

## 조선소 작업자를 위한 스마트 안전모의 커넥티비티 검증 및 소음저감 분석

박준혁<sup>1</sup>, 허준영<sup>1</sup>, 이상복<sup>2</sup>, 박재문<sup>2</sup>, 박준수<sup>3</sup>, 이광국<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>경남대학교 대학원 메카트로닉스공학과, <sup>2</sup>(주)오에스랩 <sup>3</sup>경남대학교 조선해양시스템공학과

### Connectivity Verification and Noise Reduction Analysis of Smart Safety Helmet for Shipyard Worker

Junhyeok Park<sup>1</sup>, Junyeoung Heo<sup>1</sup>, Sangbok Lee<sup>2</sup>, Jaemun Park<sup>2</sup>, Jun-Soo Park<sup>3</sup>,  
Kwangkook Lee<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechatronics Engineering, Graduate School, Kyungnam University

<sup>2</sup>OSLAB Co., Ltd.

<sup>3</sup>Department of Naval Architecture and Ocean System Engineering, Kyungnam University

**요약** 현재 조선산업 현장의 자동화, 지능화가 가능해져 작업 생산능력과 비용 경쟁력은 향상되었으나, 산업현장 작업자들의 안전사고 감소율은 여전히 저조한 편이며 안전사고로 인한 피해는 매우 심각하므로 현장에 맞게 개선의 필요성이 존재한다. 본 연구에서는 조선소의 작업자 보호 및 환경 안전을 위한 스마트 안전모의 개발과 함께 효율성을 검증하기 위해 실증 구역에서 스마트 안전모 간의 커넥티비티 실증을 목표로 한다. 또한, 작업자 보호 및 안전을 위해 스마트 안전모 착용자 간의 다대다 LTE 통신을 구현하고, 조선소 작업장에서 테스트한 결과를 분석하였다. 작업자 간의 원활한 통신을 위해 작업장에서 발생하는 95dB 이상의 충격 소음을 확인하였고, 이를 개선하기 위해 Butterworth, Chebyshev, elliptic 알고리즘으로 필터링 성능을 비교 분석하였다. 본 연구에서 제안한 스마트 안전모 간의 커넥티비티 테스트와 소음저감 방법은 향후 조선산업의 현장 맞춤형 스마트 안전모 고도화 개발로 활용성 및 현장의 안전성을 증대시켜줄 것이다.

• 주제어 : 스마트 안전모, 조선소 작업장, LTE 통신, 커넥티비티 검증, 소음 저감

**Abstract** Currently, the automation and intelligence of the shipbuilding industry have improved its work production capacity and cost competitiveness, but the reduction rate of safety accidents among industrial site workers is still low and the damage caused by safety accidents is very serious, so there is a need for improvement according to the workplace. This research aims to demonstrate the connectivity between smart safety helmets in the demonstration area to verify the effectiveness along with the development of smart helmets for worker protection and environmental safety in shipyards. For efficient communication between workers, impact noise of over 95dB was confirmed in the workplace, and noise reduction was required. To solve this problem, the filtering performance was compared and analyzed using the Butterworth, Chebyshev, and elliptic algorithms. The connectivity test and noise reduction method between smart helmets proposed in this study will increase the usability and safety of the field through the development of advanced smart helmets tailored to the shipbuilding workplace in the future.

• Key Words : Smart Safety Helmet, Shipyard Workplace, LTE Communication, Connectivity Verification, Noise Reduction

Received 16 March 2022, Revised 24 March 2022, Accepted 26 March

\* Corresponding Author Kwangkook Lee, Department of Naval Architecture and Ocean System Engineering, Kyungnam University, 7 Kyungnamdaehak-ro, Masanhappo-gu, Changwon-si, Gyeongsangnam-do, Korea. E-mail: kklee@kyungnam.ac.kr

## I. 서론

최근 조선산업 현장에 사물인터넷, 인공지능, 머신러닝, 가상현실 등의 4차 산업혁명 기술들의 활용으로 생산 현장의 자동화, 지능화가 가능해져 작업 생산능력과 비용 경쟁력이 향상된다. 일반적으로 안전모는 머리의 상해를 방지하기 위해 착용하는 작업모이지만 ICT 기술과 접목되어 스마트 안전모로 나타나고 있다. 스마트 안전모는 산업 안전 및 건강을 위하여 여러 연구가 진행되고 있으며 특히 고위험 지역의 근로자를 위해 점점 더 혁신적인 솔루션으로 구현되고 있다[1].

그러나 조선 산업현장 내 안전사고는 협착, 추락, 전기, 화재, 화상, 유독물질 등 일반적인 제조업에서 발생할 수 있는 산업재해 유형이 모두 포함되어 나타나고 있으며, 또한, 조선산업의 현장별 작업환경 유형에 대한 변화도 크기 때문에 안전사고는 여전히 빈번하게 발생하고 있으므로 안전사고 예방을 위한 기술개발 및 조치가 적극적으로 이루어져야 하는 상황이다. 산업 현장에서 안전 불감증으로 인한 안전사고 발생 원인으로는 기계, 기구류 등 노후화(10%), 규정 미준수 등 작업자의 인적인 원인(88%) 및 천재지변 등 불가항력적인 원인(2%) 등이 있으며, 보유 전문 인력 부족, 취급시설 보수 공사자의 숙련도 부족, 야간작업, 근로자 과로, 관리자 미션임 등 작업자의 부주의에 따른 안전사고 원인 등이 꾸준히 증가하는 추세이다[2]. 또한, 조선산업 현장에서 ICT/SW 기술과 빅데이터 (IoT 센서, 영상, 음성 데이터) 및 인공지능 기술(공정관리 및 사고 예측, 예방)의 융합 디바이스를 활용한 공정/운항의 생산성 향상, 산업재해 방지, 작업환경 모니터링 및 유지보수 강화를 위한 시스템 지원의 필요성이 요구된다.

본 연구에서는 이러한 문제점과 필요성을 해결하기 위해 스마트 안전모의 개발과 함께 효용성을 검증하기 위해 실증 구역에서 인공지능 기반 안전모 간의 커넥티비티 실증을 목표로 한다. 2장에서는 관련 연구의 문헌 조사를 수행하고, 3장에서는 스마트 안전모의 시제품과 관계 시스템 개발 내용을 설명한다. 4장에서는 스마트 안전모의 커넥티비티 검증 시나리오를 도출하고 조선소 작업장 한 곳을 대상으로 다대다 LTE 통신 결과를 검증한다. 더불어 교신 시 문제가 되는 작업장 환경 소음저감 방안을 제안하고자 한다. 5장은 결론 및 향후 계획에 대해 설명한다.

## II. 관련 연구

안전모는 조선산업 현장에서 작업 중인 작업자를 위협으로부터 보호하기 위한 필수 장비이다. 떨어지는 물체로 인해 발생하는 사고들은 모든 산업 분야에서 공통적인 위험 요소이며 최악의 경우 심한 부상 및 사망을 초래하는 경우도 있었다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 실시간 현장 모니터링 및 정보제공 시스템을 이용한 스마트 안전모를 개발한다. 스마트 안전모에 설치된 카메라 및 각종 센서를 이용하여 작업 현장의 사진과 동영상, 센싱 값을 수집한 후에 무선 네트워크 통신을 통해 현장의 관리자가 작업자의 상태와 현장의 모습을 실시간으로 확인할 수 있다[3-4].

그러기 위해선 조선 산업현장에서 현장 작업자들 간의 원활한 통신과 거동을 자유롭게 할 수 있는 시스템 매립 및 장착형이 되어야 한다. 즉, 스마트 렌즈, 스피커, 전원 모듈, 통신 모듈 등이 헬멧에 매립 또는 장착되어야 한다는 것이다. 또한, 기존에 사용되고 있는 무전기를 대신할 수 있는 LTE 및 Bluetooth 통신 방식으로 변경이 요구되고 있다[5-6]. 또한, 해상과 같이 인원이 적고 고립된 장소에서 작업하는 작업자의 안전을 위해 특화된 산업용 안전모를 제작하기 위해 생체 신호 센서와 가속도 센서, 카메라 센서의 신호를 블루투스 통신과 LTE 통신을 이용하여 무선으로 전송하는 하드웨어 및 소프트웨어 플랫폼을 개발하였다[7].

아울러 조선 산업현장에서 발생하는 소음으로 인해 청력 손실을 겪는 사람들이 많아지고 있다. 그뿐만 아니라 현장에서 사용될 스마트 안전모에서의 마이크와 스피커로 이루어지는 통신에 있어 임펄스성과 가우시안 소음은 대화의 의미 전달에 있어 많은 제약을 주고 있다. 기존의 노이즈 캔슬링(Noise cancelling) 기술은 외부의 모든 소리를 구분 없이 차단하는 것을 목적으로 하여 특정 상황을 알리는 알람, 경적 소리 등의 중요한 소리를 선택적으로 듣지 못한다는 한계가 있다 [8].

또한, 작업자들이 스마트 안전모를 사용할 때 단말기와 같은 별도의 외부장치 없이 데이터 송수신이 가능하여 작업자의 불편함을 감소하고 안전사고가 발생한 때도 능동적으로 대처할 수 있다. 이외에도 안전모에 다양한 기능을 실행시키기 위한 버튼을 배치함으로써 작업자의 편의성을 극대화할 수 있다는 효과가 있

다. 이러한 통신 기능을 활용하여 스마트 안전모를 착용한 작업자의 정보 및 작업자들 간의 통신을 실시간으로 확인하여 사고 발생 시 신속한 대처와 사고 예방이 가능할 수 있도록 연구가 이루어진다.

최근 데이터 통신 기술의 발달은 더 향상된 성능의 하드웨어 시스템이 필요하게 되었고 또한, 휴대용 멀티미디어 기기 시장의 성장은 높은 성능뿐 아니라 낮은 소비 전력에 대한 사양을 요구하게 되었다[7]. 또한, 아날로그 신호와 디지털 신호 사이의 변환 작업 또는 디지털 펄스 신호처리에 필요로 하는 적합한 형태로 파형을 등화 하거나 변형시키는 등의 동작을 수행하게 된다. 이 때문에 필터의 중요성이 강조되고 있다[8].

다양한 필터링 기법 중 원하는 정보를 증폭시키거나, 유지하면서 원치 않는 정보에 대해서는 감쇄 또는 제거하는 역할을 하는 IIR(Infinite Impulse Response) 필터(analog filter)가 있었고, Butterworth filter와 Chebyshev filter의 장점을 합쳐놓은 필터를 구현하려는 연구사례도 있었다. 그뿐만 아니라 Chebyshev와 elliptic filter의 조합으로 통과대역은 평탄하고 천이대역의 경사도는 급격하게 만드는 연구도 진행되었다[9].

본 논문에서는 스마트 안전모의 커넥티비티 검증을 위해 테스트 시나리오 도출하고, 통신 검증을 위해 조선소 작업장 한 곳에서 다대다 LTE 통신 결과를 분석하며, 교신 시 문제가 되는 작업장 환경 소음저감 방안을 제안하고자 한다. 환경 소음저감에 가장 많이 쓰이는 IIR 필터인 Butterworth filter, Chebyshev filter, elliptic filter의 임펄스성 잡음 제거 결과를 분석한다. 가장 완벽한 필터는 천이대역의 기울기가 수직인, 통과시키고 싶은 부분의 주파수 요소만 통과시키는 필터이지만 위의 세 가지 필터는 각각 통과대역(pass band), 천이대역(transition band), 정지대역(stop band)의 특성이 달라서 실제 현장에서 녹음된 음성 파일로 필터링을 진행하여 결과를 비교 분석한다.

### III. 스마트 안전모와 관제시스템 개발

#### 3.1 스마트 안전모 시제품 설계 및 개발

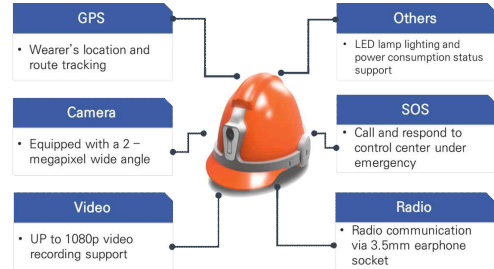


Fig. 1. Smart safety helmet prototype

본 연구를 통해 개발된 스마트 안전모의 주요 기능은 카메라, 무전 기능, GPS(Global Positioning System), SOS, 동영상, LED 램프 조명, 기타로 분류하고 주요 기능 중심으로 설계 및 개발하였다. 스마트 안전모의 배치를 보면 정면에 카메라, 배터리 상태 표시등, LED 램프를 배치하였고, 해당 기능을 제어하는 메인보드는 안전모 내부에 매립하였다.

후면에는 전원 버튼을 두었고, 좌측면에는 영상 촬영용 카메라 버튼과 PTT(Push To Talk)용 버튼을 배치하였다. 우측면에는 LED 램프 버튼과 비상 상황을 알리기 위한 SOS 버튼을 배치하였다[5].

Table 1. Specification of Smart Helmet[5]

Item	Contents
Communication Module	Bluetooth 4.1
	WiFi 2.4 GHz, 5 GHz
	LTE support (SIM Card)
	GPS+IMU
Size	286 mm × 240 mm × 160 mm
Camera	2 mega-pixel, Wide angle
Memory & Storage	2 G memory, 16 G storage
Earphone Socket	3.5 mm Earphon Socket
Head Lamp	LED light
Battery	Standby mode: 24H
	Maximum Usage: 3.5H
	Capacity: 2000 mAh
Charging Time	2 hours (Micro USB)
Weight	500 g

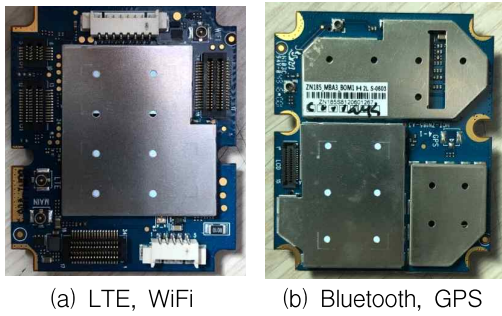


Fig. 2. Communication Module[5]

개발된 스마트 안전모의 상세 사양은 Table 1과 같다. Fig. 2와 같이 통신 모듈로 블루투스 4.1, 와이파이, LTE를 지원하고, 위치정보를 위해 GPS와 IMU(Inertial Measurement Unit) 센서를 탑재한다. 그리고 스마트 안전모 착용자 간의 통신을 위해 3.5mm 이어폰 소켓을 제공하여 작업장에서 무전 기능을 손쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 작업장의 환경에 따라 LTE 통신 및 WiFi 통신을 선택 사용할 수 있고, 블루투스 기능도 지원한다. 아울러 작업자의 안전 확보를 위해 GPS 기능을 활성화할 수 있고, ON/OFF 선택이 가능하다.

### 3.2 스마트 안전모 관제 시스템 개발

스마트 안전모는 현장에서 LTE 통신을 통해 관제센터와 연결된다. 스마트 안전모의 통신 모듈과 카메라 모듈 등을 이용하여 현장의 영상/음성이 관제센터로 전송되게 되면 Fig. 3과 같은 관제센터 GUI(Graphic User Interface)를 통해 화면으로 확인할 수 있다.

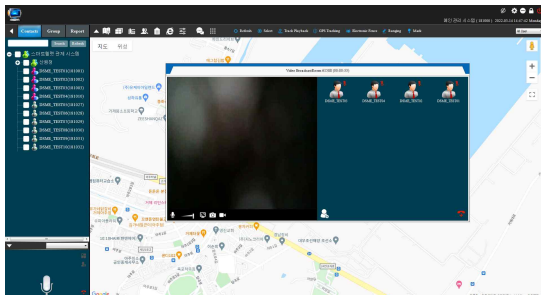


Fig. 3. GUI of Control System

관제센터 GUI의 구성은 좌측에 사용자 리스트를 표현하고, 중앙에 현장 위치 지도와 영상 화면을 배치하였다. 스마트 안전모가 활성화되면 지도에 현장 사용

자의 위치가 표시되고, 현장 사용자를 클릭하게 되면 사용자 ID, 이름, 상태, 위도, 경도, 주소 데이터 등을 관제센터 관리자가 확인할 수 있다. 또한, 관제센터 관리자는 관제센터에서 현장 사용자에게 영상/음성 통화 요청과 통화 중지 요청, 메시지를 송/수신할 수 있고, GPS 셋업도 가능하다. 이러한 기능들을 통해 작업 현장에 대한 실시간 모니터링이 가능하게 된다.

## IV. 스마트 안전모 커넥티비티 검증 및 분석

### 4.1 스마트 안전모 테스트 시나리오

실증대상 조선소와 실증 테스트베드 선정 배경은 선박 건조 시 블록 조립공정, 선체의장 공정, 기관부 시운전 공정 및 밀폐구역 작업의 경우 전체 선박 건조 공정의 80% 이상을 차지하기 때문이다. 더불어 실증대상으로 선정된 공정은 선박 건조에 필요한 옥내/옥외 공정, 선체 내부 밀폐구역까지 아우르고 있어 실증 후 전 공정으로 확장할 수 있다.

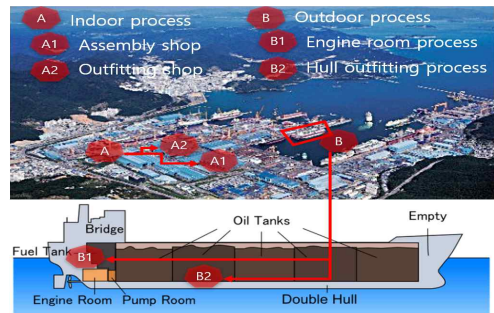


Fig. 4. Connectivity verification scenario

Fig. 4와 같이 실증 테스트베드 공정 중 판넬 블록 공정(A1)에서는 공정현황 모니터링·회의·점검 시 안전모 간의 다대다 통신을 구현하고 공장 내 운용 가능한 LTE 기반 스마트 안전모 커넥티비티를 실증하며, 선체의장 공정(A2)과 엔진룸 의장공정(B1)에서는 머신러닝 기반 설계도면 대비 작업 진행현황을 모니터링한다. 또한, 밀폐구역(B2 : Cargo Tank or Ballast Tank)에서 작업 시, 생체신호 센서 내장 후 체온, 맥박 등 상시 모니터링 및 온도, CO, CO2 등 임계치 초과 시 알람 제공이 중요한 지표이므로 작업 안전 환경 실증을 한다[10-12].

금번 연구에서는 A1 구역에서의 다대다 안전모 간의 LTE 통신 테스트를 선정하였고, 통신 간의 소음측정 결과와 교신 시 작업장의 소음으로 인한 불편함을 해소하는 데 초점을 맞췄다.

#### 4.2 스마트 안전모 간 통신 커넥티비티 검증 및 소음저감 분석

소음저감 기능 구현을 통한 환경소음 제거 및 청각 보호 연구를 위해 D사의 판넬 블록공장에서 필요한 음성 데이터 녹음을 진행하였다. 스마트 안전모 4대와 관제시스템, 소음측정기 2대로 약 40분간 녹음을 진행하였다. 현장에서의 소음은 최소 75dB, 평균 80~85dB을 유지하였으며 해머링 소음, 블록 거치시 충격 소음과 같은 임펄스성 소음은 최대 103dB을 기록하였다. 위에 설명한 임펄스성 소음은 실제로 스마트 안전모를 사용하여 통신할 때 불편함을 초래하였다.

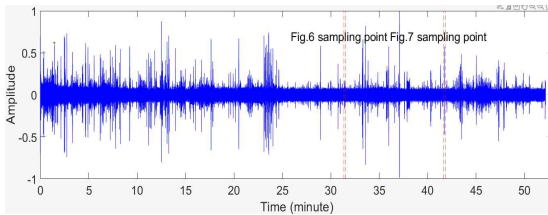


Fig. 5. (a) Time story of recording source

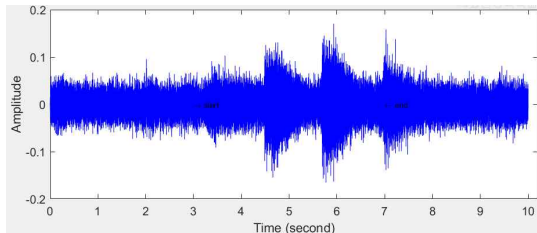


Fig. 5. (b) Four times hammering of impulse noise(over 95dB)

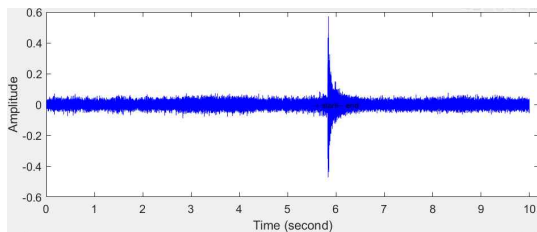


Fig. 5. (c) One time hammering of impulse noise(over 100dB)

스마트 안전모를 이용한 통신에 있어 불편함을 주는 95dB를 넘는 충격 소음을 제거하기 위하여 레벨미터의 dB를 기록한 로그파일과 음성 데이터를 그래프화하여 비교, 임펄스성 소음이 발생하는 구간을 선정하였다. Butterworth, Chebyshev, elliptic filter의 차단·경계 정규화 주파수 결정을 위해 충격 소음 4회를 포함하고 있는 음성 데이터와 충격 소음 1회를 포함하고 있는 음성 데이터를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)한 뒤, 시간대별로 주파수에 따른 음성 신호의 크기를 분석할 수 있는 spectrogram을 활용하여 결정하였다.

Fig. 6(a), 6(b)와 Fig. 7(a), 7(b)을 비교하였을 때, 충격 소음 1회를 기준으로 봤을 때 가로축이 0초부터 10초이므로 약 5.5초쯤부터 정규화 주파수가 0.07인 부분의 크기가 -20dB/ (rad/sample) 정도로 큰 값을 보여준다는 것을 확인할 수 있다. 또한, 주요한 주파수 대역은 0에서 0.04로 확인할 수 있다.

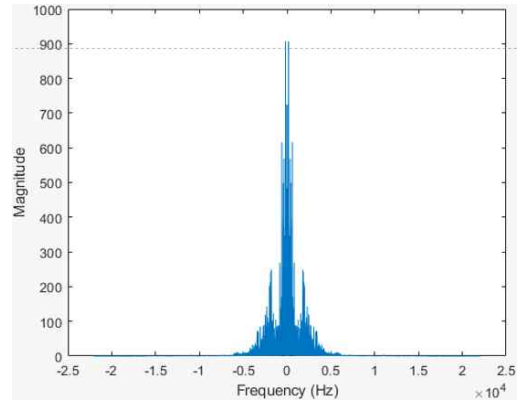


Fig. 6. (a) Four times hammering of impulse noise  
FFT

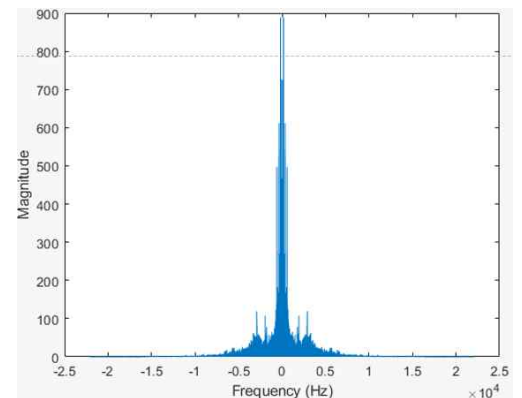
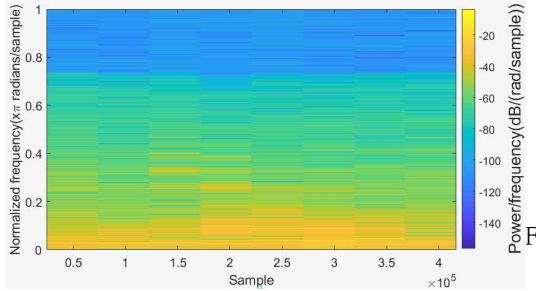
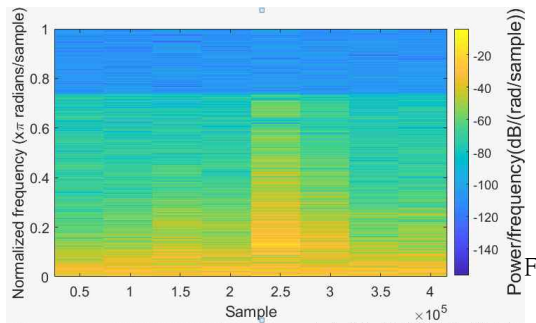


Fig. 6. (b) One time hammering of impulse noise FFT



ig. 7. (a) Four times hammering of impulse noise spectrogram



ig. 7. (b) One time hammering of impulse noise spectrogram

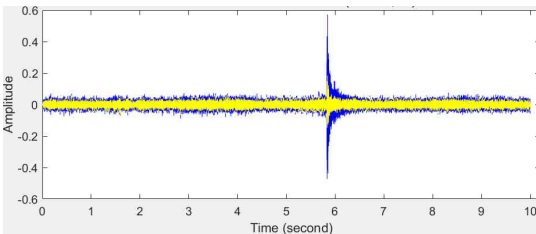


Fig. 8. (a) 1st order Butterworth filter

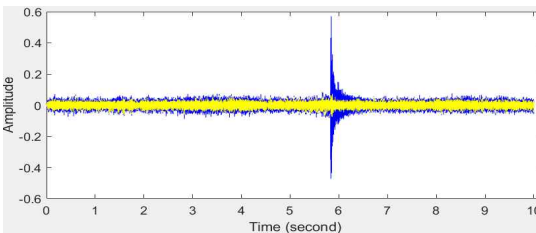


Fig. 8. (b) 3rd order Butterworth filter

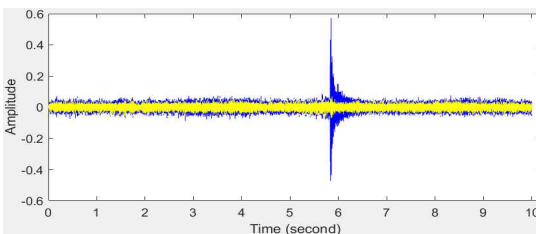


Fig. 8. (c) 6th order Butterworth filter

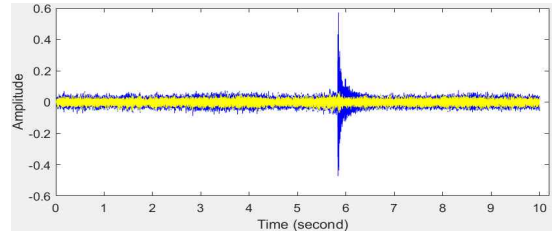


Fig. 8. (d) 9th order Butterworth filter

충격 소음 1회를 포함한 음성 데이터를 기준으로 Butterworth, Chebyshev, elliptic filter 들의 차수를 결정하기 위하여 Fig. 8(a)-Fig. 8(d)와 같이 차례대로 차수를 변경하며 비교하였다.

Butterworth filter의 차수를 변경 후 결과를 비교하였을 때, 필터의 차수(N)이 6을 넘어가는 시점부터 임펄스성 잡음의 제거 결과 차이가 나지 않는다는 것을 확인할 수 있다. 필터의 차수가 커질수록 필터 함수의 실행 시간 또한 늘어나기 때문에 6차 이상 고차의 필터는 필요 없다고 판단하였다.

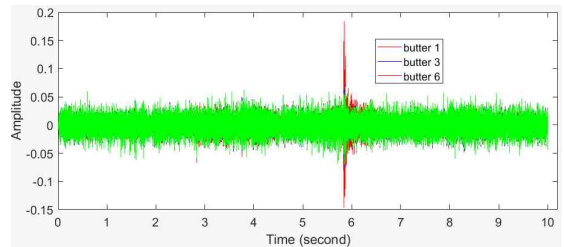


Fig. 9. Comparison of the noise removed graph (1st, 3rd, 6th orders filters)

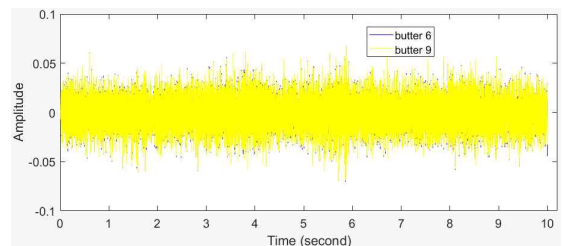


Fig. 10. Comparison of the noise removed graph (6th, 9th orders filters)

그 근거는 Fig. 9에서는 필터의 차수 1, 3, 6으로 변경하였을 때 점점 노이즈가 감쇄되는 것을 육안으로 확인할 수 있다. Fig. 10의 그래프에서는 필터의 차수가 6으로 하였을 때와 9로 하였을 때를 겹쳐놓은 그래

프이다. 그래프를 육안으로 확인하여도 거의 차이가 없는 것을 확인할 수 있다. 위의 그래프를 분석하여 Chebyshev, elliptic filter 모두 Butterworth filter의 차수 결정 과정을 동일하게 거쳤고, 세 가지 필터 모두 필터의 차수를 6으로 결정하였다.

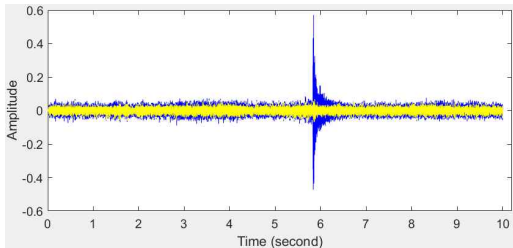


Fig. 11. (a) Noise reduction with Butterworth filter

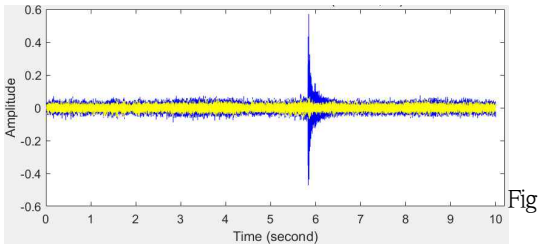


Fig. 11. (b) Noise reduction with Chebyshev filter

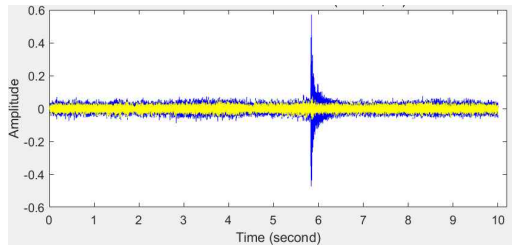


Fig. 11. (c) Noise reduction with elliptic filter

Fig. 11의 결과는 위에서 정한 정규화된 차단주파수 (Cut-off frequency)를 0.04로 설정, 필터의 차수(N)을 6으로 하여 임펄스성 잡음을 제거한 결과이다. 함수를 실행하는 데 걸린 시간은 Table 2와 같이 Butterworth filter는 11.703350초, Chebyshev filter는 10.357987초, elliptic filter는 11.685585초로 Chebyshev filter가 가장 빠른 시간으로 잡음을 제거한다는 것을 확인할 수 있다.

Table 2. Comparison of filtering time

Filtering method	Runtime (sec)
Butterworth	11.703350
Chebyshev	10.357987
Elliptic	11.685585

세 가지 필터의 결과 그래프를 육안으로는 판단하기 어렵기 때문에 정량적인 평가를 위해 임펄스성 잡음이 발생하는 구간  $\pm 0.2$ 초의 진폭 값을 제공하여 평균을 구해 비교하였다. 해당 구간의 진폭 평균은 0.00327116이고 단위는 전기적 신호의 크기이다.

세 가지 필터를 비교한 결과 차단 주파수는 모두 같았지만 Butterworth filter로 임펄스성 잡음 제거 시 다른 filter에 비해 차단(cut-off) 주파수에서 천이대역의 전후가 급격하게 감쇄되지 않기 때문에 서서히 감쇄된 통과대역에서 약한 감쇄를 보인다.

Table 3. Comparison of mean square amplitude

Filtering method	Mean square amplitude
Butterworth	0.000366117
Chebyshev	0.000363011
Elliptic	0.000363746

Chebyshev, elliptic filter는 Butterworth filter보다 차단주파수의 기울기가 아주 가파르므로 저역 통과대역 이외의 대역이 Butterworth filter에 비해 깔끔하게 감쇄된 것을 확인할 수 있다. 세 가지 필터의 코드 실행 시간은 Chebyshev filter가 가장 빠른 모습을 보이고, 잡음 제거의 정량적 평가 결과 역시 Chebyshev filter가 가장 우수한 결과를 보였다.

## V. 결론 및 고찰

본 연구에서는 조선소 작업자 보호 및 안전 환경을 위해 스마트 안전모의 개발과 함께 효용성을 검증하기 위해 판넬 블록조립 실증 구역에서 스마트 안전모 간의 커넥티비티 실증을 목표로 하였다. 또한, 작업자 보호 및 안전을 위해 스마트 안전모 착용자 간의 다대다 LTE 통신을 구현하였고, 조선소 작업장에서 테스트한 결과를 분석하였다. 작업자 간의 원활한 통신을 위해 작업장에서 발생하는 95dB 이상의 충격 소음을 확인하였고, 이를 개선하기 위해 Butterworth, Chebyshev, elliptic 알고리즘으로 필터링 성능을 비교 분석하였다.

세 가지 필터의 코드 실행 시간은 Chebyshev filter가 가장 빠른 모습을 보였고, 소음 감소의 정량적 평가 결과 역시 Chebyshev filter가 가장 우수한 결과를 보였다. 향후 FxLMS(Filtered-X Least Mean Square) 알

고리즘을 적용한 적응형 필터(Adaptive filter)와 더불어 인공지능 알고리즘 적용 연구도 진행할 계획이다.

조선소 스마트 안전모 도입에 따른 경제적 효과는 매일 작업자의 의사소통 개선 및 조선소 중대 재해 발생에 따른 경제적 손실 비용을 줄여 줄 것이다. 특히 최근 10년간(2008년~2017년) 전국 조선업에서 발생한 중대 재해로 인한 연간 작업 중지 횟수는 25.3건에 해당하고, 작업 중지로 인한 손실 비용은 13억에 이른다 [13-14].

스마트 안전모 도입에 따른 조선소 경제비용은 연간 약 25억원 절감 효과를 볼 수 있으며, 통합 플랫폼의 서비스 제공을 통해 산업안전 AI 기술개발 기업, 산업안전 서비스 운영기업, 부품 제조사, 기술 적용 수요 기업 등의 선순환적 산업 안전 생태계 구축이 가능하다. 또한, 산업현장의 안전 상태를 모니터링하며, 위험 상황 및 작업자의 건강 이상 신호를 조기에 탐지 및 대응함으로써 산업안전 보건비용 및 의료비 지출의 절감 등 사회적 비용 절감 효과를 볼 것이다.

#### ACKNOWLEDGMENTS

본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 과학기술인재진흥원 ‘2021년도 성장동력 실증·기획 지원 사업’의 지원을 받아 수행되었습니다.

#### REFERENCES

- [1] Israel Campero-Jurado, Sergio Marquez-Sanchez, Juan Quintanar-Gomez, Sara Rodriguez and Juan M. Corchado, “Smart Helmet 5.0 for Industrial Internet of Things using Artificial Intelligence,” *Sensors* 2020, 20(21), 6241, <https://doi.org/10.3390/s20216241>
- [2] J. K. Kim, J. Y. Yang, K. W. Kim, D. K. Lee, M. A. Kwon, Y. H. Jo, “Accident case analysis of the gas explosion in the ship -Study on the flammable chemicals and gas concentration-”, *Korean Journal of Forensic Sciences*, Vol.17, pp.29-35, 2016 (in Korean)
- [3] J. H. Hwang, W. Y. Jeong, “Structure and Technology of Personal Protection Helmets,” *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, pp. 771-781, 2017 (in Korean)
- [4] H. W. An, N. I. Park, S. M. Kim, D. H. O, “Development of smart helmet based on realtime information”, *The Korea information processing society*, pp.1209-1210, 2017 (in Korean)
- [5] C. Grant, A. Bryner, A. Jones, G. Koepke, “Research Road map for Smart Fire Fighting,” *NIST Special Publication 1191*, pp. 23-37, 2015.
- [6] Y. C. Ha, “A Study on the Development of Smart Helmet for Forest Fire Fighting Crews”, *The Korea institute of convergence signal processing*, vol. 22, No.2 : 57-63, 2021 (in Korean)
- [7] Y. J. Gu, J. J. Kim, W. Y. Chung, “Work Environment Monitoring of Workers Using Wearable Sensor and Helmet”, *The Korea Institute of Convergence Signal Processing*, Vol. 20, pp.91-98, 2019 (in Korean)
- [8] C. H. Kook, S. M. Kim, S. H. Han, S. H. Shin, H. J. Park, “Deep learning based environmental sound classification for selective noise canceling”, *Korean society of broad engineers*, pp. 252-254, 2020. 07, (in Korean)
- [9] J. H. Hwang, C. S. Yoo, “A broadband frequency variable active-RC channel selection filter for SDR”, *telecom 21(2)*, pp. 91-99, 2005 (in Korean)
- [10] J. S. Park, B. J. Jang, H. R. O, J. B. Lim, H. G. J, “Research trends of micro-filter for mobile handsets”, *Korea Electromagnetic engineering society*, pp.24-37, 2005 (in Korean)
- [11] Yiping Fan, “Method and system for passband ripple cancellation in cascading filters”, *Unite States Patent application publication*, 2006
- [12] RG Steadman, “A Temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science”, *journal of applied meteorology*, *Amerian Meteorological society*, pp. 861-873, 1979
- [13] NOAA Webpage (<http://www.nws.noaa.gov>, September 2017)
- [14] Korea Meteorological Administration Webpage (<http://www.kma.go.kr>, Search September 2017).
- [15] Korea Occupational Safety and Health Agency, “Casebook of Severe Accidents in the Shipbuilding Industry”, 2018



[16] K. M. Heo, "Please, release Hyundai Heavy Industries' work suspension.", [access available on <https://www.yna.co.kr/view/AKR20210526116700057>]

---

### 저자 소개

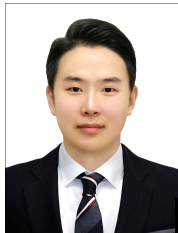
---

박 준 혁 (Jun hyeok Park)



2022년 2월 : 경남대학교  
조선해양시스템공학과(공학사)  
2022년 3월~현재 : 경남대학교  
메카트로닉스공학과 석사과정  
관심 분야: 소음 저감, 신호 처리

허 준 영 (Jun Yeoung Heo)



2022년 2월: 경남대학교  
조선해양시스템공학(공학사)  
2022년 3월~현재: 경남대학교  
조선해양시스템공학과 석사  
관심 분야: 선박 설계 및 생산,  
생산 시스템 모델링 및 분석

이 상 복 (Sang bok Lee)



2022년 2월 : 경남대학교  
조선해양시스템공학과(공학사)  
2021년 9월~현재 : (주)에스랩  
기술/개발팀 선임 연구원  
관심 분야: 프로그래밍, 조선해양  
ICT

박 재 문 (Jae mun Park)



2007년 2월 : 창원대학교  
전자공학과(공학석사)  
2011년 2월 : 창원대학교  
전자공학과(공학박사 수료)  
2015년 8월~현재 : (주)에스랩  
기술개발팀장  
관심분야 : IoT 임베디드 시스템,  
조선해양 ICT 제어 시스템,

친환경에너지 응용기술

박 준 수 (Jun Soo Park)

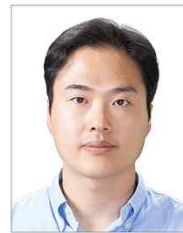


1993년 2월: 부산대학교  
조선공학과(공학사)  
1996년 8월: 부산대학교  
조선공학과(공학석사)  
2005년 2월: 부산대학교  
조선해양공학과(공학박사)  
2010년 3월~현재: 경남대학교

조선해양시스템공학과 부교수

관심 분야: 해양환경(파랑, 해상풍, 표층해류, 빙하중 등) 원격계측, 시스템공학, 유체충격하중 등

이 광 국 (Kwangkook Lee)



2001년 2월 : 부산대학교  
조선해양공학과(공학사)  
2003년 2월 : 서울대학교  
조선해양공학과(공학석사)  
2008년 2월 : 서울대학교  
조선해양공학과(공학박사)  
2008년 9월~2011년 2월:  
STX조선해양 생산기획팀 과장

2011년 3월~현재 : 경남대학교 조선해양시스템공학과  
부교수

관심 분야: 조선해양시스템 설계 및 제어, 모델링 및  
시뮬레이션