

VCDF 방식을 통한 효율적인 VTS 통신 데이터 분석에 관한 연구 - 부산항을 대상으로 -

김봉현* · 박영수**†

* 한국해양대학교 대학원, ** 한국해양대학교 해사수송과학부

A Study on the Effective VTS Communications Analysis by the Method of VCDF in Busan Port

Bong-Hyun Kim* · Young-Soo Park**†

* Graduate school of National Korea Maritime Ocean University, Busan 49112, Korea

** Division of Civil and Environment, National Korea Maritime Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : 세계 주요 항만에서 해상안전관리의 주요한 수단으로 자리잡은 VTS는 향후 E-네비게이션을 비롯하여 해상과 항만의 각종 데이터를 총괄하는 데이터 베이스의 중심이 될 것으로 전망되고 있다. 다양한 정보의 수집과 분석이라는 측면에서 최근에 주목되고 있는 빅 데이터 개념을 포함한다면 VTS를 통해 수집할 수 있는 데이터의 범위와 정보 분석 능력 및 활용범위를 향상시키기 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 통신 빈도와 같이 정량적 분석 위주로 접근했던 기존 연구와는 달리 VTS 통신의 목적이나 유형과 같은 분석을 포함하여 관제대상 선박에 대한 정보와 각 통신의 소요시간까지 수집하였다. 이렇게 수집된 정보의 여러 항목을 교차하여 비교하고 분석할 수 있는 데이터 수집 모델을 본 연구에서 제시하여 관제통신 건수, 방식, 관제 유형방법, 선종별 통신량 및 법령 위반건수 등을 분석하는 것을 목적으로 한다. 이 연구 결과 (1) 부산항 북항의 경우에는 정보전달 형태의 관제가 빈번하고, 특정한 선종의 선박과 통신이 편중되어 있으며 (2) 관제 채널 청취 불이행, 항로 준수 위반의 법령 위반 사항이 자주 발생하고 있으나 통신량의 혼잡으로 인하여 소극적인 관제가 수행되고 있다는 사실을 알 수 있었다. 이렇게 수집된 정보는 IALA Guideline에서 작업부하로 지적하고 있는 ‘상황인지가 가능한 수준의 관제통신량’에 대한 분석 자료로 활용할 수 있으며 향후 e-네비게이션 연구를 위한 데이터베이스로 이용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 해상교통관제통신, 정보제공, 항행지원, 교통구성, 통신 분석 모델, 위험요소

Abstract : The VTS concept was located as a principal methods of maritime safety administration in world's major harbors and expected to become the pivotal role for the future of the maritime and harbor society with e-Navigation epoch. If recent limelight concept of big-data has been included in aspect of information gathering and analysis with various studies, it's required advanced studies to improve the information analysis capability and application range of the data that can be mining by the VTS. In this study, contrast to other studies that aimed quantitative analysis as communication number, it can be mining the time information and each of the communication VTS for the target vessel, including qualitative analysis, such as the purpose or the type of communication. This comparison across multiple items of the collected information, and presenting the VTS data mining model (VCDF) that can be analyzed for the purpose of analyzing way, type and number of communication by ship's type, also number of violations through VTS communication. First, In Busan port case, it shows frequently information service and shows frequently communicating with particular types of vessels. Second, Passive VTS carried out notwithstanding many kinds of traffic violations due to communication congestion. This arranged information can be used as data for the analysis, as possible the level of traffic for VTSO situational awareness, which pointed to the 'workloads' in 'IALA Guideline' and could be used as a database for future research of e- Navigation.

Key Words : VTS Communication, Information service, Navigation assistance, Traffic organization, VCDF (VTS Communication Data Frame) Model, Risk Factor

* First Author : ocean_kbh@nate.com, 051-410-5085

† Corresponding Author : youngsoo@kmou.ac.kr, 051-410-5085

1. 서론

우리나라 해역의 해상교통 안전 확보를 위하여 1993년부터 포항항을 시작으로 해상교통관제(Vessel Traffic Service, 이하 VTS)가 전 해역에서 수행되고 있다. 각 VTS센터에서는 해상교통관제사와 선박과의 VHF 통신을 이용하여 선박이 해상에서 안전하게 운항할 수 있도록 안전정보를 제공하고 있다. VTS 통신은 해상교통의 안전을 유지하고 항만 운영에 관련된 현장의 진행사항을 확인하고, 실제 관제의 수행방식과 범위를 파악할 수 있는 정보이기도 하다. 또한 해상 안전과 질서를 위해 제정된 법령과 제도가 바다의 현장에서 어떻게 구현되고 있는지를 확인할 수 있는 척도가 될 수 있다는 점에서 VTS 통신에 관한 심층적인 연구가 필요하다고 할 수 있다.

그러나 VTS 통신과 관련된 기존의 연구는 항만시설의 입출항이나 접이안과 같은 제한적인 범위의 통신내역만 기록되어 있는 관제일지나 그 기록을 토대로 전산 입력된 항만 운영 전산 시스템(Port Management Information System, 이하 Port-MIS)을 통해 정리된 전산 데이터에 주로 의존되었다(Yun, 2001; Park et al., 2008). 때문에 실제로 이루어지고 있는 관제통신에서 소요되는 시간과 빈도, VTS 통신의 내용, 상대 교신 선박에 대한 선종과 선종별 관제통신의 유형 등 구체적인 통신정보에 관한 연구는 찾아보기 힘들다.

VTS 통신은 통신망 분석이라는 주제의 특수성으로 인하여 통신 데이터를 수집하는 기계적 장비나 전산 프로그램 등의 개발이 지금까지 쉽지 않았다. 본 연구에서는 VTS 관제통신 데이터의 상세한 분석을 통해 VTS와 관련된 연구, 또는 e-네비게이션의 개발 등에 필요한 데이터를 수집하고 분석할 수 있는 프레임워크를 제시하고자 한다. 이를 통하여 해당항만의 특성과 통신 빈도를 이용한 혼잡 정도 등을 포함한 위험요소를 파악하여 해양사고 예방에 이바지하는 것을 목적으로 하고자 한다. 그리고 이러한 분석 결과를 기초로 하여 해당항만의 VTS 통신의 효율적 운영을 위한 정보의 활용도 가능할 것이다.

2. VTS 통신 기록의 문제점

2.1 부적절한 기록과 데이터 소멸

현재 각 항만 VTS에서 사용하는 관제기록부의 구성은 우리나라에서 실질적인 VTS가 시행되기 전 항만에 입항한 선박의 입·출항 시간을 보고받고 기록하여 항만시설 사용료 정산에 활용되던 과거 항무통신기록부에서 이어진 것이다. 지금까지도 같은 목적으로 운영되는 Port-MIS 전산망의 데이터 입력을 위한 내용으로 기록되기 때문에 교통과 관련된

기록이 아니라 항만운영업무에 부합하는 항목으로 구성되어 있다.

Table 1은 현재 부산항 해상교통관제센터에서 사용되고 있는 관제기록부의 구성을 나타낸 표이다. 각 항목의 구성을 알아보면 Port-MIS 항목(①)은 해당 기록이 전산망에 처리되었는가의 확인 여부를 표시하기 위한 항목이며 호출부호(②)는 Port-MIS 조회를 위해 콜 사인이나 선박등록번호와 같은 식별부호를 기재하는 항목이다. 선명(③)과 시간(④)은 교신이 시작될 때 동시에 기재되고 교신내용(⑤)은 대부분 입·출항, 접·이안, 투묘·양묘 등 선박의 항만시설 사용과 관련된 내용으로 기재된다. 그리고 기록을 작성하는 당직 관제사의 이름(⑥), 도선사의 승하선(⑦)과 관련된 내용과 기타 특이사항(⑧, 보안·항만사용시설신청 미확인 등 비정형 정보)에 관련된 내용으로 구성된다.

Table 1 VTS record form in Busan harbour VTS Center

Port-Mis	Call Sign	Ship Name	Time	Content of Comm'	Duty Watch	Pilot	Remark
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
√	DS◇◇	Hankuk	1205	1200 DEP @ S-1 terminal	BH	X	M/E test

이 같은 기록부의 구성에서는 관제통신이 선박의 무단 교행이나 충돌, 좌초 등이 임박한 위험에 대해 어떤 형태의 관제가 이뤄지는지 알 수 없다. 또한 관제가 수행되는 대상 선박의 톤수나 선종을 쉽게 알 수 없고 준사고, 항법의 위반 등 관제현장에서 발생하는 현상에 대한 내용을 파악하기 어렵다. 그리고 통신 데이터는 서버의 저장용량(통상 2개월)이 경과되면 자동적으로 소멸되기 때문에 조속히 데이터를 분석하지 않으면 해상교통패턴의 변화를 알 수 있는 정보를 남길 수 없는 것이 현실이다.

기존 연구에서는 관제일지 기록을 통해 관제사의 통신과 관련된 데이터를 산출하는 경우가 있으나(Hong, 2012), 이 같은 방식으로 산출된 데이터는 실제 수행된 관제통신의 실측치와 차이를 보일 경우가 많다. Fig. 1은 2014년 8월 11일의 03시 28분부터 06시 05분까지의 관제내역이 기록된 일지(Fig. 1의 좌측)와 실제로 관제통신망에서 통신한 내용(Fig. 1의 우측)을 분석한 것이다. 관제일지에 정리된 통신기록과 실제 교신된 것으로 확인된 VTS 통신데이터의 기록은 상당한 차이가 있음을 알 수 있는데 동일 시간대의 관제일지의 기록은 4건에 불과하지만, 실제 VTS 통신 회수는 39건으로 확인되어 선별된 이 사례에서만 약 9.8배의 차이가 있는 것을 알 수 있다.

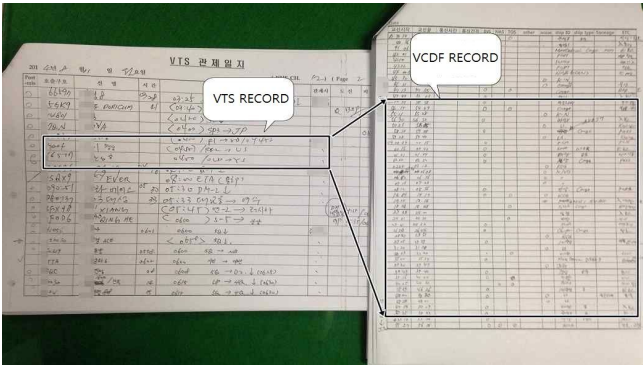


Fig. 1. Comparison of VTS record (Left) and VCDF data (Right).

2.2 관제기록의 상황적 한계

VTS의 주요한 활동이라 할 수 있는 정보제공(INS), 항행 지원(NAS), 교통구성(TOS) 등 관제의 내용과 관련된 기록은 관제기록부에 별도로 기술되지 못하고 있다. 가장 주요한 원인은 관제사가 통신내용을 상세하게 기록할 수 있는 시간적 여유가 없기 때문이다. 이 같은 이유로 선진항만으로 알려진 싱가포르 VTS에서는 90년대 중반부터 관제사의 수기 기록부를 운영하지 않고 관제시스템에서 녹음된 Log 기록으로 관제기록의 관리를 대체하고 있으나 우리나라의 관제센터에서는 운영되는 관제시스템의 한계와 이를 근거로 입법된 법령(선박교통관제의 시행 등에 관한 규칙 제12조)으로 인하여 관제통신데이터의 기계적 녹음자료 관리의 범위를 확장하기 어렵다.

Fig. 2는 부산 남외항 정박지에서 기관이 고장난 선박이 주모를 일으키면서 약 2시간에 걸쳐 4차례의 충돌위기와 4차례의 좌초위기를 일으킨 위급한 상황의 실제 항적과 당시의 관제기록부에 기재된 기록을 나타낸 것이다. 당시 당직 관제사는 강풍으로 주모가 발생했을 때부터 위기를 감지하였고 해당 선박이 정박지를 횡단하며 8건의 위기상황을 야기하기까지 수없이 많은 통신을 수행했으나 실제 관제기록부에 기록된 내용은 Fig. 2의 하단에 표시된 부분과 같이 ‘수차례 호출-무응답’, ‘휴대폰 통신 이동지시’ 단 2건에 불과하다.

긴급한 상황을 해결하기 위해 선박과 교신하는 사이에 관제일지를 기록하는 것이 쉽지 않을 뿐만 아니라 기록을 하는 동안 관제사의 집중력이 분산되기 때문에 오히려 상황을 해결하는데 방해가 될 수 있다. 상황이 해결되고 난 뒤에 이를 다시 시간별로 기록하는 것은 녹화된 내용을 재생해야만 가능한 일이지만 24시간 관제기록을 유지하는 업무 특성으로 인해 기록을 추가하는 것도 어렵다. 이와 같이 VTS 관제일지에서 관제수행과 관련된 데이터는 상황을 기록하는 현장의 제한으로 인해 상세한 데이터로 기록되지 못한다.

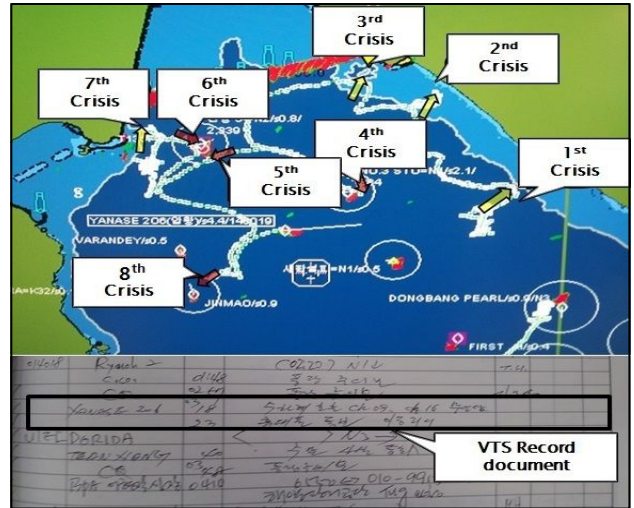


Fig. 2. Emergency incident situation and VTS record.

2.3 통신폭주로 인한 관제 모니터링 공백

Fig. 3은 VTS의 VTSO가 관제업무를 수행하는 구성 단계를 나타낸 것이다.

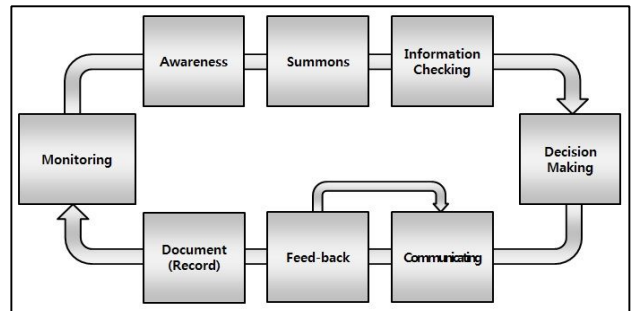


Fig. 3. VTS Working progress.

모니터링은 일상적인 교통현황을 관측하는 기본적인 관제업무로 모니터링을 통해 위험을 감지하여 선박을 호출하거나 선박으로부터 호출을 수신하는 것으로부터 관제통신이 시작된다. 관제통신이 시작되면 관제사는 해당 선박과 관련된 정보를 확인하고 상황에 따라 요구되는 관제 유형을 선택한다. 선박 운항자의 의사결정을 지원하기 위한 정보를 제공하거나 항해에 필요한 지원을 하고 VTSO의 판단에 따라 교통패턴을 구성하여 선박교통을 유도하는 것이다. 이와 같은 통신을 거쳐 상호간의 동의나 통신내용의 수신 여부, 선박의 패턴 변화 등을 확인하는 피드백 과정을 거치면서 관제기록을 수행하거나 일상적인 모니터링 업무로 돌아간다. 여기에서 통신에 사용되는 수단은 VHF를 사용하기 때문에 단일목적의 방송(기상특보, 사고정보 등)을 제외하고는

통신 1건 당 1척의 선박에게만 통신이 가능하다. 때문에 선박이 많은 경우에는 관제통신의 증가로 상대적으로 모니터링을 유지할 수 있는 시간이 줄어들어 모니터링 사각(blind spot)으로 인해 다른 위험을 인지하지 못하는 상황이 유발된다. IALA(Guideline No.1045-2)에서 지적하고 있는 작업 부하 요소인 VHF 통신량에 대한 문제와 VTSO가 상황 인식 능력을 유지하고 개발할 수 있는 한계에 대한 문제가 여기에 해당되는데 이 맹점을 분석하여 개선점을 연구할 수 있는 정확하고 효율적인 데이터의 수집이 필요하다.

3. 부산항만 관제 통신의 VCDF 분석

VTS 통신을 분석하기 위해서는 녹음된 통신내역 모두를 녹취록과 같이 기록하는 방식이 가장 정확하겠으나 녹취록에서 데이터를 특정하기 어려울 뿐만 아니라 효율성도 떨어진다. 때문에 본 연구에서는 일정한 시간 동안 기록된 관제 통신을 다각도로 수집할 수 있도록 VCDF(VTS Communication Data Frame, 이하 VCDF)라는 데이터 수집 틀(Frame)을 제시하고자 한다. VCDF는 관제통신 전반에서 수집이 가능한 데이터를 다각도로 수집하여 비교·분석이 가능하도록 만든 프레임으로 Fig. 4와 같이 시간 정보(Time information), 관제유형(Type of communication), 통신내용(Type of message), 선박정보(Ship information), 기타정보(Other information)의 5개의 대범주로 분류하여 각 범주의 주제에 부합하는 소주제 항목으로 구성되었다. 이렇게 구분된 소주제 항목의 데이터를 수집하고 정리하면 Fig. 4에서 화살표로 예시한 형태와 같이 각 범주 내 소주제 항목을 병렬하여 비교할 수 있다. 예시된 화살표에서 지시된 소주제 항목을 연결하면 통신이 시작된 특정한 시간대에 특정한 위치에 있는 어느 선종의 선박이 어떠한 유형의 관제통신을 통해 선박운항과 관련된 어떠한 내용의 통신이 있었다는 것을 알 수 있다.

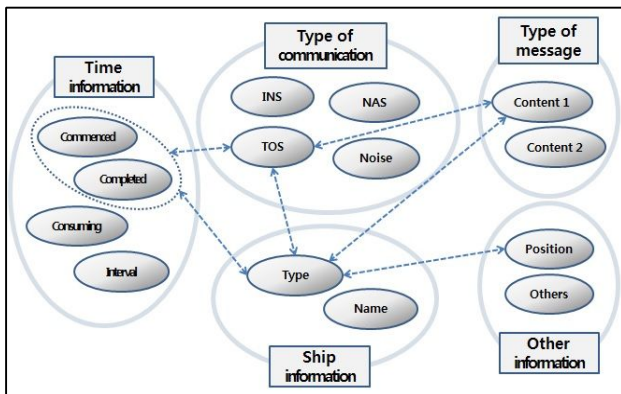


Fig. 4. VCDF items structure.

복수의 범주에서 각 요소들을 비교하는 것 뿐만 아니라 동일 범주에서도 내부의 또 다른 요소와 비교가 가능하다. 1건의 관제통신이 특정 유형의 관제통신에 국한되지 않고 INS와 TOS, NAS와 INS 등 복수 유형의 통신이 동시에 수행되는 경우도 많으며 통신상에서 항법위반에 대한 경고와 관제지시가 함께 전달되는 경우처럼 1건의 통신 속에 다수 데이터가 담길 수 있기 때문에 동일 범주 안에서 소주제 항목을 구분한 VCDF에 따라 각 요소를 특정할 수 있는 데이터로 분류하게 되면 단수 또는 2개 이상의 범주간 정보의 비교로 다양한 데이터 수요를 충족시킬 수 있다. 어떠한 상황에서 어떤 종류의 선박들에게 어떠한 내용의 통신이 어느 정도의 빈도로 수행되는지와 같은 복합적인 정보는 물론 항법위반 선박이 어느 위치에서 자주 지적되는지 까지 구체적으로 알 수 있는 것이다.

3.1 VCDF의 구성 요소

VCDF 데이터 수집은 통신의 내역이 녹음된 기록을 2차례에 걸쳐 청취하면서 항목을 체크하는 방식으로 진행되었다. 교신선박의 선명은 가급적 그대로 기재하되 표기가 쉽지 않은 선명은 호출부호(Call-sign)로 기재하여 별도로 정리하였다. 선종이나 이동장소, 관제유형이나 관제통신과 관련된 내용 중 약어로 기재가 가능한 항목을 미리 선정하여 신속하게 기록을 진행할 수 있도록 하였다. 또한, 통신내용에서 항법위반이나 통신응답 불이행과 같은 내용은 별도로 기재하여 MS Office의 엑셀(Excel) 프로그램을 이용하여 구성했다.

VCDF의 항목 구성은 우선 기록의 용이성을 위해 ‘교신 시간정보’ 항목을 배치했다.

다음으로 ‘관제유형’ 범주에 해당하는 정보전달(INS), 항행지원(NAS), 교통구성(TOS)에 대한 항목을 배치하고 관제채널의 제한요소를 파악하기 위해 ‘잡음 발생’에 대한 항목을 배치했다.

‘Content 1’ 항목은 입항, 출항, 이동, 통과 또는 입항예보, 출항예보, 기타 문의사항이나 도선사 승하선과 관련된 통신 등 항만운영정보와 관련된 내용을 약어로 기재한다. ‘Content 2’ 항목은 관제사의 통신내용과 관련된 주제로 정보, 조언, 권고, 지시 중 해당되는 내용을 약어로 기록했다. ‘이동장소(From-To)’의 경우 VCDF 분석을 통해 항만 내에서 이동하는 선박의 패턴을 확인하기 위한 것인데 이는 Port-MIS에 정확하게 기록되지 않는 급유선, 예부선 등 소형선박들의 이동 패턴을 분석할 수 있는 데이터를 취득하기 위한 목적이며, ‘영어교신’ 항목은 실제 관제채널에서 외국적 선원들과 영어로 통신하는 빈도와 소요시간을 알아보기 위한 것으로 영어구사 능력이 취약한 내항 운송선박 운항자와의 통신 빈도

와 비교하여 관제통신간의 이격, 외국적 선박에 대한 관제 형태 등의 정보를 구하기 위함이다.

끝으로 ‘기타’ 범주의 항목을 통해 선박의 항법위반이나 위험행위에 대한 통신내용을 구분하여 해양사고로 집계되지 않는 위험 발생빈도를 분석하기 위한 항목으로 구성하였다. 기타 항목에 기록되는 경우는 발생빈도가 많지 않기 때문에 다른 항목에 비해 더 구체적으로 기록할 수 있다. 그리고 상황에 따라 특정한 목적의 VTS 통신 분석이 요구된다면 상기 항목에서 다른 내용이 추가되거나 삭제될 수 있다.

3.2 통신 분석을 위한 VCDF 자료 수집 및 분석

본 연구에서 사용된 VCDF 모델은 다음의 Fig. 5와 같은 절차를 통해 데이터를 수집하였다.

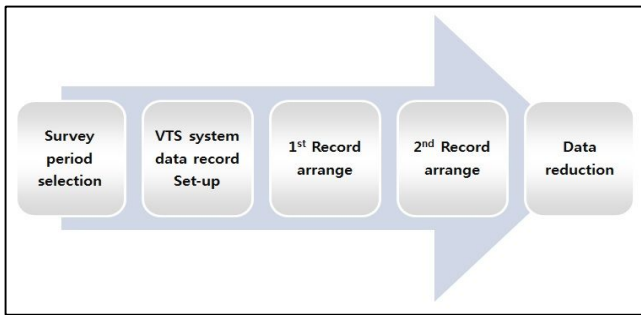


Fig. 5. VCDF Data mining process.

데이터는 국내에서 선박의 통항량과 무선통신의 빈도가 가장 많다고 알려진 부산항 관제센터의 북항 섹터 VMS 시스템(Pusan Harbor VTS, 2014)을 통해 수집되었다. 수집기간은 부산항 관제센터에서 보관하는 VTS 영상기록(2개월)의 범위 안에서 수집되었으며, 가장 일상적인 주기의 관제환경이 유지되는 시간으로 수집하기 위해 기상특보나 해양사고 등 특이사항이 발생하지 않은 기간과 관제사들의 당직 순환에서 결원이나 중복이 발생하지 않은 기간, 통신장비의 결함 등으로 사용하는 채널의 변경이나 문제가 발생하지 않은 기간 중 3일 이상이 연속적으로 보장되는 시간으로 선정하였다. 이 조건에 따라 본 연구에서는 2014년 8월 11일~8월 14일 3일에 걸쳐 수행된 관제통신 내용을 중심으로 VCDF 자료를 수집하였는데 3일간의 VCDF 기록은 여러 항목으로 3,680행에 이르는 방대한 분량이 수집되었으나 간략하게 요약하면 Table 2와 같이 정리될 수 있다.

Table 2에 포함되지 않은 선종별 데이터와 관제유형 및 항법 위반 선박의 데이터를 간략하게 요약하면 Table 3과 같이 정리된다.

Table 2. Summary of VCDF counting analysis for 3 days

Time Slot	11-Aug			12-Aug			13-Aug		
	Count	Total time of comm' (min:sec)	Ave time of comm' (sec)	Count	Total time of comm' (min:sec)	Ave time of comm' (sec)	Count	Total time of comm' (min:sec)	Ave time of comm' (sec)
00~01	33	11:35	21.06	37	12:03	19.54	22	9:44	26.54
01~02	50	19:28	23.36	27	11:32	25.62	21	7:14	20.66
02~03	27	10:24	23.11	24	10:51	27.13	19	6:30	20.53
03~04	42	14:12	20.29	41	14:44	21.56	19	7:11	22.67
04~05	34	14:32	25.64	29	12:36	26.07	24	10:3	25.13
05~06	17	8:00	28.24	37	12:12	19.78	16	5:48	21.75
06~07	55	25:04	27.35	28	10:15	21.96	27	9:12	20.44
07~08	60	25:30	25.50	47	15:15	19.47	51	18:04	21.26
08~09	80	36:38	27.47	76	29:04	22.95	52	18:35	21.44
09~10	103	37:48	22.02	92	32:42	21.33	61	21:23	21.03
10~11	101	33:37	19.97	117	38:02	19.51	39	13:51	21.31
11~12	74	27:43	22.48	127	39:21	18.59	41	14:45	21.59
12~13	128	42:04	19.72	116	37:29	19.39	51	19:02	22.39
13~14	102	31:34	18.57	101	32:33	19.34	65	22:12	20.49
14~15	65	23:14	21.44	63	23:45	22.62	73	24:19	19.99
15~16	52	25:29	29.40	68	23:35	20.81	72	25:29	21.23
16~17	75	29:04	23.26	58	21:14	21.96	40	15:13	22.83
17~18	72	24:44	20.61	39	15:30	23.85	48	17:42	22.13
18~19	34	11:40	20.59	87	29:33	20.38	55	19:19	21.13
19~20	36	11:43	19.53	52	19:51	22.9	45	17:14	22.97
20~21	27	11:03	24.56	27	9:42	21.56	35	12:30	21.43
21~22	36	14:33	24.25	23	9:04	23.66	25	8:51	21.24
22~23	30	8:19	16.64	24	8:45	21.88	14	5:42	24.43
23~24	34	7:00	12.35	22	8:24	22.91	32	7:00	22.73

Table 3. Summary of VCDF data vessel and communications

Date	Ave Time of Com' (Sec)	Communicated vessel type (case)								Communication Type & Content			
		Cargo Ship	Pilot boat	Bunker boat	Tow Tug	Public boat	Coast Guard	Navy	Passenger Ship	Other Fish	INS	NAS	TOS
11-Aug	22.16	194	71	500	281	34	48	61	31	964	112	285	123
12-Aug	21.06	212	124	480	208	57	60	74	12	989	98	308	159
13-Aug	21.67	128	87	351	139	44	36	58	12	727	87	188	108

(1) 시간당 통신량 분석

Table 4는 이 연구에서 수집된 VCDF 데이터의 3일치 평균 수치를 나타낸 것으로 각 시간대별로 관제통신이 수행된 횟수와 평균 통신시간, 통신대상 선박의 통신 빈도를 별도의 표로 구성한 것이다.

Table 4. Summary of VCDF data for 3 days average

Time Slot	Count	Time of Com'm (min)	Ave time of com'm (sec)	Communicated vessel type (case)								
				Cargo Ship	Pilot	Bunker Boat	Tow Tug	Public boat	Navi KCG	Passenger	Fish Other	N/A
00~01	30.7	11.1	22.4	7	4	4	1	0	3	0	0	12
01~02	32.7	12.7	23.2	6	3	10	2	0	3	0	1	9
02~03	23.3	9.25	23.6	4	1	5	3	0	1	0	0	8
03~04	34	12	21.5	4	2	13	1	0	3	1	0	9
04~05	29	12.4	25.6	7	2	10	2	0	2	0	0	6
05~06	23.3	8.67	23.3	6	2	7	4	0	1	1	0	3
06~07	36.7	14.8	23.3	8	3	11	6	1	1	4	1	2
07~08	52.7	19.6	22.1	8	4	20	12	0	1	6	0	2
08~09	69.3	28.1	24	11	7	25	12	2	2	5	2	4
09~10	85.3	30.6	21.5	11	3	31	19	4	3	4	2	8
10~11	85.7	28.5	20.3	8	6	33	18	4	4	5	2	5
11~12	80.7	27.3	20.9	8	7	31	13	4	3	6	3	7
12~13	98.3	32.9	20.5	9	5	37	26	5	6	3	1	6
13~14	89.3	28.8	19.5	9	4	40	22	5	1	4	0	4
14~15	67	23.8	21.3	10	4	27	11	5	2	4	1	3
15~16	64	24.8	23.8	6	3	30	9	4	2	4	1	5
16~17	57.7	21.8	22.7	7	6	21	10	3	1	4	2	4
17~18	53	19.3	22.2	6	5	19	10	3	2	3	1	5
18~19	58.7	20.2	20.7	10	6	20	8	4	4	3	0	4
19~20	44.3	16.3	21.8	8	4	17	7	1	1	2	1	2
20~21	29.7	11.1	22.5	4	2	12	6	1	1	2	0	2
21~22	28	10.8	23.1	9	2	9	3	0	1	1	0	3
22~23	22.7	7.59	21	4	2	5	3	0	0	3	1	4
23~24	29.3	9.17	19.3	8	5	7	3	0	0	0	1	6

관제통신에 소요되는 평균 시간이 22.01초로 나타났으나 통신이 분산범위를 초과할 정도로 혼잡했던 09시부터 14시까지는 통신에 소요되는 시간이 평균 20.5초 이하로 평균 교신시간의 편차범위(1.48)보다 낮은 시간이 소요되었다. 이 시간대에 관제유형을 분석하면 통신내용이 비교적 간략한 정보제공(INS) 위주로 관제가 수행되었음을 알 수 있는데 이는 선박의 교통량과 통신량이 혼잡한 상태이기 때문에 관제통신이 그만큼 다급하고 간략하게 이뤄졌다는 것을 의미한다.

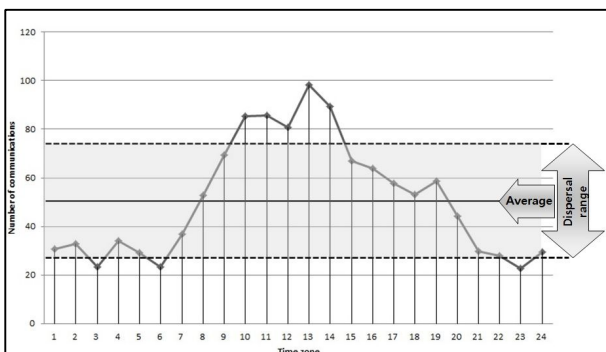


Fig. 6. Graphic chart of VTS communications.

Fig. 6은 부산항 북항 섹터의 관제교신건수를 나타낸 것이다. 이 그림에서 오전 9시 이후부터 19시까지 시간당 교신건수가 평균(51.06회)를 넘기는 수준이었는데 표준편차(23.63)를 감안하면 오전 09시부터 오후 14시까지 교신건수가 상당한 수준으로 이뤄졌다는 것을 알 수 있다.

(2) 관제 유형 분석

VCDF에서 취득된 데이터로 정보전달(INS), 항행지원(NAS), 교통구성(TOS)과 같은 각 관제유형이 현장에서 어느 정도의 비율로 수행되고 있는가를 파악하고자 하였다. Table 5는 조사 기간 3일 동안 수행된 관제유형별로 통신 시간을 분석한 것이다.

Table 5. Typological analysis of VTS communications

(Unit : second)			
Type	Number of communication	Ratio of communication	Ave. time of communication
INS	2,680	71.36 %	25 sec
NAS	297	7.90 %	29 sec
TOS	781	20.78 %	25 sec
Total	3,758	-	22 sec

정보전달(INS) 관제유형의 통신내용은 주로 선박의 접·안과 통과보고 등 선박 이동과 관련된 내용이나 위험이 예측되는 상황에 대하여 선박 운항자의 인지를 강조하는 내용이다. 관제사가 단순한 정보제공을 통해 운항자의 의사결정 과정에 소극적으로 참여하는 관제유형이라 할 수 있다. 관제사의 의지가 보다 적극적으로 반영되는 항행지원(NAS) 유형의 관제에 비하면 통신시간이 다소 짧으며, 관제사가 직접 선박의 교통 방식을 구성하여 선박들의 통항을 구상하는 교통구성(TOS)에 비하면 관제사의 판단과 선택에 소요되는 시간이 비교적 짧다. Table 4를 통해 INS에 해당되는 관제유형이 71%로 가장 많은 비중을 차지하고 있다는 사실을 확인할 수 있는데 이는 해상교통에 있어 관제사의 의사를 반영하지 못하는 제한적 상황이 많거나 비교적 소극적인 관제가 자주 수행되었다는 것으로 볼 수 있다.

(3) 상대 선종별 통신량 분석

Fig. 7은 수집된 VCDF 정보를 통해 시간대별로 각 선종에 대한 통신 현황을 파악할 수 있도록 작성된 것이다.

이 그림을 통해 컨테이너선의 비중이 높은 것으로 알려진 부산항의 VTS 현장에서 실제 가장 주요한 관제 대상은 급유작업에 종사하는 급유선이나 부선의 이동작업을 수행하는 예인선 등 항만운송사업에 종사하는 소형선박이라는 사실

을 알 수 있다. 하루에도 수차례씩 항만의 여러 위치를 이동하는 급유선과 선속이 느리기 때문에 다른 교통 선박과 조우관계가 잦은 예인선의 통신량은 화물선의 통신량보다 월등하게 많다. 2005년 부산신항이 개장되면서 정부가 부산항 북항에 대해 급유와 선식 등 선박에 대한 복합해운서비스를 지향하는 항만물류산업 선진화 육성 정책을 도입하여 항만사업선의 등록이 급증한 것(Korea Shipping Association, 2015)이 이와 같은 현상에 영향을 끼친 것으로 볼 수 있다.

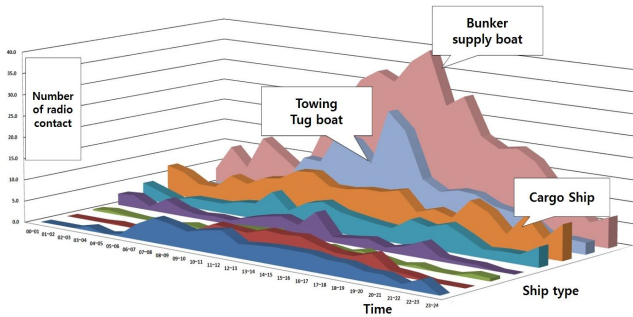


Fig. 7. Comparison of communication number by ship type.

(4) 선종별 법령 위반 분석

해상에서 선박이 준수해야 할 여러 법령은 항로 항행이나 정박, 정류와 같이 선박 운항과 관련된 내용에서부터 관제 채널의 청수 및 보고의무 위반 등 여러 가지 형태로 빈번하게 발생하고 있다. 하지만 위반한 내용으로 인해 실제 사고가 일어나지 않으면 지적되기 어렵다. 하지만 이를 모니터링할 수 있는 기관은 VTS가 유일하다. 하지만 혼잡한 관제 업무가 끊이지 않고 연속적으로 진행되는 VTS 업무의 특성상 항법 위반과 관련한 정보를 별도로 관리하고 매번 정리하는 것이 쉽지 않아 사고나 준사고 등 위험한 상황으로 발현되지 않는 한 경고나 계도로 처리되는 것이 현실이다. VCDF를 통해 수집과 분석이 어려운 항법 위반 현황을 Fig. 8과 같이 분석할 수 있다.

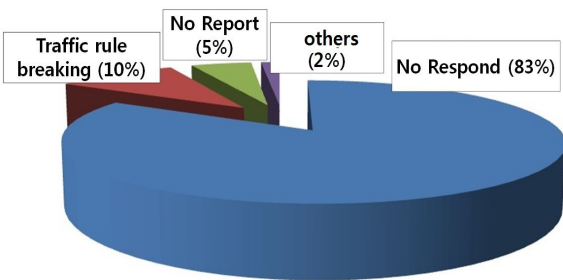


Fig. 8. Ratio of regulation violated type.

분석이 수행된 기간 동안 가장 빈번한 위반사항은 관제 채널 청수 불이행과 관련된 내용으로 218건(83%)이 확인되었다. 다른 선박의 동의나 허가 없이 항로를 무단으로 횡단하는 항로준수의 위반은 26건(10%), 선박 입출항 보고 불이행이 13건(5%) 확인되었으며 기타 피항과 추월에 관련된 항법, 정박등의 소등과 같은 등화관련 규정 위반, 제한선속 초과에 관한 내용 4건(2%)을 확인할 수 있었다. 그러나 조사 기간 동안 항법의 위반으로 인해 과태료 부과 등 행정 처분이 수행된 내용은 없다. 행정별 처분을 선주와 운항자에게 고지하는 방식의 복잡한 절차로 인해 간략하게 처리할 수 있는 선원 계도 위주의 행정이 선호되고 있으며 관련 내용을 별도로 기록하거나 보관하도록 규정하지 않아 빈번한 항법 위반 현황을 관제센터 외부에서는 알 수 없는 것이다.

VCDF의 항목별 데이터 교차 비교를 통해 세부적인 분석이 가능하므로 항법위반의 주제에 대해서도 Fig. 9와 같이 선종별 항법 위반 통계를 확인할 수 있었다.

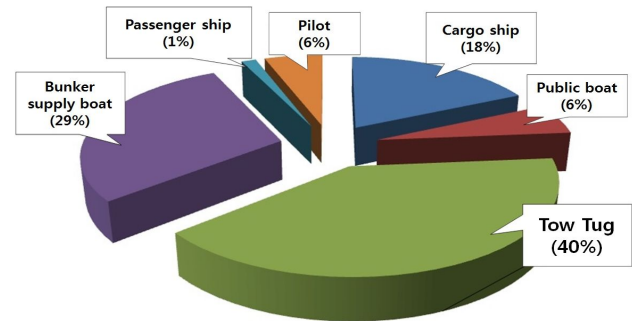


Fig. 9. Ratio of navigation violated ships type.

관제 통신의 대상으로 가장 많은 빈도를 기록한 선종은 급유선이었으나 항법 위반에 관련된 항목에서 가장 높은 위반 비율을 기록한 선종은 예인선이었다. 부선을 끌고 운항하는 특성으로 인해 예선의 선장과 부선의 관리자가 다른 채널로 통신하는 경우가 많기 때문에 상대적으로 관제채널 청수 불이행과 같은 항법 위반사태가 많았는데 이 같은 분석 결과를 종합적으로 평가하게 되면 부산항 북항의 관제구역에서는 관제채널 청수의무를 위반하고 항법을 위반하는 빈도가 높은 소형선박의 관제비중이 높은 혼잡한 항만이라는 사실을 알 수 있다.

VTS와 관련된 규제법령에서 300톤 이하의 선박에게 적용하기 어려운 내용이 많고 AIS의 설치 규정 등에서 톤수에 따라 적용범위가 제한되는 것과 같이 기존의 해상안전과 관련된 규정이나 제도에서 이 같은 소형선박에 적용할 수 없는 맹점이 많은데 이 분석결과를 통해 법령과 제도가 소형선박에도 균형적인 시각으로 접근해야 한다는 근거로 제시될 수 있다.

4. 결 론

해상에서 선박교통의 안전을 지원하기 위하여 선박 운항자와 VTS 관제사의 원활한 커뮤니케이션이 필수적인 조건이라 할 수 있다. 이와 동시에 해상교통의 현장 정보를 담고 있는 주요한 데이터인 관제 통신은 선박운항자와 관제사가 위험을 인지하는 범위와 이를 예방하고 대처하는 방식을 투영시킬 수 있는 자료로 활용될 수 있다. 데이터를 정량적으로 분석하게 되면 어떤 선종의 선박들이 어느 시점에 어떤 형태로 항법을 위반하고 어떤 종류의 위험에 처할 수 있다는 통계 정보를 구할 수 있으며 이는 선박 운항자나 관제사가 위험을 예측하고 상황의 전개 패턴을 인지할 수 있는 유효한 정보가 될 것이다. 그러나 관제통신 데이터는 대부분 2개월여의 분량에 불과한 서버 용량을 초과하면 자동적으로 휘발되어 해상안전을 위한 실효적인 대책을 창출할 수 있는 현장의 데이터가 소실되는 것이 현실이다.

본 연구에서는 VCDF 통신 분석을 통해 선박의 통항이 집중되는 부산항 해역에서 관제사가 선박의 위험을 인지하고 선박운항자의 의사결정을 유도하는 방식과 실측되지 않은 위험상황, 항법 위반의 빈도 및 선종별 관제유형 등 다양한 측면에서 수집되지 못한 관제정보를 획득할 수 있는 방식을 구현하였다. 부산항 북항 VTS 센터의 3일간 통신 분석의 주요한 내용은 다음과 같다.

- (1) 관제통신 건수는 시간당 51회 정도로 오전 8시~20시에 평균 이상의 관제통신이 수행되고 있고 오전 9시~14시대까지는 분산범위를 초과할 정도로 빈도가 높는데 선종별 통신량 수치를 교차하여 분석하면 법령 위반의 빈도가 높은 것으로 확인된 급유선과 예인선과의 통신량이 이 시간대에 더 많은 것으로 분석되었다.
- (2) 관제통신이 혼잡한 시간대에 급유선과 예인선 등의 통신량이 많아 정보전달(INS)의 관제 유형이 수행된 것으로 확인되어 혼잡한 상황으로 인한 소극적인 관제가 수행되는 것으로 분석되었다.

이와 같이 VCDF와 같은 방식을 통해 관제통신 분석이 구체적이고 상세한 수준으로 수행된다면 추후 IALA에서 지적하는 작업 부하 등 해상교통관제에 필요한 업무 개선이나 해상교통현황 파악을 위한 현장 데이터로 유효하게 사용될 수 있으며 또한 e-내비게이션의 정보제공 측면에서 선박에 가장 유효한 정보를 최적의 시간에 전달할 수 있는 프로그램으로 개발하는데 활용할 수 있는 효과적인 수단이 될 것이다.

References

- [1] Hong, S. I.(2012), A Study on Effective operational plan through the Analysis of Traffic volume in VTS area, The Joint Academic Journal of Navigation and Port Research 2012, p. 535.
- [2] Korea Shipping Association(2015), Shipping Statistics Annual Report 2014, <http://www.whaewoon.or.kr>.
- [3] Park, S. Y.(2008), A Study on Evaluation of Harbor VTS Operators' Workload by the Analysis of Marine Traffic, Journal of Navigation and Port Research, Vol. 32, No. 8th, p. 570.
- [4] Pusan Harbor VTS(2014), South Regional Headquarters Korea Coast Guard, MPSS, VTS Debriefing system Log File (Data server No. 1 Sector 2014.08.11.~14.).
- [5] Yun, J. S.(2001), A Study on the Enhancement of Quality of Pusan Port Traffic Management Service, Korea Maritime Ocean University, Graduate school of Master's degree Dissertation, p. 115.

Received : 2016. 05. 09.

Revised : 2016. 06. 03.

Accepted : 2016. 06. 27.