

## 선박엔진성능분석용 웹기반 장기모니터링시스템 구현

권혁주<sup>1</sup> · 양현숙<sup>2</sup> · 김민권<sup>3</sup> · 이성근<sup>†</sup>

(Received February 24, 2015 ; Revised March 17, 2015 ; Accepted March 25, 2015)

### Long-term Monitoring System for Ship's Engine Performance Analysis Based on the Web

Hyuk-joo Kwon<sup>1</sup> · Hyun-Suk Yang<sup>2</sup> · Min-kwon Kim<sup>3</sup> · Sung-Geun Lee<sup>†</sup>

**요약:** 본 논문에서는 엔진유지관리 개선을 위해 Web 기반 선박엔진성능분석용 장기모니터링시스템을 구현하고자 한다. 이 시스템은 시뮬레이터, 다채널 A/D 변환기가 내장된 감시모듈, 모니터링 컴퓨터, 네트워크저장기(NAS), RS485 및 무선 인터넷 통신시스템으로 구성된다. 기존 제품은 각 엔진마다 압력센서를 설치하고 이를 감시모듈에서 실시간으로 계측한 후 통신에 의해 현장 제어실 PC나 Web 상에서 모니터링이 가능하지만 많은 샘플링 압력데이터 용량으로 인해 통신전송 속도가 느려지고, 장기모니터링에 오류가 발생할 수 있다. 이와 같은 문제점을 개선하기 위하여 본 논문에서는 각 실린더별 압력센서에서 받은 원본 압력데이터는 NAS에 저장하고, 원본 압력데이터를 구간별 다운샘플링을 하여 제어실에서 장기모니터링하고, Web에서의 장기모니터링을 위하여 다운샘플 데이터를 무선전송 한다. 제안한 방식에서는 전송량을 1/10로 하였으므로 작은 용량을 가진 메모리를 사용할 수 있고, 빠른 통신속도를 유지할 수 있어 통신비용이 절감되며, 화면전체에 약 30일간의 장기모니터링이 가능하여 엔진의 유지관리에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 사료된다.

**주제어:** 선박엔진성능분석, 장기모니터링시스템, 네트워크저장기, 다운샘플링

**Abstract:** This paper implements a long-term monitoring system (LMS) for ship's engine performance analysis (SEPA) based on the web, for the purpose of the communication speed and engine maintenance. This system is composed of a simulator, monitoring module with a multi channel A/D converter, monitoring computer, network attached storage (NAS), RS485 serial and wireless internet communication system. The existing products monitor the information transmitted from pressure sensors installed in the upper parts of each of engines in the local or web computer, but have a delay in the communication speed and errors in long-term monitoring due to the large volume of sampling pressure data. To improve these problems, the monitoring computer saves the sampling pressure data received from the pressure sensors in NAS, monitors the long-term sampling data generated by the sectional down sampling method on a local computer, and transmits them to the web for long-term monitoring. Because this method has one tenth of the original sampling data, it will use memory with small capacity, save communication cost, monitor the long-term sampling data for 30 days, and as a result, make a great contribution to engine maintenance.

**Keywords :** Ship's engine performance analysis, Long-term monitoring system, Network attached storage, Down sampling

## 1. 서론

2011년부터 한국통신(KT) 위성사업단에서는 인말 세트를 이용한 선박이동통신(MVSAT System)을 통해 인터넷, 전화, 팩스를 지원하는 사업을 수행하고 있어 선박에서는 인터넷을 이용한 각종 항해장치의 통합관리는 물론 원격 유지보수도 가능하다.

이 기술은 엔진 등 선박 안의 각종 항해장치 상태를 통합관리하고 육상의 해운사, 선박관리업체들의 실시간 모니

터링과 효율적인 선박의 유지보수 뿐 만 아니라 선박 내 안전 관리 시스템들도 원격으로 실시간 모니터링과 유지보수가 가능하다[1].

또한, 선박에서는 주 엔진의 연소상태를 계속적으로 파악하는 것이 중요하다. 엔진의 연소상태를 알기 위해서는 실린더 내부의 압력을 실시간으로 측정하여 해당 디젤기관의 1 행정 동작에 맞는 압력이 나타나는지를 분석하여 엔진 내부와 외부에 있는 장치들의 이상 유무를 진단하게 된다[2].

† Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2493-3916>): Division of Electrical and Electronics Engineering, Korea Maritime and Ocean University, 727, Taejong-ro, Yeongdo-gu, Busan 606-791, Korea, E-mail: [sglee48@kmou.ac.kr](mailto:sglee48@kmou.ac.kr), Tel: 051-410-4821

1 Electrical and Electronics Engineering, Korea Maritime and Ocean University, E-mail: [khj586@naver.com](mailto:khj586@naver.com), Tel: 051-410-4891

2 Electrical and Electronics Engineering, Korea Maritime and Ocean University, E-mail: [saharian4@naver.com](mailto:saharian4@naver.com), Tel: 051-410-5079

3 Electrical and Electronics Engineering, Korea Maritime and Ocean University, E-mail: [rlaakdrndl@naver.com](mailto:rlaakdrndl@naver.com), Tel: 051-410-5079

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.

이러한 기능을 가진 장비가 엔진성능분석기이며[3], 이 장비는 주 엔진 내부의 압력을 현장에서 직접 측정하거나 원거리에 있는 제어실의 PC에서 모니터링 화면을 통해 연소상태나 피스톤의 상태 및 축계의 토크 불평형력 등을 추정할 수가 있어 예방정비를 효율적으로 할 수가 있다.

기존의 엔진성능분석기로는 MAN B&W에서 개발한 고가의 PMI(Pressure measurements and instruments) 시스템이 있으며, 이는 엔진 내부뿐 만 아니라 주변의 다양한 기기들의 진단과 AMS(Alarm monitoring system)까지 수행하는 EDS(Engine Diagnostics system) 소프트웨어를 갖추고 있다.

또한 국산으로는 (주)펜타텍에서 개발하였던 수동식 MIP 시리즈와 현재 개발 완료 상태에 있는 저가형 원격제어 엔진성능분석기가 있다[4].

선박엔진성능분석기의 초기 제품은 수동으로 각 기통마다 압력을 측정하여 눈으로 이상 유무를 확인하였고, 그 이후에는 유선통신에 의한 원격 모니터링식이 개발되었으며, 현재는 무선통신 원격 모니터링이 개발되고 있다.

이들 제품들은 현장에 있는 제어실이나 원거리에서 모니터링이 가능하지만 엔진의 수가 많아지고, 보다 정밀한 계측을 위하여 샘플링 수가 많아지면 통신으로 보내는 데이터의 양이 많아져서 통신 에러의 발생과 전송속도의 지연이 발생하고, 데이터 저장 공간을 늘려야 하며, 저장된 각 실린더별 압력 데이터의 인출에 문제가 발생하여 정확한 데이터를 화면에서 볼 수 없어 엔진의 유지관리가 어려워진다.

또한, 통신전송이 지연되면 다른 통신 시스템에 악영향을 주게 되고, 상대적으로 인터넷 사용량이 증가하게 되어 통신비용을 더 많이 부담해야 하는 문제점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 통신전송 지연의 문제점을 해소하고 엔진유지관리에 편리한 선박엔진성능분석기의 웹기반 장기모니터링 시스템을 구현하고자 한다. 구성요소로서는 시뮬레이터, 엔진감시모듈, 모니터링 컴퓨터, 네트워크 결합 저장기(Network attached storage, NAS), 무선통신 인터넷 시스템 등이 필요하다.

시뮬레이터는 프로그래밍에 의해 엔진 실린더내의 압력을 만들어내는 것이고, 감시모듈은 각 엔진마다 부착된 A/D 컨버터로부터 받은 샘플링 압력데이터를 모니터링 PC로 보내는 역할을 한다. 또한, 모니터링 PC는 샘플링 압력데이터를 원본 그대로 NAS에 저장하면서 다운 샘플링을 거쳐 모니터링 컴퓨터에 장기모니터링을 하는 동시에 웹으로 무선송신 하게 된다.

## 2. 웹기반 SEPA용 LMS 구현

### 2.1 전체 시스템 구성

시스템의 전체 구성은 Figure 1과 같다.

선박엔진의 실린더에서 출력되는 압력을 센서를 이용하여 검출하고, 이를 연산 및 직렬통신이 가능한 감시모듈에서 처리한 후 모니터링 PC에서 원본 압력데이터를 NAS에

저장해두고 다운샘플링 과정을 거친 후 현장에서 모니터링을 함은 물론 모니터링 및 웹으로 무선전송을 한다.

선박엔진에서 출력되는 압력데이터 검출은 육상에서나 선박운항 중에는 계측이 어려운 점을 감안하여 실제로 업체에서 사용하고 있는 이상적인 압력선도에 맞는 데이터를 실험에 사용할 수 있도록 AVR 마이크로프로세서를 이용하여 시뮬레이터를 제작하였다.

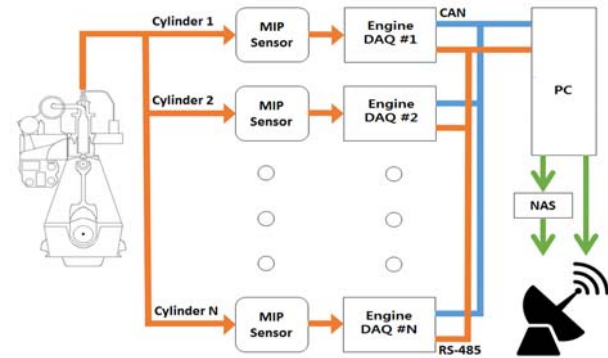


Figure 1: Configuration of LMS for SEPA

### 2.2 계측 및 다운샘플링

Figure 2는 시뮬레이터에서 출력되는 엔진의 압력을 측정하고 연산하여 RS 485 직렬통신에 의해 원본 압력데이터를 모니터링 컴퓨터로 전송하는 계측시스템을 나타내고 있다.

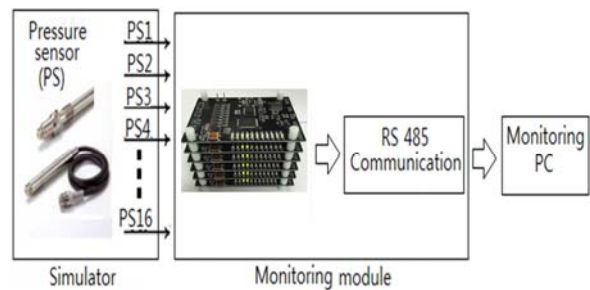


Figure 2: Configuration of the measurement system

선박엔진의 압력을 측정하는 방법 중에는 압력센서의 각각에 마이크로프로세서를 설치하여 각 기통마다 원본 압력데이터를 감시모듈(Monitoring module)에서 모으는 방법이 있는데, 본 논문에서는 여러 개의 압력센서를 통해 들어오는 압력신호들을 하나의 마이크로프로세서로 계측·연산 및 통신을 수행하도록 구성한다[3][5].

이와 같은 방법을 이용하면 실린더 당 한 개의 감시모듈이 사용되어 엔진 형식별로 별도의 제품이 필요 없으며, 하나의 실린더에서 출력되는 다량의 데이터를 한 개의 감시모듈이 처리할 수 있어 정밀한 측정을 할 수 있다는 점과 연산량의 감소로 저가형 마이크로프로세서를 사용할 수 있다는 점이 장점이다.

각 실린더 별 설치된 압력센서는 각각의 실린더에 장착

된 계측 모듈로 연결 되고, 계측모듈은 0.1°에 한번 씩 측정된 압력데이터를 RS-485 통신으로 모니터링 PC와 연결된다. 감시모듈은 RS-485 및 CAN통신을 통해 데이터 출력이 가능하도록 하였으며, 디버깅을 위해 RS-232 통신 기능도 준비하였다. H/W는 저가형 8비트 마이크로프로세서인 Atmel사의 Atmega2560을 이용하여 계측 모듈을 직접 제작하였으며 스마트폰과 태블릿 PC에서 확인이 가능하도록 하였다[6]-[8].

Figure 3는 선박엔진의 피스톤 1 행정 내에 계측된 실린더 내의 압력선도에 대해서 추출된 표본화주파수를 구간별로 샘플링율(여기서는 ‘M’ 인)을 조정하여 다운샘플링하는 과정을 나타낸 것이며, 본 논문에서 사용하는 방법이다[9].

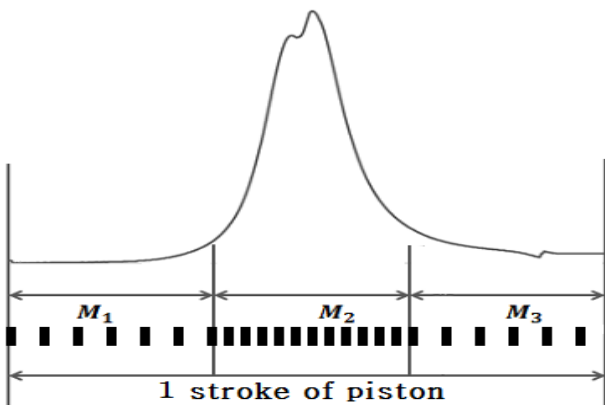


Figure 3: Sectional down sampling of the engine pressure

엔진의 회전각이 0.1°에 한번 씩 압력데이터를 계측하면 1회전(360°)하면 약 3600개의 데이터가 계측이 되고 3600개의 데이터를 계속 수신할 경우 장기적으로 엔진압력을 분석하기 위한 데이터를 확인하고자 할 때 모니터링 PC에 메모리 대량 사용에 의한 부하가 크게 걸려서 데이터 취득에도 문제가 될 수 있기 때문에 본 논문에서는 데이터의 선형성을 유지한 채 데이터 개수를 줄이기 위한 다운샘플링을 수행하였다[9][10].

선박엔진의 압력선도는 피스톤이 실린더의 맨 위 지점, 즉 실린더의 상사점인 TDC(Top dead center) 근처에서 주요 특성이 나타나는 점을 감안하여 다운샘플링을 수행할 때 TDC 근처의 데이터는 최대한 보존하고 압력의 상승/하강 부분 등의 나머지 부분은 구간별로 다운샘플링을 수행한다.

Figure 3에서 1 행정(stroke)에서 받아들이는 총 압력데이터 수는 3600개이고, 압력데이터가 1~1200번까지의 구간인  $M_1$ 과 2401~3600번까지인  $M_3$  구간은 샘플링율 M을 100으로 하고, 압력데이터가 1201~2400번까지의 구간인  $M_2$  구간에서는 M을 20으로 하였다.

전 행정을 모두 다운샘플링 하였으며, 실린더 내에서 압축압력과 폭발압력이 존재하는 구간인  $M_2$  구간에서 가장 작은 M으로 하고, 나머지 두 구간은 상대적으로 큰 M으로 선정하였다.

## 2.3 Web 기반 장기모니터링

### 2.3.1 시스템 구성

Figure 4는 Web 기반의 장기모니터링시스템 구현을 위한 블록도이다.

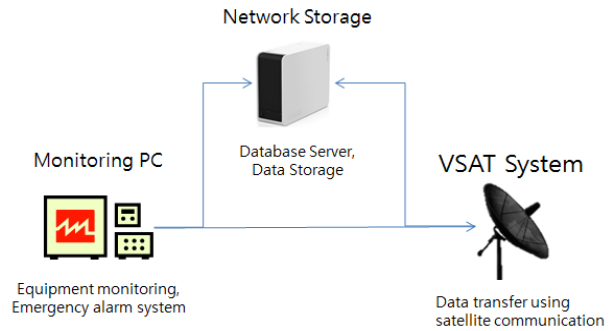


Figure 4: Block diagram for the LMS based on the web

모니터링 PC는 데이터의 저장과 웹상에서의 데이터 모니터링과 제어를 위해 사용된다. 모니터링 PC의 부하를 줄이고자 계측된 데이터를 네트워크를 통해 NAS에 저장하고, 모니터링 중 육상에서 데이터 원본이 필요한 경우 저장된 데이터를 NAS에서 취득 가능하도록 데이터 저장소와 웹기반 모니터링 시스템을 분리하여 관리하도록 구성하였다.

데이터 저장소와 모니터링 홈페이지를 분리 관리하여 웹을 이용하여 장소에 상관없는 모니터링은 가능하나 원본 데이터에 대한 관리부분의 효율성을 높였다.

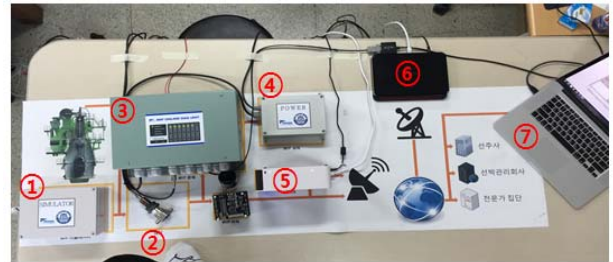


Figure 5: Experimental devices for LMS

Figure 5은 엔진 성능분석기의 웹기반 장기모니터링 실험 장치이다. 엔진시뮬레이터(1), 엔진 성능 측정을 위한 압력 센서와 엔코더(2), 엔진 성능 분석기(3), 전원공급장치(4)와 외부 데이터 저장을 위한 NAS(5)로 구성되어 있다. 또 실 내에서 위성 통신을 모사하기 위해 공유기(6)를 사용하였으며 모니터링 PC(7)가 모니터링 PC와 웹서버 기능을 함께 수행하도록 구성하였다.

### 2.3.2 Software 구성

Figure 6는 모니터링 PC의 프로그램 순서도이다. 계측시 연속적으로 들어오는 데이터를 데이터 ID(실린더명)에 맞게 모니터링 PC에서 배열로 저장하고 저장된 데이터는 원

본데이터로 저장 후 다운샘플링을 실시하여 데이터 용량을 감소시킨다. 용량이 적어진 데이터는 웹기반 모니터링 화면으로 전송되어 그래프로 표시된다.

원본데이터는 NAS를 통해 저장되어 선박 내 또는 육상에서 다운로드가 가능하게 구성하였다.

송수신 명령어는 PC 모니터링 프로그램에서 사용자가 설정한 간격으로 엔진성능 데이터를 불러오는 사이에 장비의 응답상태 점검에 사용하도록 하였으며, 5초간 대기하다가 장비에서 송신데이터가 전달되지 않으면 계측모듈의 상태를 고장으로 판단할 수 있도록 송수신 알고리즘 루틴을 반복하도록 한다.

Figure 7은 30일간의 데이터를 하나의 화면에 나타내어 엔진상태의 장기적인 경향을 추정하여 운전관리 및 예방정비를 목적으로 하는 장기모니터링의 순서도를 나타낸 것이다. 모니터링의 경우 각각의 원본 데이터 배열에 평균값을 산출하여 매시간, 매일 마다 평균 데이터를 출력하고 해당 데이터를 저장한 후 장기 모니터링 화면에 출력하도록 구성하였다.

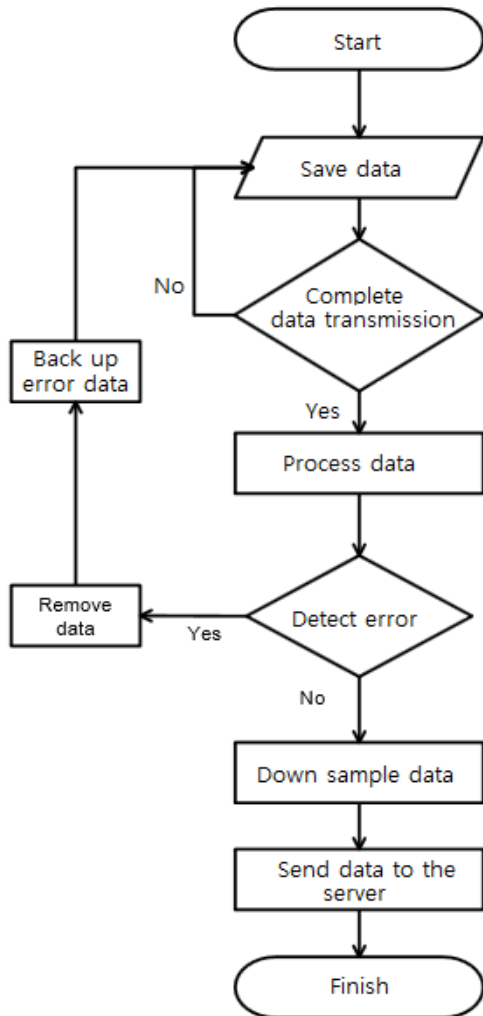


Figure 6: Flowchart for the monitoring program

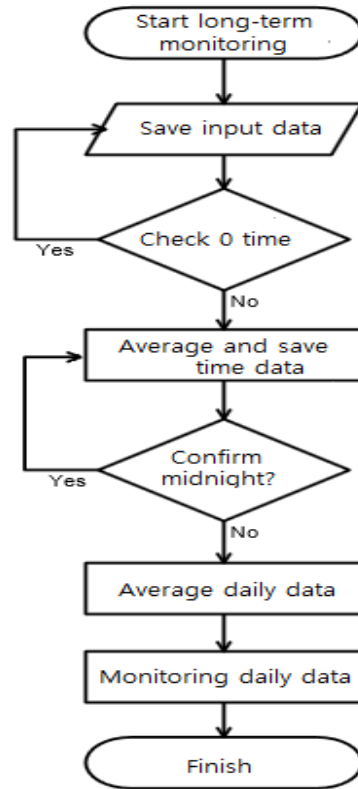


Figure 7: Flowchart for long-term monitoring

### 3. 실험 및 고찰

Figure 8은 선내 제어실과 웹상에서의 모니터링 화면들이다.

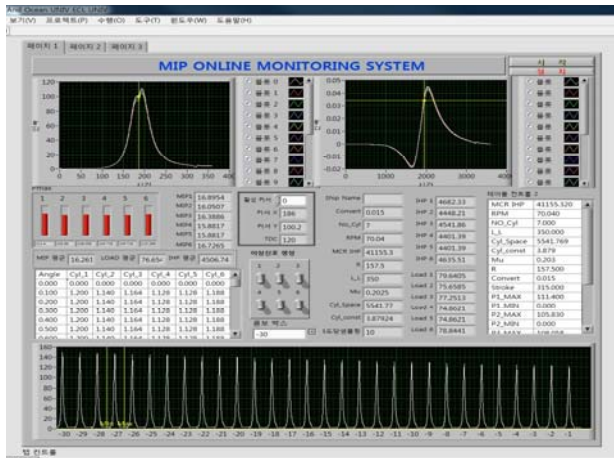
상단의 엔진 압력선도와 엔진 압력 기울기 그래프는 데이터 값이 공급한 부분을 찍으면 확인이 가능하도록 커서 기능을 추가하여 해당 좌표의 값을 손쉽게 읽을 수 있도록 하였으며 커서 위치의 실린더별 좌표의 값은 그래프 하단의 사각 케이스 안에 표시가 되도록 하였다.

또한 엔진의 압력을 통해 계산이 가능한 지시마력, 도시 출력, 공급에너지 출력 등 엔진의 관리에 필요한 각종의 데이터들을 표시하였고, 엔진의 시동 중에 계속 변경되는 최대 및 최소 압력 값을 따로 표시하여 기관사의 모니터링 효율을 높이고자 노력하였으며, 효율적인 운전관리를 위해서 화면 맨 아래에는 30일간의 압력선도들을 반복해서 화면에 표시하였다. 평소 장기모니터링의 경향을 추적 관찰하면서 갑자기 엔진 압력이 떨어진다는지, 아니면 떨어지다가 다시 크게 올라간다는지 하는 등의 운전관리를 철저히 분석하고 이상이 감지되면 미리 그 대책을 강구하도록 해야 한다.

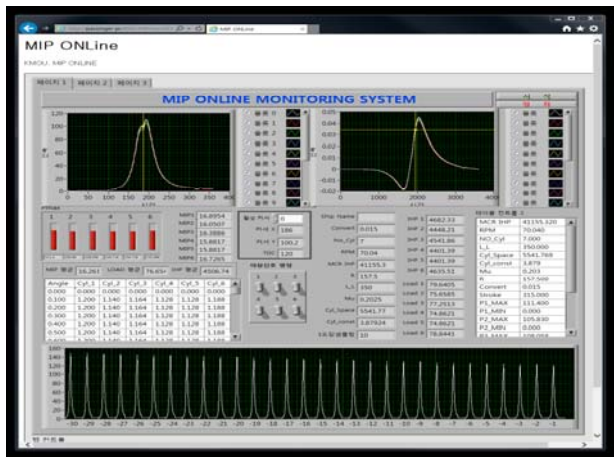
Figure 8 (b)는 Figure 8 (a)와 동일한 화면 구성을 웹에서 확인하기 위한 방법이고, 내셔널 인스트루먼트사의 LABVIEW에서 사용되는 웹 출판도구를 사용하여 제작 하였으며, 모니터링 PC가 웹 서버의 역할을 하였다.

육상에서 전문가의 선박 모니터링 화면 확인 중 압력 값의 이상 판단을 할 경우 기관사를 통해 압력을 재확인 가

능하도록 실린더 별 이상 신호 발생 버튼을 활성화 하였다.



(a) Monitor screen on monitoring PC



(b) Monitor screen based on the web

Figure 8: Monitor screen

Figure 9은 다운샘플링 실행전(좌측 그림)과 실행후(우측 그림)의 데이터를 표시한 화면이다. 양쪽 모두 최고압력 근처에서 확대한 파형을 동시에 보여주고 있으며, 실행 전과 후의 모습이 거의 차이가 없음을 알 수 있다.

Figure 10은 NetWorx라는 툴을 이용하여 본 논문에서 제작한 장치의 네트워크 사용량을 알아본 것이다. 다운샘플링을 하지 않은 경우(그림 (A))와 다운샘플링 후 웹기반 익스플로어에서 사용한 경우(그림 (B))를 비교한 것으로서 다운샘플링을 하지 않은 경우에는 최대전송량이 4.4Kb/s, 평균전송량은 1.2Kb/s인 반면에 다운샘플링을 한 경우에는 최대전송량이 1.2Kb/s, 평균전송량은 500b/s로 나타나고 있어 다운샘플링의 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 평균값으로 약 41.8% 사용량만을 보이고 있음을 알 수 있다. KT의 선박전용 인말세트(MVSAT) 서비스의 최대 속도가 61.5Kb/s인 것을 감안하면 최대값 기준으로 통신량이 4.7%에서 2.9%로 감소시킬 수 있는 효과를 얻게 된 셈이다.

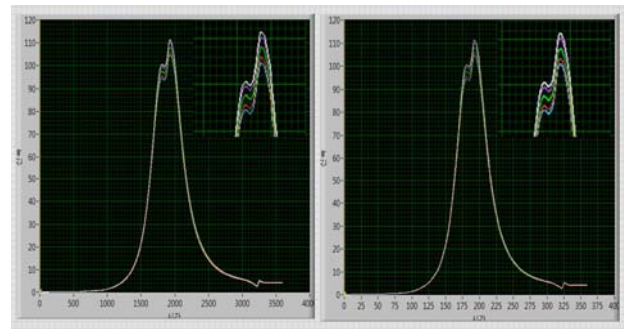


Figure 9: Graph of original and down sampling

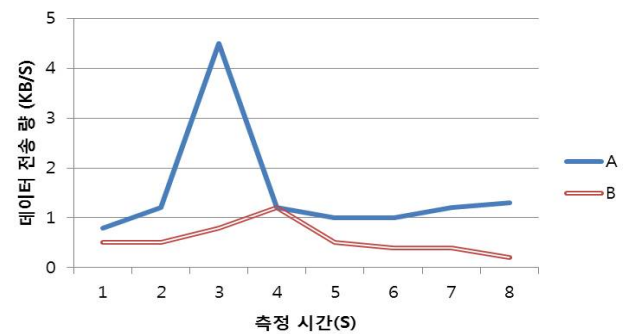


Figure 10: Comparison of the transmission of the original and down sampling network of the proposed method

#### 4. 결 론

본 논문에서는 다운샘플링에 의한 통신속도를 증가시켜서 엔진유지관리에 편리한 선박엔진성능분석기의 웹기반 장기모니터링 시스템을 구현한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 하나의 화면에 장기간의 이력을 관리해 주는 화면이 없는 기존 제품의 결점을 보완하기 위하여 원본 압력데이터는 NAS에 저장해 두고, 1/10의 다운샘플링 과정을 통해 제어실 또는 web으로 데이터를 전송하였다. 없는 기존 제품의 결점을 보완하기 위하여 원본 압력데이터는 NAS에 저장해 두고, 1/10의 다운샘플링 과정을 통해 제어실 또는 web으로 데이터를 전송하였다.

2) 위와 같은 데이터 전송에 의해 하나의 화면에 엔진 및 주변기기의 이상 유무를 파악할 수 있는 화면뿐 만 아니라 약 30일간의 압력데이터를 보여줄 수 있어 신속한 엔진유지관리가 가능함을 보여 주었다.

또한, NAS에 원본 압력데이터를 저장함으로써 선주 또는 엔지니어들이 해당 엔진의 이력관리가 쉽고, 처음 승선하는 엔지니어들의 엔진운전에 기여할 것으로 사료된다.

3) 다운샘플링의 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 평균값으로 약 41.8% 사용량만을 보이고 있기 때문에 데이터 전송 속도의 증가로 인한 위성통신요금을 줄일 수 가 있고, 과도한 데이터 전송으로 인한 모니터링 오류를 감소시킬 수 있으며, 타 통신체계에 악영향을 방지할 것으로 사료된다.

## References

- [1] S. M. Jeon, Y. O. Cho, B. M. Kim, C. H. Kim, J. Y. Park, J. Y. chu, S. R. Lee, "Intelligent energy management system for smart ship," *Information & Communications Magazine Summer*, pp. 209-210, 2013 (in Korean).
- [2] K. W. Kim, H. S. Yang, H. J. Lim, J. G. Choi, S. G. Lee, and Y. S. Kim, "Improvement of signal transmission method of ship's engine performance analyzer (SEPA) using PLM," *Proceedings of the Korean Society of Marine Engineers Conference*, pp. 54-55, 2005 (in Korean).
- [3] H. S. Yang, H. J. Kwon, K. D. Park, M. K. Kim, and S. G. Lee, "Development of simulator for ship's engine performance analyzer using LabView," *Proceedings of the Korean Society of Marine Engineers Joint Conference*, pp. 321, 2014 (in Korean).
- [4] Y. G. Kwon, M. Y. Park, H. S. Yang, Y. S. Kim, and S. G. Lee, "Development of diesel engine performance analyzer (MIP2000)," *Proceedings of the Korean Society of Marine Engineers Joint Conference*, pp. 243-245, 2008 (in Korean).
- [5] H. S. Yang, H. J. Kwon, K. D. Park, Y. S. Kim, and S. G. Lee, "Development of real-time condition module and monitoring system for ship's engine performance analyzer," *Proceedings of the Korean Society of Marine Engineers Joint Conference*, pp. 320, 2014 (in Korean).
- [6] Arduino Reference Manual, <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMegaADK>, Accessed August 25, 2014.
- [7] Michael Margolis, *Arduino Cookbook Second Edition*, O'Reilly Media, 2011.
- [8] K. O. Kim, K. W. Park, J. C. Kim, M. S. Jang, and E. K. Kim, "Establishment of web-based remote monitoring system for greenhouse environment," *Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 1, pp. 77-83, 2011 (in Korean).
- [9] Y. G. Lee, *Biosignal Measurement using Personal Area Network based on Human Body Communication*, Master of Engineering. Dissertation, Department of Electronics Science, Seoul National University of Science and Technology, Korea, 2013 (in Korean).
- [10] H. H. Au and S. Y. Kim, "Sigma delta decimation filter design for high resolution audio based on low power techniques," *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, vol. 49, no. 11, pp. 141-148, 2012 (in Korean).