4

유형 효과로 설치비용(케이블, 그랜드(Gland), 전로 등), 설계비용, 검사비용을 추가하고 오류예방, 유지보수 경감과 같은 무형의 효과를 더하면 절감효과는 증가할 것이다. 하지만 해당 효과에 대한 비용은 설계사, 조선소, 선주사마다 금액 기준이 달라 별도 표기하지 않았다.

본 논문이 제안하는 통합 인터페이스에서 텔레콤 시스템에 대한 표준화가 데이터 처리속도에서도 우수한 성능을 나타냄을 다음 장의 실험을 통해 증명한다.

5. 실험

5.1 실험 환경 및 방법

오늘날 선박의 텔레콤 시스템에서 사용하는 데이터 타입은 다양하다. 텔레콤 시스템은 여러 가지 데이터 타입을 송수신할 수 있도록 구성된다. 오랫동안 표준화가 되지 않아 제조사별로 데이터 타입을 결정하였고 호환을 위해 타사의 데이터 타입을 지원하도록 제작되었다.

Table 3: Defined list of data

Division	Data Type	Alarm	Note
I/O Module	AO	- Power On - Power Off	Existing
Serial	RS232		Existing
Wet contact	25VDC with Relay		Existing
Dry contact	Relay		Existing
Ethernet	TCP/IP		Proposed

텔레콤 시스템에서 사용하는 데이터 타입을 **Table 3**과 같이 정의한다. I/O Module, Serial, Wet contact, Dry contact은 기존 인터페이스에서 주로 사용되는 데이터 타입이다. **Figure 2**의 기존 인터페이스에 대한 분석 시 확인할 수 있었다.

본 논문에서는 전세계적으로 가장 많이 사용하는 인터넷 네트워크 프로토콜인 인터넷의 TCP/IP를 표준 데이터 타입으로 제안한다. 최근 들어 TCP/IP를 제공하는 텔레콤 시스템 제조사들이 늘어나고 있다. TCP/IP는 보안에 취약한 부분이 있지만 분산된 시스템 간의 대용량 통신이 가능하다는 장점이 있다.

알람은 모든 텔레콤 시스템에서 기본으로 사용되는 Power On, Power Off를 사용한다.

본 논문은 **Figure 5**와 같이 기존 인터페이스 구조와 제안하는 통합 인터페이스 구조를 구축하여 **Table 3**의 데이터 타입에 대한 처리시간을 비교 분석한다. **Figure 5**의 기존 인터페이스 환경은 I/O Module, Serial, Wet contact, Dry contact에 맞는 TIU와 제어 케이블을 텔레콤 시스템과 인터넷 사이에 설치하였다. 통합 인터페이스 환경은 TCP/IP를 사용하며 별도의 추가장비 없이 바로 인터넷으로 연결된다.

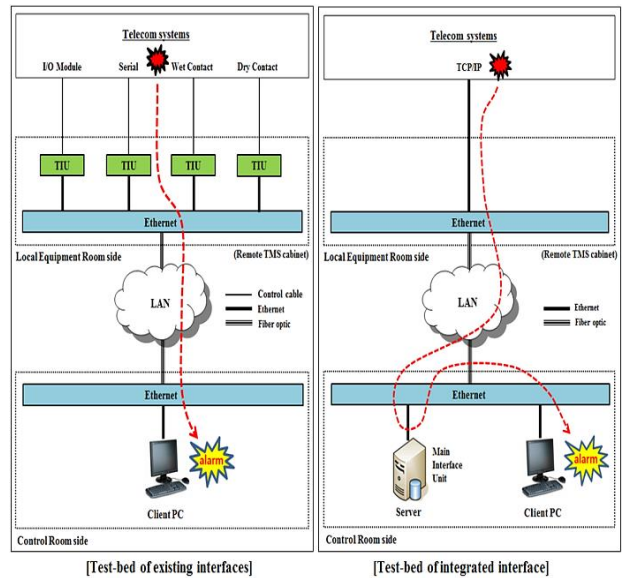


Figure 5: Test-bed diagram for existing interfaces and integrated interfaces in telecom systems

기존 인터페이스 환경에서는 텔레콤 시스템에서 알람이 발생한 시간부터 Client PC로 전달되는데 까지 소요되는 시간을 측정한다. 통합 인터페이스 환경은 텔레콤 시스템에서 알람이 발생한 시간부터 MIU Server를 거쳐 Client PC까지 전달되는데 까지 소요되는 시간을 측정한다. MIU Server는 텔레콤 시스템에 대한 공용데이터를 DB에 가지고 있어 데이터 크기를 최소화하고 데이터의 중복을 방지한다.

Table 4는 실험에 사용되는 장비의 세부 사양으로 기존 인터페이스와 통합 인터페이스 모두 동일한 사양에서 실험되었다.

Table 4: Specification of the test-bed

Division	Specification
Server	CPU : Intel Core i3 4170
	Memory : DDR3 4GB
	Storage : SATA 500GB
	OS : Microsoft Windows 7 Professional DSP 32bit
	Database : MS-SQL Server 2008 R2
TIU	TIU Simulator
	-Alarm Generator
	-Alarm Server Interface with MS-SQL Server
	-Alarm Client Module
S/W	Cisco, WS-C2960S-24PS-L

실험은 **Figure 5**의 인터페이스 환경에서 Power On, Power Off의 알람을 2초, 1초, 0.5초 단위로 반복 발생하였다.

5.2 실험 결과

Figure 6은 데이터 타입 별 알람 발생 간격에 대한 평균 처리시간을 측정한 결과이다.

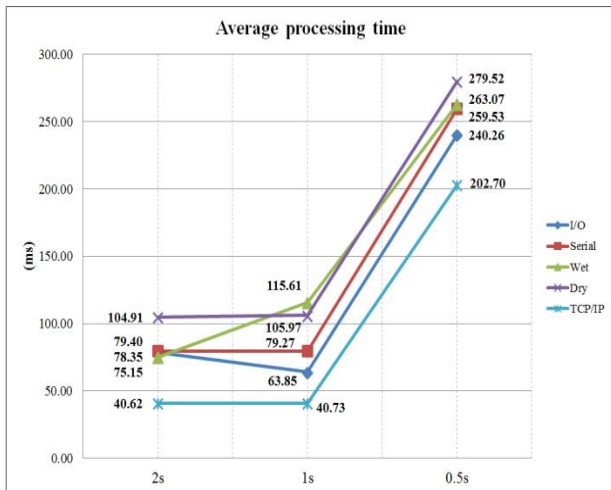


Figure 6: Comparison of average processing time in data types by time phase

전체적으로 TCP/IP가 기존 데이터 타입에 비해 우수한 성능을 나타냈다. 알람 발생 간격이 2초에서는 TCP/IP가 최소 185.0%(Wet Contact)에서 최대 258.3%(Dry Contact)로 기존 데이터 타입 대비 평균 207.92%의 처리시간이 개선되었다. 1초 간격에서는 최소 156.8%(I/O Module)에서 최대 283.9%(Wet Contact)로 기존 데이터 타입 대비 평균 223.87%의 처리시간이 개선되었다. 0.5초 간격에서는 118.5%(I/O Module)에서 최대 137.9%(Dry Contact)로 기존 데이터 타입 대비 평균 128.56%의 처리시간이 개선되었다. 알람 발생 간격이 2초와 1초에서는 데이터 타입 별 평균 처리시간의 차이가 크지 않았다. 하지만 0.5초 간격에서 기존 데이터 타입은 평균 3.06배, TCP/IP는 4.98배로 급상승하였다. 알람 발생 간격이 작아질 수록 기존 인터페이스에서는 TIU에서 처리 부하가 증가하였고 통합 인터페이스에서는 MIU에서 처리 부

하가 증가하였다. 알람 발생이 많은 텔레콤 시스템일 수록 시스템 성능은 높이고 알람의 크기를 최소화해야 한다.

Figure 7은 데이터 타입 별 전체 평균 처리시간이다. TCP/IP는 기존 데이터 타입에 비해 평균 153.57%의 처리시간이 개선되었고 오류나 성능저하와 같은 문제가 발생하지 않았다. 분석결과 텔레콤 시스템에 대한 인터페이스의 데이터 타입은 TCP/IP, I/O module, Serial, Wet contact, Dry contact의 우선순위로 적용하는 것이 전체 성능에 유리한 것으로 확인되었다.

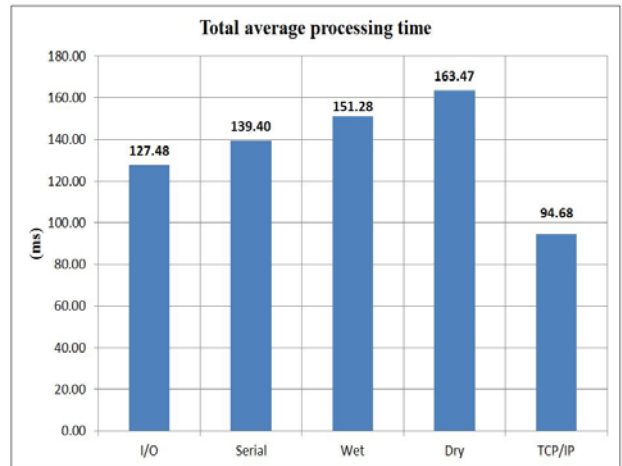


Figure 7: Total average processing time in data types

본 논문은 선박의 텔레콤 시스템을 위한 통합 인터페이스 구조에 표준 데이터로 TCP/IP를 사용했을 때 가장 우수한 성능을 나타내는 것을 실험을 통해 증명하였다.

6. 결론

본 논문은 선박의 텔레콤 시스템이 갖고 있던 기존 인터페이스 문제를 분석하여 새로운 설계 방법인 통합 인터페이스를 제안하였다. 앞으로 선박 기술 발전을 위해선 데이터 표준화가 필요함을 분석과 실험을 통해 확인할 수 있었다.

선박이 커지고 구조가 복잡해 지면서 선박에 설치되는 텔레콤 시스템도 복잡해 지고 비중이 확대될 것이다. 이를 위해 선박 텔레콤 시스템에 대한 표준화 방법과 IoT 기술을 선박에 구현하는 방법에 대해 연구할 계획이다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 지원사업으로 (경제협력권산업육성사업 : 해양플랜트 용 Telecom Management system 기반의 원격 운영 및 유지 보수 시스템 개발)(R0004783) 수행된 연구 결과이다.

이 논문은 2016년 11월 3일부터 11월 4일까지 한국해양대학교에서 개최된 International symposium on Marine Engineering and Technology 2016 (ISMT 2016)에서 발표된 논문의 확장된 내용입니다.

References

- [1] International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), Chapter IV. Radiotelegraphy and Radiotelephony, Chapter V. Safety of Navigation, IMO, November 1974.
- [2] Adoption of Amendments to the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), Regulation 18, Chapter V Safety of Navigation, 1974, As Amended, Resolution MSC.99(73), Annex 7, IMO, December 2000.
- [3] J. W. Kim, J. Y. Son, and K. K. Yoon, "Improvement of the TMS deployment methods on ships and offshore plants (Abstract)," Proceedings of International symposium on Marine Engineering and Technology 2016, p. 41, 2016.
- [4] NORSOK Standard, Edition 4, Standard Norway, 4. Requirements for Telecommunication Systems, Telecom Systems, T-001, pp. 9-10, February 2010.
- [5] NORSOK Standard, Edition 4, Standard Norway, 17. System 84, Telecommunication Management System (TMS), Telecom Systems, T-100, pp. 51-54, February 2010.
- [6] International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), Chapter III. Life-saving Appliances and Arrangements, Chapter IV. Radio Communications, Chapter V. Safety of Navigation, Consolidated Edition, IMO, 2004.
- [7] Commission Directive 2011/75/EU, Amending Council Directive 96/98/EC on Marine Equipment, Official Journal of the European Union, European Union, September 2011.