목포대교 주변의 선박 항행 정보 및 기상 정보 획득 시스템 개발

임 정 빈*

*목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

Development of Data Acquisition System to Obtain Vessel and Weather Information in Around Mokpo Harbor Bridge

Jeong-Bin Yim*

*Division of Maritime Transportation System, Mokpo Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

요 약 : 본 논문에서는 현재 건설 중인 목포대교와 선박 사이의 충돌 위험도 평가에 필요한 선박 정보와 기상 정보 수집 장치(Data Acquisition System, DAS) 개발에 관하여 기술하였다. 본 연구에서는 DAS를 통항 선박과 기상 현황 데이터를 수집하기 위한 신호 수신 및 처리 유닛과, 데이터 전송과 분배를 위한 네트워크 유닛, 데이터 관리를 위한 유닛 등으로 구성하였다. 목포항 여객터미널과 신안군 안좌도를 왕복하는 카페리 선상에서의 현장 실험을 통해, 충돌 위기 평가에 적합한 정보를 DAS가 제공할 수 있음을 알았다. 또한 5차 버터워스 디지털 필터를 이용하여 기상 데이터에 포함된 잡음성 데이터를 충분히 억제할 수 있었다.

핵심용어 : 선박-교량 충돌, 데이터 수집 시스템, 선박 데이터, 기상 데이터, 버터워스 디지털 필터

Abstract : This paper describes the development of Data Acquisition System (DAS) to obtain the vessel and weather information needing to evaluate collision risks levels between Mokpo harbor bridge and passing vessels. DAS consists of Signal Receiving and Processing Unit to obtain the data sets of passing vessels and weather status, Networking Unit to transmit and distribute the acquisition data sets and Data Management Unit. Through the field tests on the deck of shuttle car ferry between Mokpo Port Passenger Terminal and An-Jua island, Sinan-Gun, we found that the DAS can provide useful data sets for adequate the collision risk evaluation. In addition, the noise-like data sets appeared in the weather data can be suppressed fully using 5-th order Butterworth digital filter.

Key words : Vessel-Bridge Collision, Data Acquisition System, Vessel Data, Weather Data, Butterworth Digital Filter

1. 서 론

2012년 준공을 목표로 건설되고 있는 목포대교는 굴곡이 심한 항로를 가로질러 건설되고 있어 통항 선박과의 충돌 사고 예방을 위한 대응방안 수립이 필요한 실정이다. 이에 대한 선행 연구로서, 목포대교와 통항 선박 사이의 충돌 위기 평가를 위한 모델 개발연구 결과를 학회에 보고한 바 있다.

본 연구의 목적은 선행 연구의 연장으로, 목포대교와 통항 선박 사이의 충돌 확률 계산에 필요한 선박 정보 및 기상 정보를 실시간으로 획득하기 위한 시스템 개발에 있다. 이 시스템은, (1) 선박 항행 데이터와 기상 데이터를 획득하는 부분과 (2) 획득한 데이터를 원격 전송 및 분배하는 부분, 그리고 (3) 획득한 데이터를 수집하고 가공한 후 관리하기 위한 부분 등으로 구성된다.

여기서 본 연구가 필요한 이유는, 선박의 위치 정보와 기상 정보를 획득하기 위한 제품이 시중에 판매되고 있으나, 모두

별개의 장비로 판매되고 있는바, 이러한 기능이 통합된 실시간 데이터 획득 장치가 필요하기 때문이다. 또한, AIS(Automatic Identification System)가 없는 선박의 위치 데이터 획득도 필요하기 때문이다.

목포항 여객 터미널과 전라남도 신안군 안좌도를 왕복하는 카페리(car ferry)를 이용하여 구축한 시스템의 데이터 획득 성능을 평가하였다. 우선, 카페리에 장착된 AIS 데이터를 획득함과 동시에 본 연구에서 제작한 RFID(Radio Frequency Identification) 데이터를 획득하여 데이터 샘플링 성능과 제작한 RFID의 성능 및 목포항에 적합한 RFID의 유효 송신출력 등을 검토하였다. 그리고 기상 데이터의 경우에는 잡음성 데이터 제거 방법에 대해서도 검토하였다.

실험결과, 목포대교와 통항 선박 사이의 충돌 확률 계산에 적합한 데이터를 본 연구에서 개발한 시스템으로 획득 가능함을 알았고, 기상 데이터에 포함된 잡음성 데이터 억제 기법이 유효함을 확인하였다.

* 종신회원, jbyim@mmu.ac.kr 061)240-7170

(주) 이 논문은 “Design of Navigation Data Collection System Using AIS and RFID”란 제목으로 “2010 Asia Navigation Conference(ANC) 논문집(인천, 2010.11.4-6, pp.107-110)”에 일부 발표되었으며, “통항 선박과 목포대교의 충돌 위기 평가 모델 개발,”란 제목의 2010년 한국항해항만학회지(제34권 제6호, pp.405~415)의 후속연구임.

2. 데이터 획득 시스템 개발

2.1 전체 시스템 구성

Fig. 1은 본 연구에서 개발한 데이터 획득 시스템(Data Acquisition System, DAS)의 블록선도를 나타낸다. DAS는 Fig. 1에 표시한 바와 같이 A, B, C 등 세 부분으로 나누어 구성하였다. A 부분은 선박에서 송신하는 AIS 데이터와 RFID 데이터를 수신하고, 기상 데이터 획득을 위한 신호 수신 및 처리 유닛(Signal Receiving & Processing Unit, SR-PU)이다. B 부분은 입력된 데이터를 원격으로 전송하고 분배하기 위한 네트워킹 유닛(Networking Unit, NU), C 부분은 데이터를 서버(Server)에 저장하고 가공하여 사용자 PC로 전송하기 위한 데이터 관리 유닛(Data Management Unit, DMU)이다. 최종적으로 사용자 PC에서 전송된 정보를 이용하여 통행 선박과 목포대교 사이의 충돌 위기를 평가하게 되는데, 이 부분은 현재 연구가 진행 중이다. 여기서 DAS는 육상 기지국에 설치하는 것이고, 선박에는 AIS와 RFID 송신기가 탑재된다.

Fig. 1 Block diagram of Data Acquisition System (DAS) to obtain the vessel and weather information

Fig. 1의 A 부분에서, AIS와 RFID 수신기에서 획득한 선박 데이터는 데이터 가공 프로그램을 통해 B 부분의 네트워크로 전송하고, 기상 관측 센서 데이터는 8 비트 마이크로프로세서 ATmega128을 통해 B 부분의 네트워크로 전송했다. 네트워크를 통한 모든 데이터의 전송과 입력 인터페이스 등은 NMEA(National Marine Electronic Association) 프로토콜을 기반으로 하였고, RS-232C 포트와 LAN(Local Area Network)을 통해 처리하였다. 그리고 C 부분으로 입력된 모든 데이터는 데이터베이스 서버(MySQL Database Server, 3306 Port)에 저장함과 동시에 사용자 PC(Client PC)로 전송하였다. 그리고 선박 데이터는 Coastal Explorer 2009 전자해도(Electronic Navigation Chart, ENC)에 입력시켜 통행 선박의 입출항 현황을 가시화시켰다.

2.2 신호 수신 및 처리 유닛

Fig. 2는 Fig. 1의 A 부분에 나타난 신호 수신 및 처리 유닛(SR-PU)을 목포해양대학교 제2공학관 건물 옥상에 설치한 모습이다. 특히 다양한 센서들이 내장된 Sensor Part는 Fig. 3과 같이 방수 케이스에 집적화 시켰다.

Fig. 2 Signal Receiving and Processing Unit (SR-PU)

Fig. 3 Inside view of Sensor Part including various weather sensors and GPS Receiver

Fig. 4는 AIS가 미 장착된 소형 선박이나 바지선 등의 항행 정보를 획득하기 위해 DAS와는 별도로 본 연구에서 제작한 900MHz 대역, 1 kW 송신 출력의 능동식 RFID 송신기와 GPS 모듈을 나타낸다. 송신기는 115.2 Kbps의 데이터 전송률과 32개의 채널을 갖고 LOS(Line Of Sight)에서 20 마일까지 송수신 가능한 Laird Technologies사의 CL4490-1000 모듈과 1/2 파장 다이폴(dipole) 안테나 CL4490을 사용하여 제작했다. 그리고 선박 위치는 UIGOODS사의 GPS 수신 센서 UIGGUB01-R004을 사용하여 획득했다. GPS에서 수신한 위치 정보는 Data Processing Module을 경유하여 RFID 송신기를 거쳐 육상에 있는 RFID 수신기로 전송했다.

Fig. 4 Active-type RFID transceiver with 1 kW transmitting power and 900 MHz band

Table 1은 DAS 개발에 사용한 주요 센서와 모듈의 특성을 나타낸다. 이러한 센서와 모듈은 모두 해당 제조회사를 통해 구입했고, (주)아이엔디시스템에서 DAS를 제작하였다.

Table 1 Specifications of sensors and modules used in this work

Sensor	Type	Specifications	Output
Air Pressure Sensor	Free-scale Semiconductor MPXH6115A6U/6T1	Temperature compensated from -40 ~ +125°C	15~115 kPa : 0.2 ~ 4.8 V
CDS Light Sensor	Cds Cell	Spectral response similar to the human eye	Light Resistance at 10 Lux : 5~10 kΩ, at dark : 0.2 MΩ
Humidity & Temp. Sensor	Sensirion SHT-15	Humidity : Resolution 0.4 ~ 0.05 %RH(8~12 bit), Accuracy ±2.0 %RH Temp. : Res. 0.04 ~ 0.01°C(12~14 bit), Accuracy ±0.3°C	Digital Output Humidity : 8~12 bit Temp. : 12 ~ 14 bit
Anemometer Sensor	DAVIS	Wind Speed : 3~150 knots Wind direction : 0~360°	Analog Output
GPS Receiver Unit	UIGOODS Smart GPS	Resolution less than 1 m Raw data Update rate : 10 Hz	Max update: 4 Hz Acquisition : -160 dBm Output: NMEA
AIS Receiver Antenna	MV-158 AIS/VHF Antenna	3.5 foot compact stainless steel whip antenna	Gain 6 dB
AIS Receiver	Smart Radio SR162	AIS-1 on 161.975 MHz AIS-2 on 162.025 MHz Sensitivity: -112 dBm	NMEA 0183, 38,400 baud, AIVDM message
RFID 1kW Trans. Antenna	Laid Technologies CL4490	1/2 Dipole RF Antenna	-
RFID 1kW Trans. Module	Laid Technologies CL4490-1000	Trans. Range : outdoor : up to 20 miles in LOS Data rate : up to 115.2 Kbps Channel : 32	Output Power : 1000 mW

2.3 데이터 관리 유닛

Fig. 5는 Fig. 1의 C 부분에 해당하는 데이터 관리 유닛(DMU)으로, PC를 이용한 DB 서버와 사용자 PC를 나타낸다. Fig. 6은 DB 서버에 저장된 데이터를 확인하기 위한 가시화 창으로, 특히 기상 데이터는 다양한 막대그래프와 숫자로 나타내서 현 상황을 알기 쉽게 했다. 그리고 DMU에 구축된 전자해도도 단지 목포항 입출항 선박 현황을 알기 위한 것이기 때문에 이 논문에는 기술하지 않았다.

Fig. 5 Data Management Unit (DMU) with DB Server and Client PC

Fig. 6 Data Visualization Windows in DB Server with weather status

3. 데이터 획득 실험과 평가

3.1 실험 방법

2010년 8월 20일 목포항 여객 터미널에서 신안군 안좌도 사이를 왕복하는 카페리(목포에서 안좌는 대흥페리 3호, 안좌에서 목포는 대흥페리 9호)를 이용하여 데이터 획득 실험을 하였다. 우선, Fig. 7과 같이 본 연구에서 제작한 1 kW 송신 출력의 RFID 10대와 이미 검토한 바 있는 미국 GPS Flight사의 STXe(GPS Flight, 2010) 100 mW 송신 출력의 RFID 1대를 LOS(Line Of Sight)가 확보될 수 있는 카페리 상부 갑판에 설치했다. 여기서 100 mW RFID는 확산 스펙트럼을 이용한 주파수 hopping(hopping) 방식을 채용하여 다수의 RFID 식별이 가능하며 LOS가 충분히 확보된 해상 실험을 통해 5 마일 이내의 최대 탐지거리를 확인한 바 있다. 그리고 1 kW와 100 mW의 RFID를 실험에 이용한 이유는, RFID의 송신 출력에 따른 탐지거리를 검토하여 목포항과 같이 굴곡된 항로와 주위

에 섬이 많은 환경에서 최적의 RFID 송신출력을 알기 위한 것이다.

Fig. 7 Field tests on the top deck of Dae-Heung Car Ferry-3 with ten sets of 1 kW RFID transceiver and one set of 100 mW RFID transceiver

3.2 선박 데이터 획득 결과

Fig. 8은 AIS와 1 kW RFID 및 100 mW RFID를 통해 획득한 선박 데이터를 목포대교를 중심으로 1 마일 범위의 인공위성 영상(Google Earth, 2010)에 나타낸 것이다. Fig. 8(a)는 카페리의 AIS 데이터, Fig. 8(b)는 1초 간격으로 데이터를 송신한 1 kW RFID, Fig. 8(c)는 1초 간격으로 데이터를 송신한 100 mW RFID의 실험결과를 각각 나타낸다. 한편, 본 연구에서 제작한 1 kW RFID는 실험결과 10대 중에서 6대만 정상 작동하였다. Fig. 8(b)에 나타난 결과는 정상 작동한 6대 중에서 성능이 가장 우수한 1대의 RFID에서 송신한 결과를 나타낸다.

한편, 4대가 작동하지 않은 이유는, 회로 연결 불량과 배터리 오작동, 배터리 방전, 이동 중 안테나 파손 등에 기인한 것으로 조사되었다.

Fig. 8(a)를 보면, AIS 데이터 획득 간격이 불규칙한데, 그 이유는 AIS의 GPS 위치정보 획득은 항행 속력에 따라서 2초~12초 간격으로 이루어지고(신 등, 2001), DAS의 AIS 수신기가 목포항 부근의 모든 선박에서 송신하는 AIS 정보를 동시에 처리하는데 한계가 있기 때문으로 고려된다. 이러한 AIS 문제는 기존에 많은 연구가 진행된 바 있다(Lu and Zhou, 2008).

한편, Fig. 8(b)의 1 kW RFID의 경우는, 대략 일정한 간격으로 데이터 획득이 이루어지고 있으나, 그림 우측 하단에 나타난 음영구역(Blind Sector)에서는 탐지되지 않았다. 음영구역은 그림의 지도에 나타난 바와 같이 건물 옥상에 설치한 신호 수신국(Signal Receiving Station)과 1 kW RFID 사이에 산이 가로막고 있기 때문에 LOS가 충분하지 못하여 발생한

결과로 고려된다. Fig. 8(c)의 100 mW RFID의 경우에는, 일정한 주기로 데이터 획득이 가능하였으나, 그림 좌측과 우측에 나타난 음영구역이 1 kW RFID와 비교하여 더 넓게 나타나고 있다.

한편, RFID를 이용하여 획득한 선박 위치의 정밀도는 Fig. 8에 나타난 바와 같이 AIS와 대등한 것으로 나타났다.

(a) AIS

(b) 1 kW RFID

(c) 100 mW RFID

Fig. 8 Data acquisition results to in- and out- bound vessel position by AIS, 1 kW RFID and 100 mW RFID

Fig. 9는 1 kW RFID와 100 mW RFID의 탐지거리분포로서, x-축은 탐지거리(mile)를 나타내고, y-축은 탐지거리에 해당하는 데이터 수이다.

(a) 1 kW RFID

(b) 100 mW RFID

Fig. 9 Distance distributions to find the detection distance of 1 kW RFID and 100 mW RFID

Fig. 9(a)의 1 kW RFID의 경우, 최대 6.7 마일까지 탐지되었으나 안정적으로 데이터를 확보할 수 있는 거리는 약 2 마일로 나타났다, Fig. 9(b)의 100 mW RFID의 경우는 최대 1.7 마일까지 탐지되었으나 안정적으로 데이터를 확보할 수 있는 거리는 약 1 마일 이내로 나타났다.

따라서 목포대교로부터 약 1 마일 이내의 데이터 확보를 목표로 하는 경우에는 100 mW RFID로도 충분함을 알 수 있으나 그 이상의 탐지거리에 대해서는 더 강한 송신출력이 필요한 것으로 나타났다. 그러나 앞에서 검토한 바와 같이 목포항 주변의 지리적 환경으로 인하여 충분한 LOS를 확보할 수 없기 때문에 목포항 최적의 RFID 송신출력 결정은, 다양한 송신출력과 데이터 송수신 방법을 갖는 RFID를 제작하여 별도 연구로 진행해야 할 것으로 고려된다. 본 연구에서는 DAS의 AIS와 RFID에 대한 데이터 수신 성능만을 확인하는 것이 목적이기 때문에 이에 대한 연구는 추후 연구과제로 둔다.

3.3 기상 데이터 획득 결과

DAS를 이용하여 획득한 7가지 데이터 종류와 각 데이터 종류별 약어 및 단위와 측정 범위 등을 Table 2에 나타냈다. 여기서 DAS에서 획득한 기상 데이터는 다양한 센서에서 직접 측정된 것이기 때문에 많은 잡음성 데이터가 포함되어 있다. 유용한 데이터 획득을 위해서는 우선 잡음 억제 처리가 필요하다.

Table 2 List of weather data by DAS

Kinds	Abb.	Units	Ranges
Wind Direction	WD	degree	0 ~ 359
Wind Force	WF	meter/second	0 ~ 70
Air Pressure	AP	hPa	150 ~ 1,150
Air Temperature	AT	℃	-40 ~ 100
Relative Humidity	RH	%	0 ~ 100
Dew Point	DP	%	0 ~ 100
Illumination Intensity	IL	Volt	0 ~ 5

A. 잡음성 데이터 억제 기법과 필터 설계

Fig. 10의 상단 그림은 실험일 0시부터 20시까지 관측한 풍향 데이터인데, 풍향/풍속계가 대단히 민감하여 방위 변화가 대단히 크다. 이러한 데이터는 디지털신호처리에서의 잡음으로 고려할 수 있다(임 등, 1989).

그리고 Fig. 10의 하단 그림은 풍향 데이터에 대한 8,192점의 FFT(Fast Fourier Transform) 분석 결과이다. x-축은 주파수(Hz), y-축은 크기(dB)를 나타낸다. 이 그림은 0시부터 20시까지 획득한 풍향 데이터가 총 10,179 개, 데이터 획득 소요시간이 71,855 초이기 때문에 샘플링 주파수(데이터 총수/소요시간)가 0.14 Hz로 되어 나이퀴스트(Nyquist) 주파수는 0.07 Hz로 나타나 있다. 이 그림에서 유효한 데이터 성분은 근사적으로 0 Hz 부근의 약 125 dB부터 0.01 Hz의 80 dB까지로 고려할 수 있고, 0.01 Hz 이상의 성분은 모두 잡음으로 고려할 수 있다. Fig. 11에 보다 상세한 결과를 나타냈다.

Fig. 10 Sample data to Wind Direction with noise (Upper box) and its frequency components by FFT (Lower box)

Fig. 11은 Table 2에 나타낸 7가지 기상 데이터 모두에 대한 FFT 분석 결과로서, 상세히 검토하기 위해 x-축 주파수를 0.002 Hz까지만 나타냈다. 7가지 데이터 모두 0 Hz부터 약 0.001 Hz까지를 유효한 주파수 성분으로 고려할 수 있다. 0.001 Hz 이후의 주파수 성분 제거를 위해, 샘플링 주파수 0.14 Hz, 차단 주파수 0.001 Hz를 갖는 5차 버터워스 디지털 필터(Butterworth digital filter)를 Fig. 12와 같이 설계하였다. 여기서 버터워스 필터는 통과대역에서 최대 평탄한 특성을 갖기 때문에 선정하였다(The Math Work, 2000).

Fig. 11 Frequency components to all of the acquisition data shown in Table 2

Fig. 12 Design result of 5th-order Butterworth digital filter with cutoff frequency of 0.001 Hz in sampling frequency 0.14 Hz

B. 기상 데이터 필터링 결과

Fig. 13(a)부터 Fig. 13(g)는 DAS에서 획득한 Table 2의 7가지 기상 데이터를 Fig. 12의 버터워스 디지털 필터로 필터링한 결과들이다. 각 그림의 상단은 획득한 원시 데이터를 나타내고, 하단은 필터링 결과를 각각 나타낸다. 모든 필터링 결과에서 잡음이 충분히 억제되었음을 알 수 있고, 필터링 결과가 각 그림 상단에 나타낸 원시 데이터의 시계열(time series) 특성을 잘 유지하고 있음을 알 수 있다. 한편, 필터링한 모든

데이터의 앞부분이 원시 데이터와 달리 진동하는 현상이 발생하고 있는데, 이것은 필터의 지연 특성에 기인한 것이다(Bose, 1985).

(a) Wind direction

(b) Wind force

(c) Air pressure

(d) Air temperature

(e) Relative humidity

(f) Dew point

(g) Illumination intensity

Fig. 13 Filtering results with the acquisition data (Upper box) and filtered data (Lower box), respectively

4. 결 론

본 연구에서는 선박-교량 충돌 위기 평가에 필요한 선박 데이터와 기상 데이터 획득 시스템(Data Acquisition System, DAS)을 개발하였다. 본 연구에서는 DAS를, 신호 수신 및 처리 유닛(Signal Receiving & Processing Unit), 네트워킹 유닛(Networking Unit) 및 데이터 관리 유닛(Data Management Unit) 등으로 구성하였다.

목포항 여객 터미널에서 신안군 안좌도를 왕복하는 카페리를 이용하여 DAS 성능을 실험한 결과, AIS와 RFID 및 기상 센서로부터 선박-교량 충돌 확률 계산에 필요한 데이터 획득이 가능함을 알았다. 또한 목포항 부근에서, RFID의 유효 탐

지거리는 1 kW 송신출력의 경우 약 2 마일, 100 mW 송신출력의 경우는 약 1 마일 이내로 나타났다. 따라서 본 연구와 같이 목포대교 중심으로부터 1 마일 이내의 데이터 수신을 목표로 하는 경우에는 100 mW RFID로 충분함을 알았다. 또한 샘플링 주파수 0.14 Hz, 차단 주파수 0.001 Hz의 5차 버터워스 필터를 이용하여 기상 데이터에 포함된 잡음성 데이터를 충분히 제거할 수 있었다.

향후, 본 연구 결과를 활용하여 연구의 최종 목표인 선박-교량 충돌 위기 평가 및 위기관리 시스템을 개발할 예정이다.

후 기

이 논문은 2008년부터 2010년까지 국토해양부지정 호남지역 Sea Grant 사업단 연구개발사업 과제 지원에 의해 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] 신철호, 윤명오 (2001), *전자향해학*, 효성출판사, pp.222~242
- [2] 임제탁, 이두수 (1989), *이산신호처리*, 대영사, pp.443~562
- [3] Bose N. K. (1985), *Digital Filters*, Nor-Holland, pp.245~308
- [4] Google Earth (2010), <http://earth.google.com>
- [5] GPS Flight (2010), <http://www.gpsflight.com>
- [6] Lu Yueming and Zhou Yi Zong (2008), "Some Issues and Considerations Related To the Carriage and Use of AIS Equipment on Board Chinese Ships," ANC 2008, China, pp.198~207
- [7] The Math Works (2000), *Signal Processing Toolbox User's Guide*, pp.7-50~7-59

원고접수일 : 2010년 10월 4일

심사완료일 : 2010년 12월 10일

원고채택일 : 2010년 12월 15일