

고장 데이터를 활용한 BTS 개발방안 (다빈도 고장 데이터를 활용한 고장탐지 방안 효율화)

이기주¹, 최경진^{2*}

¹한화시스템 ILS팀, ²한화시스템 시험장비팀

BTS design considering fault data in Field and Depot maintenance

Ki-joo Lee¹, Kyoung-jin Choi^{2*}

¹ILS Team, Hanwha Systems

²ATE Team, Hanwha Systems

요약 현대의 무기 체계는 복잡 다양한 기능으로 인해 수많은 부품들로 구성되어 있다. 무기 체계의 운용 유지 간에 고장이 발생되면 당연히 부품 단위로 고장이 발생할 것이고, 부품 단위로 수리를 수행하는 군의 창정비 수행 시 고장 부품 탐지에 다수의 시간이 소요될 것으로 예상된다. 본 연구에서는 군의 정비 단계와 정비 흐름을 고려하여 창정비 수행 시 정비 시간을 절약할 수 있는 방안을 정비 데이터 활용 관점에서 검토하였다. 현재 야전 정비에서 발생하는 고장 데이터는 거의 활용이 되지 않고 있는데, 창정비에서 고장 탐지 시 이런 야전 데이터와의 연계성을 찾을 수 있었다. 이를 기반으로 사용자가 고장 다빈도 품목에 대한 정비를 효율적으로 수행할 수 있는 시험장비 개발 방안을 제시하였고, 향후 군의 정비시간 단축에 도움을 줄 수 있을 것으로 예상된다. 또한 이런 데이터를 기반으로 한 제품의 효율적 개발 및 사용에 피드백을 하여 발전된 시스템을 구축하는데 활용한다면 막대한 경제적 효과를 기대해 볼 수 있겠다.

Abstract There are many parts in current weapons systems because they have many functions and are complicated. We expect to detect faults many times; parts break and must be replaced during the lifetime of the system. This paper reviews the ways we save time by making use of maintenance concepts and field data at the depot level. At present, fault data from occurrences in field maintenance are not used at all, but we found relationships between field maintenance and depot maintenance in those fault data. On that basis, this study presents a design concept for test equipment to efficiently repair items that break frequently, and this concept helps to reduce maintenance time. Also, on the basis of these data, we expect a huge economic effect from utilizing the data to design and efficiently use the system.

Keywords : Maintenance, BTS(Board Test System), Data, Board Test, Depot

1. 서론

현대 무기체계는 첨단화, 정밀화 등으로 인해 부품단위 정비(교환)에 대한 난이도가 높아지고 있으며, 이를 효율화할 수 있는 노력이 절실하게 요구되고 있다[1].

군에서 부품단위 정비는 일반적으로 창정비(종합정비창, 육군 기준)에서 이루어지므로 창정비에 대해 간략히

소개한다.

창정비는 정비단계의 분류 중 최상위 정비단계로 무기 체계의 완전 복구 및 재생 정비 단계이다. 또한 대규모 정비 시설 및 장비를 운영하며 하위 정비단계의 능력을 초과하는 정비에 대한 기술 및 정비 지원을 담당한다. 특히 SRU(Shop Replaceable Unit)의 경우 전자구성품으로 이루어진 회로카드조립체로 구성된 경우가 많기 때문

*Corresponding Author : Kyoung-jin Choi(Hanwha Systems)
email: namzac.lee@hanwha.com

Received July 29, 2021

Accepted November 5, 2021



Revised August 17, 2021

Published November 30, 2021

에 이러한 품목의 고장탐지를 시스템으로 구축한 것이 BTS(Board Test System)이다[2].

BTS는 회로카드조립체(창정비 대상품목)의 정비를 위해 수 백개 혹은 수 천개의 부품에 대한 고장탐지를 해야 할 수도 있다. BTS는 크게 두 종류로 분류할 수 있다. 과거에는 부품의 집적도가 높지 않아서 ICT(In Circuit Test) 형태의 BTS 형태가 개발이 가능하였지만, 현재는 고도화된 기술로 회로카드의 집적도가 높아져 FCT(FunCtion Test) 형태의 ICT 기능을 하는 BTS를 개발하는 추세이다. 두 가지 시험장비의 개략적인 시험 방법은 Table 1과 같다.

Table 1. Types of BTS

	ICT type	FCT type
configuration		
test method	- Measuring the input and output at parts or TP(Test Point)	- Working function test through connector, and proving while fault isolation

고장난 회로카드가 정비창에 입고가 되면 BTS 시험장비로 블록단위 고장배제를 수행한다. 창정비작업지도서 및 공구, 수리부속으로 고장부품을 교체하여 수리를 한다. 수리한 회로카드는 BTS 시험장비 및 시스템 시험장비로 성능확인 후 수리를 완료하는 절차로 진행된다. 해당 절차를 그림으로 나타내면 Fig. 1과 같다.

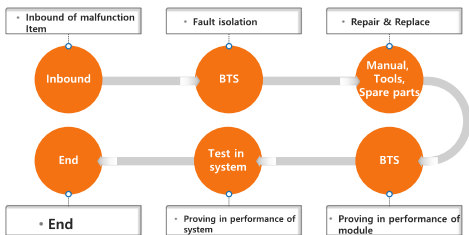


Fig. 1. Flow of Depot maintenance

수많은 부품 중 고장 부품을 찾아야 하기 때문에 고장탐지 시간은 자연적으로 증가될 수 밖에 없고, 창정비 시스템의 가장 중요한 BTS에서의 고장탐지 시간이 정비시간의 많은 부분을 차지할 수 밖에 없다. 최근 개발하는 FCT 형태의 시험장비는 정형화된 순서대로 고장탐지가

이루어진다. 실제 고장 발생은 유사한 고장(부품)이 동일하게 반복되는 경우가 많을 것이다. 기존에는 정형화된 시험절차에 의거하여 시험을 수행하였고, 수많은 부품 중 랜덤으로 고장이 발생한다는 전제하에 고장탐지를 하였으므로 고장탐지 시간이 다수 소요되었다. 이런 부분을 개선하여 사용자가 정비 수행 시 고장탐지절차를 경험 기반 데이터에 의거하여 선택할 수 있도록 설계하여 고장탐지 시간을 단축하는 방안을 제시하였다.

2. 본론

창정비 시험장비를 이해하기 위해서는 군의 정비절차 및 정비개념을 잘 파악해야 한다. 통상적인 무기체계의 정비개념은 Table 2와 같다.

과거 육군은 사용자, 부대, 야전, 일반, 창으로 구성된 5계단 정비를 수행하였지만 현재는 정비계단 간소화의 일환을 고려하여 부대, 야전, 창으로 구성된 3단계 정비 체계로 전환하는 추세이다.

Table 2. Levels of maintenance [2]

Level	1	2	3	4	5
5 step (before)	Crew (C)	Organizational(O)	Field (F)	Heavy (H)	Depot (D)
3 step (now)	Organizational(O)		Field (F)		Depot (D)

해당 Table. 2의 정비 단계를 정비 흐름으로 표현하면 Fig 2와 같다.(고장정비 기준)



Fig. 2. Flow of maintenance(Field)

정비 흐름을 보면 야전시험장비에서 회로카드조립체의 고장탐지를 기능단위로 수행하고 불량이 확인된 회로카드조립체를 수리하기 위하여 창으로 후송된다.

야전정비에서 회로카드 단위의 고장탐지 수준은 Fig. 3과 같이 시험항목별로 점검하고 고장이 발생하면 창으로 회송하는 구조를 가지고 있다. 여기에서 실제로 기능단위로 고장탐지를 수행하고 부품단위로는 수행할 수 없기 때문에 창정비 단계로 해당 품목을 회송한다. 아래

Fig. 3은 기 전력화된 야전용 시험장비의 형상이며, Fig. 4은 야전용 시험장비를 이용하여 회로카드 단위를 시험했을 때 수행하는 시험항목을 나열한 것이다.



Fig. 3. Image of Field Test Equipment

현황점검 항목		
전체선택	점검 항목	상태
<input type="checkbox"/>	1. 전원단 단락 점검	● 시험 중지
<input type="checkbox"/>	2. 전원 입력 점검	● 시험 전
<input type="checkbox"/>	3. 호기회 점검	● 시험 전
<input type="checkbox"/>	4. 러렛 점검	● 시험 전
<input type="checkbox"/>	5. 배터리 점검	● 시험 전
<input type="checkbox"/>	6. LED 점검	● 시험 전
<input type="checkbox"/>	7. IPC 점검	● 시험 전
<input type="checkbox"/>	8. TDM 점검	● 시험 전
<input type="checkbox"/>	9. Eurocom D1 인터페이스 점검	● 시험 전

Fig. 4. Level of Field Test

2.1 정비개념을 활용한 데이터 수집/생성 방안

앞서 언급했듯이 주요 정비는 야전 및 창정비 단계에서 이루어지며, 각각의 정비 단계에서 시험이 이루어진다. 그래서 야전에서 이루어지는 회로카드 기능 단위 시험과 창정비에서 이루어지는 부품 소자 단위 시험, 2개 분야에서 수집된 데이터를 연계하여 창정비 시험장비에 활용하고자 한다.

상기 본문에 언급된 정비개념은 1대의 야전시험장비로 근거리 지역(사단, 군단 단위) 정도만 정비하면 되지 만 창정비의 경우 소량(1대인 경우도 존재)의 시험장비로 전군 물량을 수리해야 하며, 정비물량 및 총 행정 및 군수지원 시간(TALDT(Total Administrative And Logistics Delay Time))을 고려하면 창에서 수리완료 후 정상품목을 회송시키는데 소요되는 시간이 상대적으로 클 수밖에 없다.

창정비 시험장비의 시험 소요시간을 단축하기 위해 해당 정비개념을 활용하여 창정비 시 적용 가능한 데이터는 크게 2가지 정도로 축약해 볼 수 있다.

첫 번째는 야전정비 시 발생하는 고장데이터이다. 야전정비 시 시험장비에서 수집 가능한 고장(시험)정보를 살펴보면 다음과 같다.

야전정비부대에서 운용중인 야전시험장비는 기능시험을 수행하여 교환단위별 불량여부를 판단한다. 유닛(LRU)단위에서 기능시험을 하여 고장이 의심되는 반(SRU)단위로 고장배제를 한다. 고장이 의심되는 SRU의 기능시험을 다시 수행하여 SRU 불량을 탐지하게 되며, 기능시험은 시험대상품의 고유 시험 및 커넥터 단에 나오는 핀들의 정상 동작확인을 수행한다. 야전시험장비에서 시험한 결과 및 이력을 조회하면 아래 Fig. 5와 같다.

시험이력 정보 조회		
시험항목	상태	결과
1.1 전원단 단락 점검	100,000/10,000 ohm	8.519kV 정상
2.1 전원 입력 점검	0/0	0/0 HEXA 0/0 정상
3.1 호기회 단락 점검	0/0	0/0 HEXA 0/0 정상
4.1 러렛 점검	0/0	0/0 HEXA 0/0 정상
5.1 배터리 점검	2,000/3,000 V	3,294V 정상
6.1 LED 점검	0/0	0/0 HEXA 0/0 정상
7.1 IPC 점검	0/0	0/0 HEXA 0/0 정상
8.1 TDM 점검	0/0	0/0 HEXA 0/0 정상
9.1 Eurocom D1 인터페이스 점검	0/0	0/0 HEXA 0/0 정상

Fig. 5. Test Result and History at Field Test Equipment

두 번째는 창정비 시 발생하는 고장데이터이다. 창정비 시 수집되는 수집 가능한 고장(시험) 정보를 살펴보면 다음과 같다.

창정비용 시험장비는 불량이 발생한 SRU 단위교환 또는 그 상위 단위교환에서 정비창으로 후송된 시험대상품에 대하여 고장탐지 및 고장배제를 수행한다. FCT 형태로 기능시험을 수행하여 해당 SRU의 고장 여부를 확인한 후 블록단위 고장배제를 하며, 프루빙을 통하여 상세 부품의 고장을 탐지한다.

고장 배제 시 의심되는 부품을 전시하며, 소자 고유 특성별 입, 출력 전압, 파형 등을 측정하여 고장유무를 확인한다. 창정비 시험장비에서 시험한 결과 및 이력을 조회하면 아래의 Fig. 6과 같다.

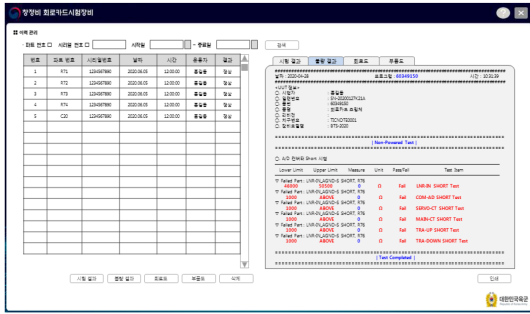


Fig. 6. Test Result and History at BTS

두 개의 정비 단계에서 연계성을 가질 수 있는 부분은 야전 고장데이터이다. 야전 고장 데이터(고장코드)를 기반으로 창정비 단계에서 고장데이터를 DB화하여 관리한다면 야전에서 고장 발생한 데이터를 근거로 창정비 단계에서 고장발생 부품에 대한 데이터를 구축한다면, 동일한 야전고장 증상 발생 시 이전 창정비의 운용 방안 보다 더 빨리 찾을 수 있을 것이다. 관련 내용을 도식화해보면 Table 3과 같다.

Table 3. Linking field data to depot fault data

Field	BTS in Depot		
Fault Code	Fault part	number of fault	priority of fault detecting
FX2021T2	R56	10	1
	U54	2	2
	C12	1	3

상기에서 제시된 시스템을 구축하기 위해 선행되어야 하는 것으로 야전 고장데이터를 창정비 단계로 전달하기 위한 방안이 창정비 요소 개발 전 마련되어야 한다. 관련 방안으로는 2가지가 있다.

첫 번째는 야전정비 시험 시 창정비 대상품목(회로카드조립체)에 야전고장 정보를 저장해주는 것이다. 여기에 필수적으로 저장되어야 할 정보를 간략히 요약해보면 야전고장코드, 고장발생 일시, 정비부대 정보 등이 될 수 있다. 일반적으로 야전용 시험장비는 회로카드조립체 단위로 시험(통신 포함)을 하기 때문에 해당 기능을 구현하는 것은 기술적으로 충분히 구현 가능하다. 회로카드조립체 자체에 관련 정보를 저장할 수 있는 부품이 설계에 적용되어야 하는 부분도 고려를 하여야 한다. 앞에 조건이 충족이 되면 고장정보를 가지고 있는 회로카드조립체가 창

으로 후송 시 시험을 위해 BTS에 연결을 하면 BTS 장비에서 자동으로 관련 고장정보를 획득하여 DB화할 수 있을 것이다. 관련 내용을 도식화하면 Fig. 7과 같다.

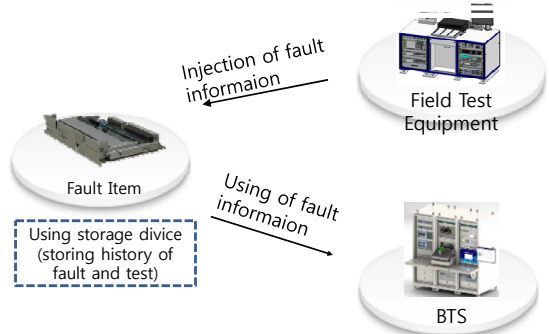


Fig. 7. Fault data Injection

두 번째는 국방망을 활용하는 것이다. 소요군은 장비 정비정보체계에 수리부속 및 공구의 보급 정비관련 사항에 대한 정보체계를 보유하고 있다. 야전에서 창으로 후송 소요가 발생 시 해당 정보체계에 관련 고장코드를 입력하면 창정비 수행부서에도 해당 정보를 실시간으로 인지할 수 있도록 구현이 된다면 창정비로 해당 품목의 후송 시 야전고장코드의 활용이 가능할 것이다.

첫 번째 방법의 장점은 외주 창정비 및 근직 창정비에서 모두 활용할 수 있다는 것이다. 두 번째 방법의 경우 국방망은 민간업체가 접근하기 어려운 국방망 기반으로 구축되어 있기 때문이다.

두 번째 방법의 장점은 실시간으로 창정비 수행부서에서 해당 정보를 인지할 수 있기 때문에 신뢰성 있는 고장데이터가 축적된다면 수리부속확보 시간을 단축할 수 있다는 것이다. 실제 부품단위 고장발생 예측이 창에서 정확히 수행될 수 있다면 창정비에서 원격 기술지원 같은 행위도 가능하다고 판단된다.

물론 2가지 다 동시에 수행된다면 본 연구에서 제시하는 효과를 최대로 획득할 수 있다.

2.2 BTS 설계적용 방안

현재의 일반적인 BTS의 고장탐지 방법은 회로카드 기능 시험을 수행 후 정형화된 절차인 블록 단위로 고장배제를 수행한 후 부품단위 탐지를 수행하는 절차로 이루어진다.

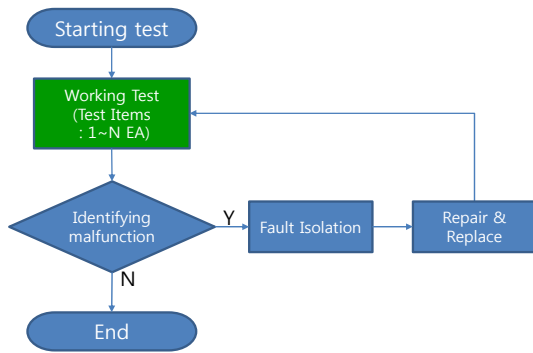


Fig. 8. General Fault Detecting

일반적인 회로카드(전자부품)의 경우 수백 개의 소자로 이루어져 있기 때문에 굉장히 많은 고장탐지시간이 소요된다는 것을 알 수 있다.

본론 2.1에서 제시한 방안으로 데이터를 수집/축적하여 BTS에 적용을 Fig. 9와 같이 제안한다.

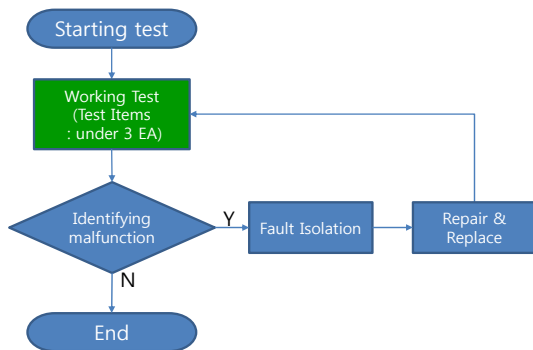


Fig. 9. Improving Fault Detecting

Fig. 8에서 녹색 박스로 표시된 N개의 시험절차를 간소화하여, Fig. 9와 같이 소수의 간소화된 시험 수행이 가능하다.



Fig. 10. Design application at BTS

Fig. 10의 오른쪽 그래프가 고장발생 빈도를 누적하여 나타낸 그림이다.

야전정비 고장코드를 기반으로 부품 단위 고장이력을 연계시키면 야전에서 축적된 고장코드를 기반으로 창정비에서 부품단위 정비를 짧은 시간에 수행할 수 있다. 해당 단계에서 유의사항은 복수의 고장 부품 발생 시 창정비 단계에서 1개의 고장코드에 대해 1개 부품의 고장이력을 남기는 것이 아니라 1개의 고장코드에 대해서 여러 개의 고장부품이 입력가능토록 데이터 양식을 구현하여야 한다. 전제조건은 야전 및 창에서 고장이력이 다수 발생하여 신뢰성 있는 데이터가 어느 정도 축적되었을 시 적용 가능하다. 이를 경험 기반 방법이라 할 수 있는데, 이 방법은 범용적이고 간단하지만 많은 데이터를 필요로 하며 특정 조건과 고장에 한해서만 사용 가능하고 실시간으로 대응할 수 없다는 단점이 있다[3].

2.3 기대 효과

본 연구에서 구현되는 시스템이 가져올 수 있는 효과는 크게 2가지로 요약된다.

첫 번째로 창정비 단계에서의 고장 탐지 시간 단축이다. 회로카드조립체 1개당 수십, 수백 여 종의 부품이 포함되는데, 고장 예상 부품을 소수 품목으로 한정하여 고장탐지를 수행하게 되면, 이에 대한 효율성은 굉장히 클 것으로 판단된다. 이전에 개발된 BTS는 정해진 형태로 기능시험, 다수의 부품탐지 프로세스로 수행하면 회로카드 1개당 10분 이상의 시간이 소요되지만, 소수의 부품을 대상으로 시험을 한정하게 되면 5분 이하면 충분할 것으로 판단된다. 기존 대비 50% 이상의 시간이 절감되는 효과가 예상된다. 정비 물량(회로카드)이 다수인 경우에는 이 효과가 더 극대화될 것으로 판단된다.

두 번째로 창정비 시 수리부속 확보를 신속히 할 수 있다. 일정시간이 경과하게 되면 상용품의 특성상 단종 및 주문시간이 다소 소요되는 품목(장납기 소요)이 많이 발생할 수 있다.

앞서 언급했듯이 고장이력이 발생하여 신뢰성 있는 데이터가 어느 정도 구축이 된 후, 야전에서 고장이 발생하게 되면 창으로 후송 전 필요 수리부속을 미리 예상하여, 단종대비나 장납기 소요 품목을 확보할 수 있는 준비를 사전에 할 수 있다.

고장탐지도 정비에서 중요하지만 고장발생 품목을 교체할 신념이 없다면 고장탐지가 무의미해질 수 있기 때문에 정비에서 수리부속확보는 중요한 Activity 중에 하나이다.

앞서 2.1에서 언급한 것처럼 발생한 야전고장코드를 국방망을 통해 창정비 수행 부서와 데이터를 공유가 가능하다면, 창정비 요원 혹은 시스템 자체적으로 해당코드를 분석하여 고장품목이 창으로 후송되기 전에 수리부속 확보를 미리 준비할 수 있게 된다.

3. 결론

현대의 무기체계가 첨단화, 정밀화되어 이에 대한 정비의 난이도가 점점 높아지고 있다. 이로 인해 다수의 시간과 자원을 효율적으로 사용하고자 본 연구를 수행하였다.

본 연구의 결과로 야전 및 창정비 단계에서 획득 가능한 시험데이터를 수집/연계하는 방법을 제시하였고, 이를 창정비 시험장비에 적용하여 고장탐지 시간을 획기적으로 단축할 수 있었다.

본 연구는 전력화 수량이 많거나 운용소요가 많은 시 데이터 축적 시간은 많이 단축될 수 있고, 신뢰성 있는 데이터가 구축될 가능성이 높기 때문에 창정비 대상품목의 전력화 수량이 다수인 품목에 필수 적용해야 될 설계 방안이라고 볼 수 있다.

창정비는 군의 정비에 있어서 최고의 정비기술을 보유하고 있는 최상위 정비 단계이며, 다수/다량의 품목을 정비해야 하는 정비 단계이다. 인간이 수행해야 할 부분을 무인시스템이 대체하고 있는 추세는 민간 뿐만 아니라 군사용 드론과 같이 군에서도 이루어지고 있다. 전력화 되는 장비의 수량이 늘어나면 정비물량도 함께 늘어날 것으로 예상되며, 이에 따라 창정비 수행 시간에 대한 효율화는 필수 불가결하다고 볼 수 있다. 본 연구를 이러한 목적에 사용된다면 선진화된 정비시스템 구축에 기여할 것이다.

2016년 세계경제포럼에서 4차 산업혁명이라는 용어가 언급된 이후 현재 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터 등 4차 산업이 실생활에 깊숙이 자리잡아가고 있다. [4] 특히 기술고도화 및 정보의 공유화로 제품 사용단계에서 생성되어지는 필드 데이터를 축적 및 사용할 수 있는 분야가 점점 늘어날 것이다. 이런 데이터를 기반으로 제품의 효율적 개발 및 사용에 피드백을 하여 발전된 시스템을 구축하는데 활용한다면 막대한 경제적 효과를 기대해 볼 수 있겠다.

References

- [1] Rim-Hwan Lee, The Study on the Board Test System for Depot maintenance, *The Institute of Electronics and Information Engineers*, pp.599-601, June. 2016.
- [2] Inn-Sung Jeong*, Hyeong-Do Kim, A Study on the Applying Improvement Method of Guide for efficient depot level maintenance, p. 2, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Dec. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.12.789>
- [3] Myounghoon Jang*, Hanseol Park, Jiin Kim, Jeongrim Oh, Hongbae Jun, A Case Study on Predicting the Vehicle Failure Code with Gathered Diagnostic Trouble Code Data, pp. 358-365, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, Dec. 2020. DOI: <https://doi.org/10.7315/CDE.2020.358>
- [4] Dong-Hee Lee*, Hyeon-Sik Kim, Hee-Jin Kwak, Hee-Jae Kim, The Study on the abnormal prediction of the hydro-power generator using Big Data, pp. 1026-1027, *The Korean Institute of Electrical Engineers*, July. 2020.

이 기 주(Ki-joo Lee)

[정회원]



- 2008년 2월 : 금오공과대학교 전자공학부(공학학사)
- 2007년 12월 ~ 현재 : 한화시스템 전문연구원

<관심분야>
ILS, 정비

최 경 진(Kyoung-jin Choi)

[정회원]



- 2009년 2월 : 영남대학교 전자공학과(공학학사)
- 2009년 1월 ~ 현재 : 한화시스템 전문연구원

<관심분야>
국방전자제어, 무기체계, 시험장비