

NMEA2000을 이용한 임베디드 선박 모니터링 시스템의 개발

이창의* · 김달용* · 유영호* · 신옥근†

(원고접수일 : 2009년 2월 25일, 원고수정일 : 2009년 5월 12일, 심사완료일 : 2009년 6월 8일)

Development of Embedded Vessel Monitoring System Using NMEA2000

Chang-Ui Lee* · Dal-Yong Kim* · Yung-Ho Yu* · Ok-Keun Shin†

Abstract : Recently, NMEA2000 became the de facto standard of the communication protocol for the instrument level network in vessels, and it is anticipated that most of the vessels will be equipped with the sensors and actuators based on this protocol. The conventional serial communication specifications such as RS-232, RS-485, or even NMEA0183 are single-talker/multiple-listener and interconnection among multiple sensors and/or actuators usually results in a bundle of wires. On the other hand, NMEA2000 is a true bus type(multiple-talker/multiple-listener) protocol and theoretically up to 256 instruments can be hot-plugged.

With the advent of the protocol, it is necessary to consider a new type of monitoring system for the instruments in vessels: In most traditional serial communication environments, a dedicated monitor or user interface was necessary for each sensor or actuator as it was simply not easy to collect data in a single place. With NMEA2000, the collection of various types of information is simple. An embedded system can be employed to combine, to arrange and to display informations from various types of devices. Assuming that the actuators and sensors on a vessel are interconnected by NMEA2000 standard, we devise a tentative interactive vessel monitoring system in which the following 4 kinds of informations are collected and delivered: the navigation, engine, weather and tanks informations.

Key words : NMEA2000, Embedded system(임베디드 시스템), Communication(통신), E-navigation, Vessel(선박), Monitoring(모니터링)

1. 서 론

선박의 효율적이고 안전한 운항을 위해서는 선박 내의 각종 기기들을 네트워크로 연결하고 통합함

으로써 기기들의 정보를 교환, 수집하고 관리할 필요가 있다. 이러한 선박 네트워크는 일반적으로 Fig. 1과 같이 3개의 계층구조를 갖는 것이 바람직한 것으로 알려져 있다.⁽¹⁾ 이 그림에서 최상층부의

† 교신저자(한국해양대학교 컴퓨터·제어·전자통신공학부, E-mail : okshin@hhu.ac.kr, Tel : 051-410-4572)

* 한국해양대학교 컴퓨터·제어·전자통신공학부

‘Administrative Network’는 선박 내부의 관리 업무를 위한 통신과 선박과 육상 사이, 또는 선박과 선박 사이의 정보교환을 담당하고, 가운데 위치하는 ‘Shipboard Control Network’은 Integrated Bridge, Engine Control & Monitor 등과 같은 선박의 주요기기들 사이를 연결하는 동시에 상부의 Administrative Networks와 하부의 Instrument Networks를 연결하는 middleware기능을 갖는다. 최하층부의 ‘Instrument Networks’는 각종 센서와 액츄에이터들 사이의 명령과 정보를 교환하기 위한 것으로, 이 계층의 네트워크에서 교환되는 정보들은 실시간 처리가 필요한 것들이 대부분이다. 이 네트워크는 그림에 보인 것과 같이 네트워크에 연결된 컨트롤러들의 물리적인 직접적 연결을 포함한다.

‘Instrument Networks’에 이용되는 통신 방식은 과거의 RS-422, RS-485등의 직렬통신 방식에서 NMEA0183으로 발전하였으나 여전히 single-talker/multiple-listener의 범주를 벗어나지 못하였을 뿐만 아니라, 확장성 등의 측면에 제약이 있어 새로운 개념의 통신 규격이 필요하게 되었다. 이에 따라 NMEA(National Marine Electronics

Association)에서는 적절한 통신속도를 보장하고 저렴한 동시에 multiple-talker/multiple-listener 형식의 인스트루먼트 레벨 네트워크 규격인 NMEA 2000⁽²⁾을 제정하게 되었으며, IEC에서는 이것을 IEC 61162-3으로 채택하였다. e-Navigation의 도래와 함께 NMEA2000은 요트 등 소형 선박뿐만 아니라 대형 선박에서도 널리 쓰이는 중요한 통신 규격이 되어 가고 있다.

특히, 근래의 서구 선진국에서의 대형 조선 산업은 쇠퇴하는 반면에 슈퍼요트를 생산하는 중소규모 조선 산업은 매출과 고용이 지속적으로 증가하는 추세에 있고⁽³⁾, 2007~2008년 세계경제가 둔화되는 조짐을 보이는 가운데서도 슈퍼요트 시장은 활황세를 유지하고 있어⁽⁴⁾ 다른 부문과 대조되는데, 이렇게 활성화되고 있는 슈퍼요트내의 많은 기기들이 NMEA2000 통신표준으로 연결되고 있다.⁽⁵⁾

본 논문에서는 최근 새로운 Instrument Networks 레벨의 선박통신 표준으로 주목받고 있는 NMEA2000 규격에 기반한 선박 모니터링 시스템의 구현에 대해 기술한다. 종래의 1:1, 혹은 single-talker/multiple-listener 통신환경에서

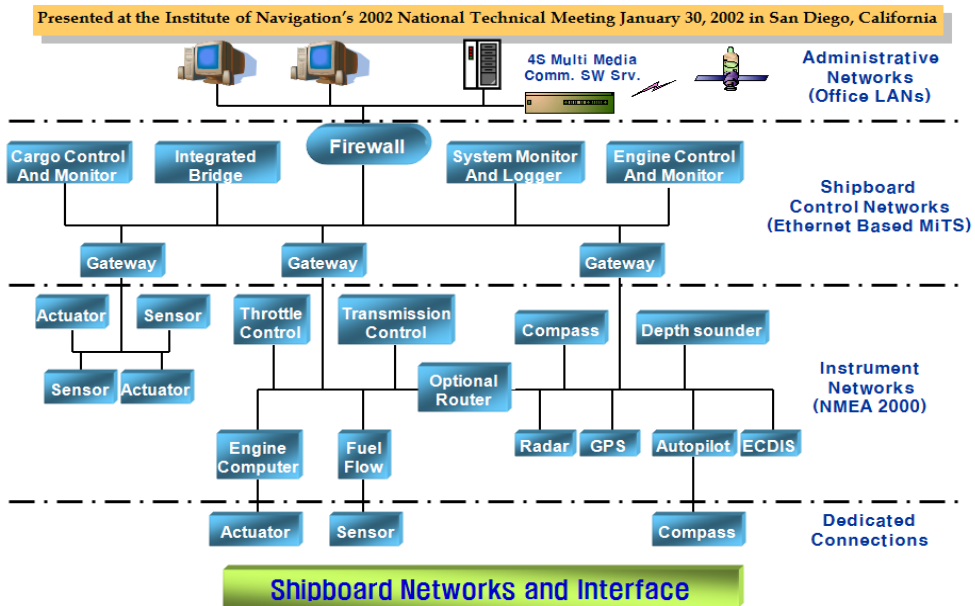


Fig. 1 Network hierarchy of the vessel

Table 1 Parameter group definition

필드명	설명
Name	독특한 기술명 또는 파라미터 그룹을 위한 약어
Parameter Group Number	네트워크 내에서 공유된 회선을 사용하기 위해 경쟁(Competition) 상황이 발생하였을 때 접근 우선권을 나타내기 위해 사용 (낮은 수의 PGN이 더 높은 우선권을 가짐)
Destination(Global or Addressed)	메시지가 모든 노드에게 보내도록 의도되었는지를 표시
Description	파라미터 그룹에 대한 설명을 기술
Default Priority Value	메시지의 우선권 결정(위급, 실시간, 일반적 등으로 구분)
Default Update Rate	얼마나 자주 전송되어야 하는지에 관한 정보 (단위:millisecond)
Frequency	얼마나 자주 업데이트 해야 하는지에 관하여 기술(단위:Hz)
Query Support(Yes or No)	이 메시지를 전송하는 디바이스에게 메시지를 요청할 수 있는지 여부
Single Frame(Yes or No)	메시지가 하나의 싱글 프레임 메시지로 정의되는지 여부
Acknowledgment Requirements	이 메시지에 대하여 응답으로 요구되는 메시지

는 여러 기기들의 정보를 한군데 모아서 처리하기에는 많은 제약이 있어 모니터, 혹은 사용자 인터페이스를 기기별로 제공해야 했었다. 그러나 NMEA2000과 같은 multiple-talker/multiple-listener 통신환경에서는 여러 가지 다양한 종류의 기기가 제공하는 정보를 한군데 모아 하나의 모니터 상에서 유기적으로 결합하여 제공할 수 있으므로, 통합 모니터에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 항해정보, 엔진정보, 풍향풍속 등의 날씨 정보, 그리고 주요 탱크 관련 정보 등 주로 요트와 같은 소형선박에서 필수적으로 요구되는 정보를 사용자들이 쉽고 빠르게 알 수 있도록 하나의 모니터 터미널을 통해 제공하는 한편, 터치스크린을 이용하여 편리한 인터페이스를 제공하는데 초점을 맞추어 개발하였다.

2. 모니터링 시스템 설계

2.1 요구사항 분석

선박 모니터링 시스템을 설계하기 위해 다음과 같은 사항들이 요구된다. (1) 임베디드 시스템 : 슈퍼요트와 같은 중소규모의 선박에서 항해에 필요한 정보들을 모니터링하기 위해서는 모니터링 시스템의 크기가 제한된다. 그러므로 시스템을 소형화/

경량화 하기 위해 임베디드 시스템으로 설계할 필요가 있다. (2) 제공 정보 : 본 연구에서 구현하는 모니터링 시스템은 항해(Navigation), 기관(Engines), 탱크(Tanks), 기상정보(Weather Information)를 제공한다. 또 이들 각각의 세부적인 항목들은 효율적으로 배치되어야 한다. (3) 터치스크린 : 사용자 편의를 위해 터치스크린을 입력 출력 장치로 선택하여 간단하고 쉽게 시스템을 조작할 수 있도록 한다. (4) NMEA2000 프로토콜의 적용 : multiple-talker/multiple-listener 형태의 선박 통신 프로토콜인 NMEA2000을 이용한 네트워크를 가정한다.

2.2 디스플레이 정보 분석

NMEA2000을 이용하여 교환되는 데이터는 PGN(Parameter Group Number)이라는 메시지 포맷을 통해 송수신된다.

PGN은 서로 연관이 있는 데이터들을 하나로 모아 파라미터 그룹으로 관리하고 각각의 파라미터 그룹에 번호를 부여함으로써 메시지를 구분지어 네트워크의 효율성을 증가시킨다. Table 2에 모니터링 대상 항목, 각 항목의 PGN 및 이들의 디스플레이 형식을 나타낸다.^[2]

Table 2 Display information

Display Data		PGN	Display Type	
Navigation	Heading	127250	Rotating Compass	
	Rudder Angle/Order	127245	Rudder Gauge	
	Trip Log	128275	Numeric	
	Total Log			
	Speed Through Water	128259		
	Speed Over Ground	129026		
	Course Over Ground			
	Water Depth	128267		
	Time UTC	126992		
Engines	Engine Tachometer	127488		RPM Gauge
	Oil Temperature	127489		Temperature Gauge
	Engine Temperature		Pressure Gauge	
	Oil Pressure		Percent Gauge	
	Fuel Pressure		Voltage Gauge	
	Engine Load	Numeric		
	Alternator Voltage			
	Percent Engine Torque			
	Fuel Rate			
Fuel Tank	127505		Bar Chart	
Fresh Water Tank				
Waste Water Tank				
Black Water Tank				
Oil Tank				
Live Well Tank	127513			
Battery Temperature Coefficient				
Weather Information	True Wind	130306	Compass	
	Wind Direction	130306	Compass	
	Wind Speed			
	Temperature Outside	130312	Numeric	
	Temperature Inside			
	Sea Temperature			
	Barometer	130314		
	Humidity Outside	130313		
	Humidity Inside			
Water Temperature	130312			

모니터링 대상 정보를 요구사항 분석에서 언급한 4가지 항목을 기준으로 세부 항목들로 구분하고 각 세부 항목들을 효과적으로 표현하기 위한 디스플레이 형식(Display type)을 정의하였다. 또, NMEA2000 표준의 Data Dictionary를 참조하여 모니터링 대상 정보들의 PGN 및 표현 가능한 값의 범위, 표현단위를 포함한 메시지 포맷을 정하였다.

2.3 시스템 구조

선박모니터링 시스템의 전체적인 구성은 Fig. 2와 같다.

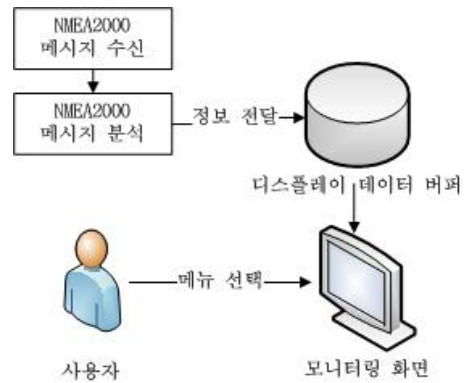


Fig. 2 Organization of the monitoring system

모니터링 시스템은 수신된 NMEA2000 메시지를 분석하여 메시지 내의 데이터필드에서 데이터를 추출한 다음 디스플레이 데이터 버퍼에 전달하고, 이 값을 참조하여 각 항목들을 디스플레이 한다. 사용자는 터치스크린을 통해 메뉴를 선택함으로써 디스플레이 될 화면을 선택할 수 있다.

3. 시스템의 구현

본 장에서는 수신된 NMEA2000 메시지를 분석하여 디스플레이 데이터 버퍼에 전달하는 과정을 설명한 다음, 디스플레이 데이터 버퍼를 참조하여 모니터링 화면에 디스플레이하는 과정을 설명한다. 마지막으로 사용자에게 제공되는 사용자 인터페이스에 대해 간략히 기술한다.

3.1 NMEA2000 메시지 분석

수신된 메시지의 오류검출을 통해 메시지가 올바르게 수신되었는지를 판단하고 오류가 발생한 메시지는 폐기한다. 정상적인 메시지라면 PGN을 참조하여 이 메시지가 multiple packet 혹은 fast packet인지 확인한다. multiple packet과 fast packet은 최소한 2개 이상의 프레임들로 구성된 메시지이므로 동일한 PGN과 sequence number를 가진 프레임들 모두 수신할 때까지 임시 버퍼에 저장하고 메시지를 조립한다. 만약 single frame 이라면 이 과정은 생략된다. 이렇게 수신된 메시지는 데이터필드에서 디스플레이할 데이터를 추출하여 디스플레이 데이터 버퍼에 전달한다. 이 과정이 Fig. 3에 나타나 있다.

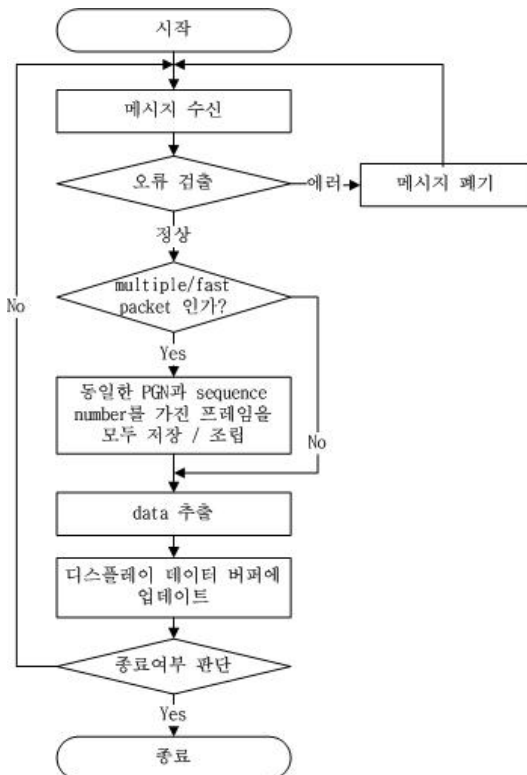


Fig. 3 Procedure of NMEA2000 message analysis

3.2 User Interface

하나의 디스플레이 화면에 여러 종류의 데이터를

효율적으로 제공하기 위해 Fig. 4에 보이는 상태천이도에 따라 작동하는 사용자 인터페이스를 설계한다.

선박 모니터링 시스템을 기동하면 Fig. 4에서 보는 바와 같이 Navigation 화면이 사용자에게 보여진다. 사용자는 터치스크린을 조작하여 Navigation, Engine, Tanks, Weather Information 화면으로 이동이 가능하며, 각 화면에서는 표시되는 항목 중 하나를 확대하여 볼 수 있다.

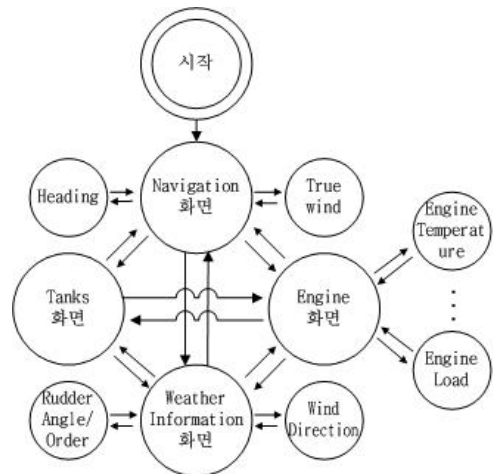


Fig. 4 State diagram of user interface

확대 가능한 항목으로는 Navigation 화면에서는 Heading, Rudder Angle/Order가 있고, Engines에서는 Engine Tachometer, Oil Temperature, Oil Pressure, Engine Load, Alternator Voltage가 있으며, Weather information에서는 True Wind, Wind Direction이 있다.

3.3 그래픽 디스플레이 레이어

모니터링 시스템에서 디스플레이 되는 정보는 배경 레이어(background layer), 데이터 레이어(data layer), 메뉴 레이어(menu layer)의 3개의 계층을 통해 화면에 출력된다.

모니터링 시스템의 내부 그래픽 처리는 Fig.5와 같은 순서로 이루어진다. (1) 선택된 메뉴에 해당하

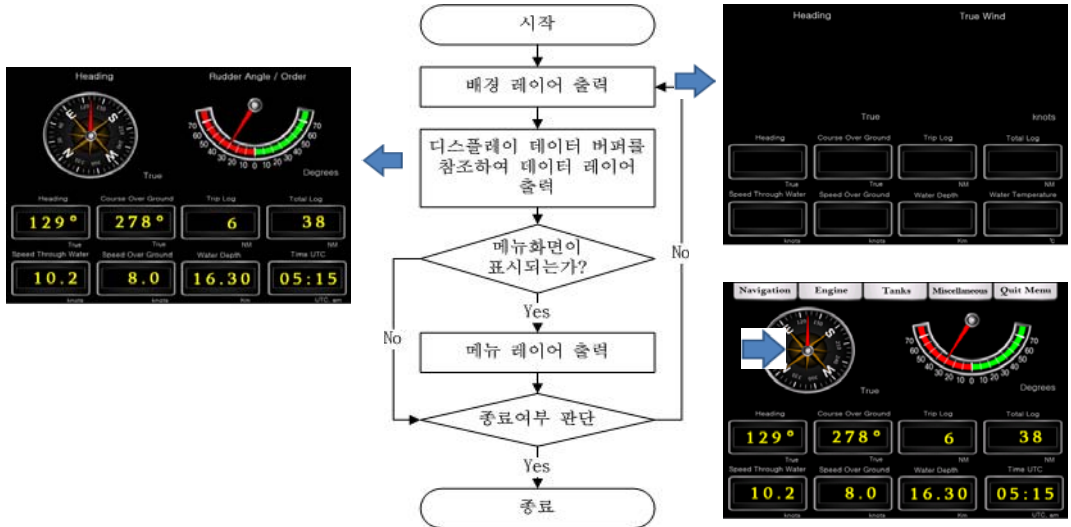


Fig. 5 Procedure of graphic display

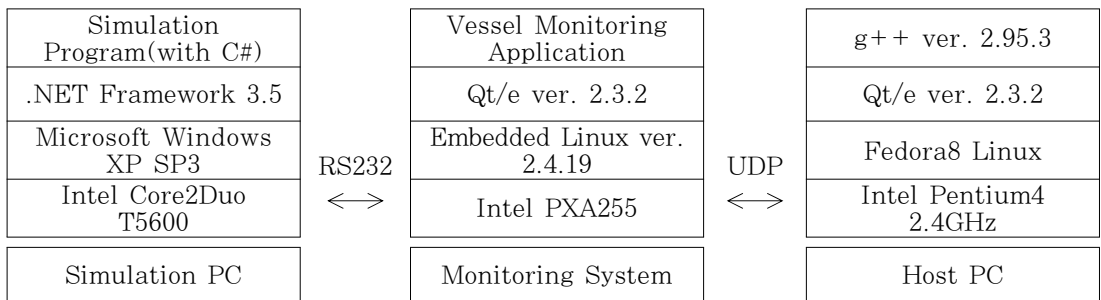


Fig. 6 Architecture of development system

는 배경 레이어를 출력하고, (2) 디스플레이 데이터 버퍼의 값을 참조하여 앞서 요구사항 분석에서 언급한 디스플레이 타입에 맞추어 데이터 레이어 값을 출력한다. (3) 메뉴화면이 표시되어야 하는지를 판단하여 메뉴레이어의 출력여부를 결정한다. 모니터링 시스템의 내부 그래픽 디스플레이 부분은 이와 같은 과정을 주기적으로 반복하여 화면을 갱신함으로써 변경된 정보를 실시간으로 사용자에게 제공한다.

4. 실험 및 구현결과

4.1 시스템의 구성과 개발환경

본 연구에서 구현한 시스템은 크게 두 부분으로

구성된다. 그 중 하나는 시뮬레이션 컴퓨터로 NMEA2000 데이터를 생성하고 모니터링 시스템으로 송신하는 역할을 시뮬레이션 한다. 또 다른 하나는 시뮬레이션 컴퓨터에서 보내는 데이터를 수신하여 모니터에 출력하는 모니터링 시스템이다. 이 둘은 RS-232로 연결되어 NMEA2000 네트워크에서 데이터를 송수신하는 과정을 시뮬레이션한다. Fig. 6의 점선상자 안에 이 두 부분을 표현하였다. 이 그림의 오른쪽은 host PC로 모니터링 시스템에서 수행될 프로그램을 작성, 컴파일하여 다운로드하기 위한 개발틀이며 모니터링 시스템과 RS-232로 연결된다.

시뮬레이션 프로그램은 OS로 Microsoft Windows XP SP3를 사용하였고, 개발틀로는

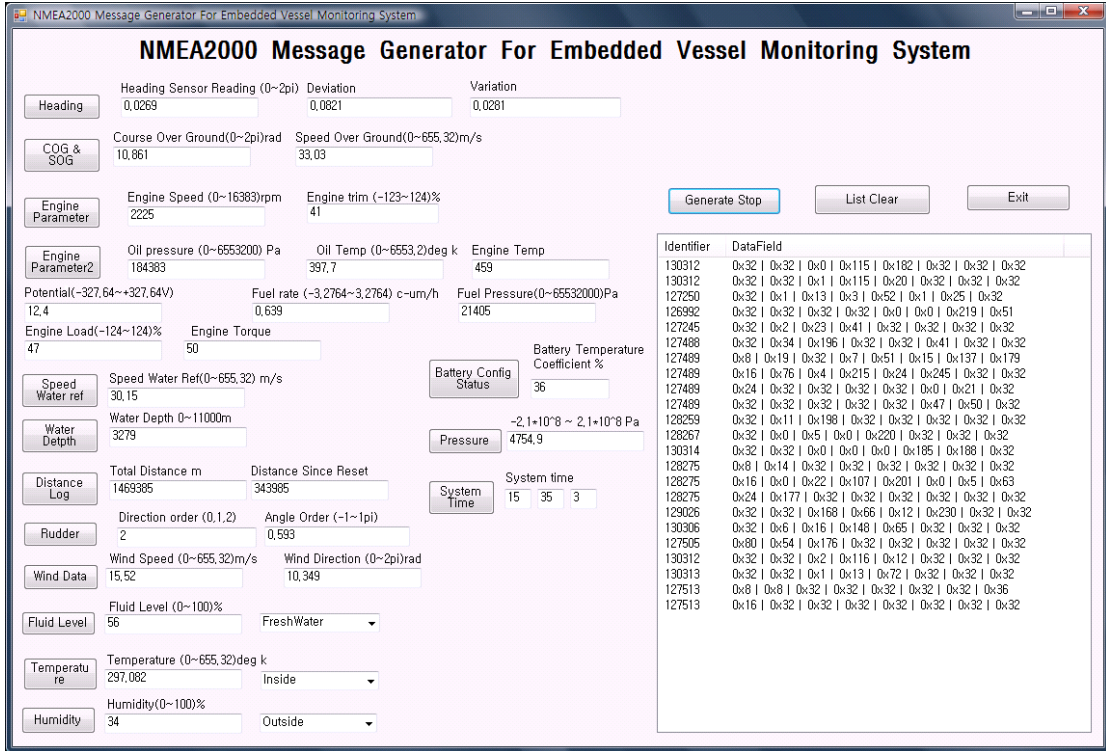


Fig. 7 NMEA2000 message generator program

Microsoft Visual Studio 2008을 채택하였으며, 언어는 C#을 사용하였다.

모니터링 시스템은 한백전자 EMPOS-II^[6]를 이용한 임베디드 시스템으로 구현하였다. EMPOS-II는 Intel PXA255 CPU를 기반으로 32MByte flash memory와 128MByte SD memory, FULL UART socket, 그리고 640×480 해상도의 6.4인치 TFT LCD와 터치스크린 등을 탑재한다.

Intel PXA 255 CPU는 XScale 코어를 사용한 ARMv5TE 기반 32비트 마이크로프로세서로 ALU(Arithmetical and Logical Unit), 어드레스(address) 버스, 데이터 버스, 레지스터(register)의 기본 기능 외에 내부 메모리나 산술 연산에 필요한 장치와 메모리 제어에 필요한 레지스터 및 각종 주변장치들을 하나의 칩에 내장시켜 놓은 것이다.^[7]

이 보드의 OS로 embedded Linux version

2.4.19를 포팅 하였으며, embedded GUI를 구현하기 위해 Qt/e version 라이브러리를 기본으로 하여 개발된 임베디드 시스템용 라이브러리를 기본으로 하여 개발된 임베디드 시스템용 GUI 라이브러리이다. X-Window 없이 커널에서 제공하는 프레임 버퍼를 이용하여 그래픽 장치에 접근하는 방식을 사용한다.^[7]

host PC에는 Fedora 8 Linux를 OS로 사용하였고, 크로스컴파일러로 gcc(g++) version 2.95.3을 사용하였다.

4.2 NMEA2000 메시지 생성

NMEA2000 메시지 생성을 위한 시뮬레이션 프로그램을 Fig. 7과 같이 제작하였다. 각 메시지는 하나 이상의 정보가 포함될 수 있으며, 테스트 값을 수동으로 입력해서 전송하거나 실제 환경과 비슷한 값을 자동으로 생성하여 주기적으로 전송할 수도 있다.

1번째 데이터 프레임									
Param2				Param1		CP3		CP2	CP1
32400				13870		14		0	1
Measurement Time 자정으로부터 초단위				Measurement Date 1970년 1월 1일부터 지난 날짜수		이 PGN이 전송하는 총 바이트의 수		Sequence Number	Frame Counter
Byte8	Byte7	Byte6	Byte5	Byte4	Byte3	Byte2		Byte1	

2번째 데이터 프레임									
Param4				Param3				CP2	CP1
150000				200000				0	2
Distance Since Last Reset(앞부분) 리셋한 시점으로부터 총향해 거리[m]				Total Cumulative Distance[m]				Sequence Number	Frame Counter
Byte8		Byte7	Byte6	Byte5	Byte4	Byte3	Byte2	Byte1	

3번째 데이터 프레임									
						Param4		CP2	CP1
								0	3
남은 공간 '1'로 채움						Distance Since Last Reset(뒷부분)[m]		Sequence Number	Frame Counter
Byte 8	Byte 7	Byte 6	Byte 5	Byte 4	Byte 3	Byte2		Byte1	

Fig. 8 Distance Log message frame

하나의 NMEA2000 메시지는 1개 또는 그 이상의 프레임으로 분할하여 전송된다. 예를 들어 Fig. 7에 보인 데이터들 중 Distance Log는 3개의 프레임으로 분할하여 전송하는데, 각 프레임의 데이터 필드에 설정되는 한 가지 예를 Fig. 8에 나타내었다.

Fig. 8에서 CP(Control Paramter)1의 Frame Counter는 하나의 메시지 내에서 이 프레임이 몇 번째 프레임인지를 나타내고, CP2의 Sequence Number는 각 메시지들 사이의 혼동을 막아주는 역할을 한다.

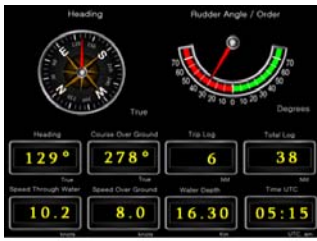
수신된 메시지는 Distance Log 메시지이며, 가장 최근 2008년 1월 1일, 오전 9시까지 항해를 했고, 지금까지 총 항해거리는 200km, 리셋 시점으로부터 항해거리는 150km 라는 정보를 가지고 있다.

4.3 모니터링 시스템의 구현

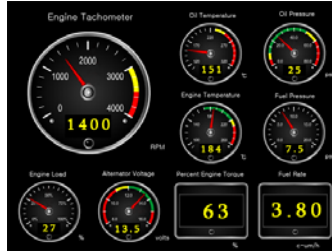
일반적으로 화면 출력함수를 사용할 경우 모니터

에 직접 출력을 하기 때문에 점을 하나만 출력하더라도 출력 할 때 마다 모니터의 변화가 일어난다. 만약 여러 개의 점을 출력한다면 화면에 계속적으로 변화가 일어나서 화면이 깜빡이게 된다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 가장 좋은 방법은 더블 버퍼링(double buffering)이다. 더블 버퍼링이란, 버퍼를 두 개(또는 그 이상) 사용하는 방식인데 화면에 보여줄 버퍼와 내부 계산에 사용할 버퍼를 따로 유지한다. 내부 버퍼에 미리 그림을 그린 후 화면 버퍼로 고속 전송하며 그리는 중간 과정을 숨겨진 내부 버퍼에서 처리함으로써 사용자는 최종 결과만 보도록 하는 기법이다.

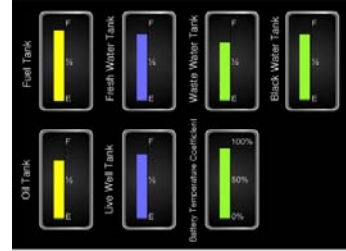
내부 버퍼에서 일어나는 일은 사용자에게 보이지 않기 때문에 그림이 아무리 복잡해도, 화면을 다 지운 후 다시 그리더라도 깜박임을 전혀 감지할 수가 없다. 뿐만 아니라 그리는 순서에 따라 이미지의 수직적인 아래 위를 지정할 수 있으며 여러 개의 이미지를 동시에 움직이는 것도 아주 부드럽게 처리할 수 있다.



(a) Navigation



(b) Engines



(c) Tanks



(d) Weather Information



(e) Zoom In

Fig. 9 Implementation of Vessel Monitoring System display

본 시스템에서는 정보를 실시간으로 사용자에게 제공하기 위하여 주기적으로 화면을 갱신함으로써 생기는 화면 깜빡임 문제를 더블버퍼링을 이용하여 해결하였다. Fig. 9는 선박 모니터링 시스템의 구현된 모습이다.

령을 받아들이는 Linux 기반의 임베디드 시스템을 구현하였다. 향후 선박의 종류와 크기 등에 따라 다양한 종류의 모니터링 시스템을 구현할 수 있는 표준화된 라이브러리, H/W 플랫폼 등에 대한 체계적인 연구가 필요할 것이다.

5. 결 론

본 논문에서는 NMEA2000 프로토콜 기반 장비를 이용하는 슈퍼요트 등의 소형 선박에서 항행, 기관, 각종 탱크, 그리고 기상정보를 하나의 사용자 인터페이스를 통해 제공하는 모니터링 시스템을 설계, 구현하였다. RS-232, RS-485, 혹은 NMEA0183등과 같은 기존의 직렬 통신 방식을 이용한 통신 시스템에서 다양한 정보를 하나의 노드에서 수집하기 위해서는 여러 개의 직렬 통신망을 이용해야 가능했으나, 버스타입인 NMEA2000을 이용하면 간단한 하나의 직렬 버스로 정보의 수집관리가 가능하였다. 본 연구에서는 NMEA2000 통신망이 갖추어졌다고 가정하고, 수신된 NMEA2000 PGN을 분석하여 그래픽 디스플레이에 제공하는 한편, 터치스크린을 통해 사용자의 명

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2008-F-046-01, E-Navigation 대응 IT-선박 융합핵심기술 개발].
This work was supported by the IT R&D program of MKE/IITA. [2008-F-046-01, Development of Core Technology of E-Navigation for IT Ship].

참고문헌

[1] 차세대 IT 선박 융합 기술센터, "NMEA 2000 SoC 개발 1차년도 기술 보고서", 한국해양대학교, 차세대 IT 선박 융합 기술센터, 2009. 1.
[2] NMEA, "NMEA2000 standard for serial-data networking of marine

electronic devices”, ver 1.2, Sept. 2004.

- [3] 백인기, “세계의 슈퍼요트산업 동향”, 해양수산 동향, 제 1260호, pp. 2, 2008.
- [4] Peter Marsh, “Yacht industry steers well clear of any eastward drift”, Financial Times, 2007.
- [5] N. Griffin, “NMEA 2000, Coming On Strong”, Marine Electronics Journal. Vol. 31, pp. 31-33, November/December 2008.
- [6] (주)한백전자 기술연구소, “Getting Started with HBE-EMPOSII”, (주)한백전자, 2004.
- [7] 신영석/김기형/송해상/안광선, “Intel PXA255를 이용한 임베디드 리눅스 실험 실습”, 사이텍 미디어, 2004.



신옥근(辛沃根)

1981년 서강대학교 전자공학과 졸업, 1983년 부산대학교 전자공학과 (공학석사), 1989년 프랑스 Université de Franche-Comté (공학박사), 1983년 - 1995년 한국전자통신연구소 선임연구원, 1995년 - 현재, 한국해양대학교 컴퓨터제어전자통신공학부 교수. 관심분야는 임베디드 시스템, 신호처리, 음성신호처리, 음성인식.

저 자 소 개



이창의(李昌義)

2009년 한국해양대학교 컴퓨터정보공학과 재학, 2009년 대양전기공업주식회사 기술연구소 재직.



김달용(金達龍)

2009년 한국해양대학교 컴퓨터정보공학과 재학.



유영호(劉永昊)

1974년 한국해양대학교 기관공학과 졸업, 1986년 한국해양대학교대학원 제어공학전공(공학석사), 1990년 한국해양대학교 대학원 제어공학전공(공학박사), 1974-1978 승선근무(기관장), 1978-1980 (한국선급협회 기관검사원), 1991년-현재 한국해양대학교 IT공학부교수, 관심분야 선박표준네트워크, e-Navigation 시스템, 조선기자재 임베디드시스템화