

소형무장헬기 사격통제시스템의 구조를 고려한 공통 무장 인터페이스 모듈 설계

이 동 호[◊], 박 한 준^{*}

Designing a Common Weapon Interface Module While Taking into Account the Fire Control System Architecture of a Light Armed Helicopter

Dongho Lee[◊], Hanjoon Park^{*}

요 약

소형무장헬기(Light Armed Helicopter, LAH)의 사격통제시스템(Fire Control System, FCS) 구조와 효과적인 군수지원을 고려하여 분산형 FCS 구조에 적합한 공통 무장 인터페이스 모듈(Weapon interface module, WIM)을 제안하였다. FCS를 분산형 구조와 집중형 구조로 구분하여 장단점을 분석하였으며 분산형 구조 FCS의 무장인터페이스장치(Store Station Interface Unit, SSIU)에 적용되는 공통 WIM을 설계 및 제작하였다. 제안된 공통 WIM은 무장모의기와의 통합 시험을 통해 분산형 FCS에 적용 가능성을 확인하였다. 본 연구를 통해 확보된 공통 WIM 설계 방법은 LAH FCS의 케이블 작업을 경감시키고 여러 종류의 무장 제어에 도움이 되리라 예상된다.

Key Words : Fire control system, Light Armed Helicopter, Common Weapon Interface Module, MIL-STD-1760

ABSTRACT

The structure of the fire control system(FCS) of a light armed helicopter and effective logistics support was taken into account in the proposed common weapon interface module(CWIM) for a distributed FCS. The pros and cons of a distributed FCS and a centralized FCS were analyzed, then a CWIM which can be applied to the weapon interface module of a distributed FCS was designed and fabricated. Integration tests between the proposed CWIM and a weapon simulator were conducted to ascertain whether or not the proposed CWIM could be applicable to a distributed FCS. We expect that the CWIM design approach method secured through this study will be helpful in mitigating cable work of the FCS which will be applied to a Light Armed Helicopter and controlling various weapons.

1. 서 론

항공기 사격통제시스템(Fire Control System, FCS)은 기체에 탑재된 무장을 발사 통제하여 원하는 표적

을 제압하는 것이 주요 기능이다. 해외 선진국은 자국의 무장을 제어할 수 있는 FCS를 독자 개발하였지만 국내의 경우 항공기, 탑재 무장, FCS의 개발을 해외에 의존하여 개발 또는 도입하였다. 하지만 국내에서도

◊ First and Corresponding Author : Samsung Thales Avionics Group, dh922.lee@samsung.com, 정회원

* 삼성탈레스 항공전자그룹, hanjoon.park@samsung.com

논문번호 : KICS2014-08-293, Received August 11, 2014; Revised October 2, 2014; Accepted October 2, 2014

자책 무장을 개발함에 따라 FCS의 개발 필요성이 제기되었으며 소형 무장 헬기(Light Armed Helicopter, LAH), 한국형 차세대 전투기(Korean Fighter eXperimental, KF-X)의 체계 개발 사업이 진행되면서 원활한 무장 운용을 위해 FCS 국산화 요구가 증가하고 있다. 따라서 FCS의 개발에 필요한 기술 중 부족 영역에 대한 기초 연구의 확대가 필요하다.

일반적으로 FCS는 정보 획득 장비, 정보 처리 장비, 전시 및 제어 장비와 항공기 탑재 무장으로 구성된다. 정보 획득이란 무장 운용을 위해 필요한 표적 정보, 항공기 주변 환경 데이터 정보, 항공기 자세정보 등을 획득하는 것을 의미한다. 이중 핵심 요소인 표적 정보 획득은 항공기 운용환경에서 표적을 탐지, 인지, 식별하는 것을 의미하여 표적획득시스템비(Target Acquisition and Designation System, TADS), Targeting Pod와 적외선 탐지 및 추적장치(Infrared Search and Track,IRST)가 대표적인 장비이다. 국내에서는 표적 정보 획득과 관련하여 AESA 레이더 개발^[1], 펄스 신호처리^[2], 전자광학 영상 처리^[3], TADS^[4]에 대한 연구가 보고되었다. FCS에서 정보 처리란 획득한 정보를 무장 발사에 필요한 정보로 변환하는 것으로 정의할 수 있으며 무장 조준의 정확도가 핵심사항이다. 무장 조준은 조종사가 발사한 무장이 운용 환경에서 원하는 표적에 명중하도록 무장의 지향점을 계산하는 것으로 정의되며 표적 상태 추정^[5,6], 탄도 계산^[7] 등이 대표적인 연구 주제다. 무장 조준의 경우 해의 수출 사례도 있으므로 국내 연구 수준이 선진국과 대등한 수준이라 판단된다. 무장 제어는 무장의 연동 규격에 따라 무장 발사에 필요한 신호를 생성 및 감시하는 것으로 정의할 수 있으며 FCS 구조 설계와 안전 중심 설계가 반영된 무장 인터페이스 모듈(Weapon Interface Module, WIM) 개발이 핵심 요소이다. 하지만 FCS 구조 설계는 정보 공개가 제한적이고 WIM은 무장 연동 정보 노출을 피하기 위해 공개된 사례가 없다.

따라서 FCS 국산화를 위해서는 무장 제어 분야에 대한 체계적인 연구를 통해 FCS 설계와 WIM에 대한 기초 자료를 축적할 필요가 있다. 무장을 개발하던 초창기에는 개발 무장마다 다른 연동 특성을 가지므로 무장에 대한 특성을 파악하지 못하면 WM에 대한 연구를 진행하지 못하였다. 하지만 MIL-STD-1760^[8] 규격 개발을 통해 무장과 항공기에 대한 연동 규격이 정의되어 항공기의 무장 제어 분야에 대한 연구를 수행할 토대가 마련되었다. 따라서 본 논문에서는 LAH에 적용될 수 있는 FCS 구조에 대해 MIL-STD-1760을

기반으로 논의하고 향후 개발될 LAH의 무장 제어에 사용할 수 있는 WIM을 제안하여 FCS 국산화에 필요한 데이터를 제공하고자 한다.

본론에서는 먼저 FCS의 구조를 분산형과 집중형 구조로 구분하여 각각의 구조에 대한 장단점을 논의하겠다. 다음은 분산형 구조를 고려하여 설계한 공통 WIM의 제작과 기능 검증에 대하여 기술하겠다.

II. 본 론

FCS는 항공기 플랫폼의 특성과 설계자의 판단에 따라 구조가 정해지며 WIM은 FCS의 구조와 적용될 무장에 따라 다양한 형태로 구현될 수 있다. LAH의 경우 기체 개발과 FCS 개발이 동시에 이루어지며 운용 기간이 수십 년이므로 FCS 초기 설계과정에서 구조 설계, 군수 지원, 성능개량에 대한 부분을 면밀히 검토할 필요가 있다. 이를 위해 본 논문에서는 FCS의 구조를 검토하고 공통 WIM에 대해 논의하겠다.

2.1 FCS 구조

FCS는 그림 1과 같이 정보처리 및 제어 장비인 무장관리컴퓨터(Store Management Computer, SMC)를 중심으로 정보 획득 장비, 전시 및 제어 장비와 항공기 탑재무장으로 구성된다. 정보획득 장비는 표적 정보, 항공기 자세 정보 및 무장 발사와 관련된 항공기 주변 환경 정보를 수집하고 이를 SMC로 전송한다. 전시 및 제어 장비로는 무장 상태정보와 전장 상황 전달을 위한 시현 장치와 인터콥이 있으며 무장 제어 목적의 조종간과 무장 제어패널 등을 고려할 수 있다. SMC는 시현장치와 인터콥에 무장 상태 정보와 위협 정보를 제공하며 조종사 입력 신호에 따라 무장을 제어한다.

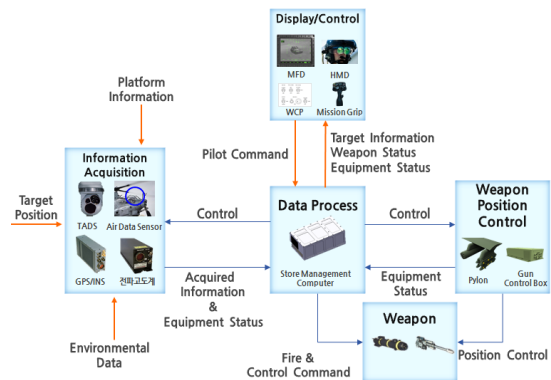


그림 1. 사격통제시스템 구조
Fig. 1. Architecture of fire control system

MIL-STD-1760 핸드북에 의하면 SMC가 항공기 탑재 무장과 연동하는 방식에 따라 분산형 구조 FCS와 집중형 구조 FCS로 구분할 수 있다. 분산형 구조 FCS는 SMC가 무장 연동 장치(Store Station Interface Unit, SSIU)를 통해 무장과 연동하며 집중형 구조 FCS는 SMC가 무장과 직접 연동한다. 분산형에서는 무장 발사에 필요한 신관 설정, 발사 전원 공급 및 연동을 SSIU가 담당하며 집중형에서는 SMC가 내재된 WIM를 이용하여 무장을 제어한다.

표 1. 분산형 구조와 집중형 구조 특징 비교
Table 1. Comparison of characteristics between distributed structure and central structure

Distributed FCS	
Architecture	
Advantage	Minimal cabling Moderate for large number of weapon Easy expandability
Disadvantage	Increase of system complexity
Remarks	Next generation FCS tend to adapt distributed structure.
Centralized FCS	
Architecture	
Advantage	Simple system design Easy Packaging Easy Upgrade Appropriate for small number of weapon Convenience of maintenance
Disadvantage	Increase the number of wire and cable
Remarks	

분산형 FCS와 집중형 FCS의 주요 특징은 표 1과 같다. 분산형 FCS는 SMC가 SSIU를 거쳐 무장과 연동하므로 FCS 구현에 필요한 와이어를 상당 부분 경감시킬 수 있다. SSIU는 SMC의 디지털 명령을 수신하여 무장 발사에 필요한 신호로 변환하며 SMC의 디지털 명령을 처리할 수 있는 프로세서가 존재한다. SSIU를 적용한 구조는 와이어 작업이 용이하므로 다양한 무장 운용과 다수의 무장 제어에 적합하다. 이러한 이유로 대부분의 항공기는 분산형 FCS를 적용하는 추세이다. 집중형 FCS는 SMC가 직접 무장과 연동하며 무장 제어 기능이 대부분 SMC에 할당된다. 무장의 연동 기능이 SMC에 집중되므로 SMC 설계는 복잡하지만 FCS 시스템 설계가 간단하며 패키징을 효율적으로 처리할 수 있다. 하지만 중량이 증가할 가능성이 높다.

따라서 LAH에는 경량화 설계에 유리한 분산형 FCS가 적합하다고 판단된다. 또한 LAH 이후 중·대형 무장 헬기가 개발된다면 분산형 FCS가 다수의 무장 제어와 다양한 무장 운용에 유리하다고 판단된다.

2.2 분산형 구조의 WIM 설계

분산형 구조로 FCS를 설계했을 때 시스템 구조는 그림 2와 같이 SMC와 SSIU로 구성될 것이다. SSIU는 SMC 제어에 의해 무장과 연동하며 무장 발사에 필요한 항공기 전원은 SMC 제어에 의해 SSIU를 거쳐 무장에 공급된다. SSIU와 다수의 무장이 연동될 수 있으며 탑재된 무장에서 비디오 영상과 같은 고대역(High Bandwidth, HB) 신호 또는 오디오 신호 같은 저대역(Low Bandwidth, LB) 신호가 전송될 경우 스위칭을 위해 HB&LB 스위치가 적용될 수 있다. 단 SSIU는 Latency를 고려하여 1760 MUX 데이터 통신은 SMC가 수행하는 것으로 정의하여 설계 대상에서 제외하였다.

WIM은 무장의 연동 방식에 따라 다양하게 설계할 수 있지만 개발비용과 유지비용을 고려했을 때 모든 무장에 적용할 수 있는 공통 표준화 설계가 적합하다

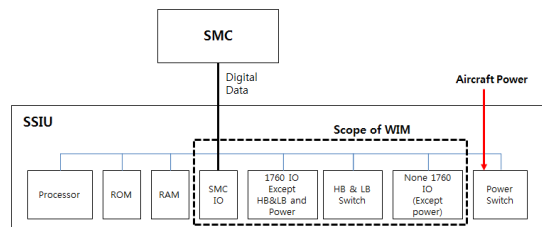


그림 2. SSIU 구조
Fig. 2. Architecture of SSIU

고 판단된다. LAH에 적용될 수 있는 무장은 중장갑, 경장갑, 공대공 표적 제압을 위한 1760 무장과 기존의 공격형 헬기에 적용된 무유도 로켓이 적용될 가능성이 높으므로 그림 2에서 1760 IO와 비 1760 IO는 LAH FCS의 공통 WIM의 개발 범위로 고려되어야 한다. 또한 최근에는 무장에서 탐색기 영상을 제공하는 사례가 많으므로 HB&LB 스위치도 공통 WIM의 범위로 고려되어야 하며 SMC와의 연동을 위해 SMC IO도 고려 대상이 되어야 한다. 따라서 그림 2에서 SMC IO, 1760 IO, HB&LB 스위치, 비 1760 IO가 통합 WIM의 대상이 되어야 한다. 하지만 소형 경량화 설계를 적용 시 3U 크기가 효율적이므로 기능 확장성과 구조를 동시에 고려해야 한다. 본 논문에서는 40%의 핀 여유를 고려하여 공통 WIM에 1760 IO, 비 1760 IO, SMC IO를 통합하였으며 SSIU는 그림 3과 같이 공통 WIM, HB&LB 스위치, Power 스위치로 구분하였다. 탐색기 영상을 제공하지 않는 경우는 유지비용 감소를 위해 HB&LB 스위치는 분리할 수 있다.

공통 WIM의 기능은 그림 4와 같이 1760의 RT 주소, Release Consent, Interlock, Interlock Return과 재래식 무유도 로켓의 Fuze 설정으로 정의하였다. FPGA에서 생성된 신호는 1760 무장의 동작에 필요한 전자 회로를 제어한다. FPGA에서 생성된 신호는

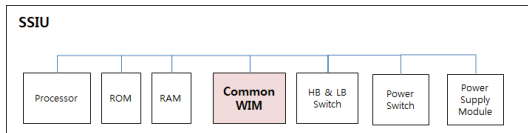


그림 3. 공통 WIM으로 구성된 SSIU 구조
Fig. 3. Architecture of SSIU with common WIM

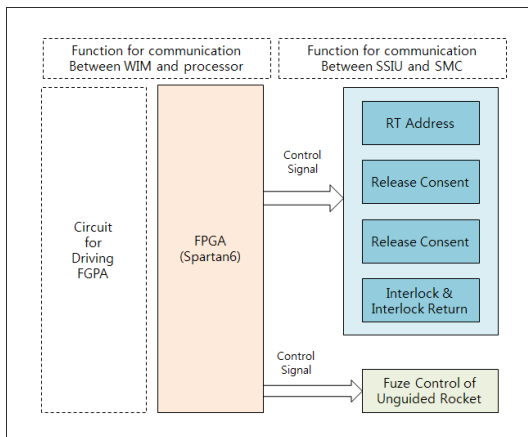


그림 4. 공통 WIM의 기능도
Fig. 4. Functional diagram of common WIM

디지털 아날로그 변환회로를 통해 Fuze 설정에 필요한 아날로그 신호로 변환된다. 공통 WIM은 SSIU의 프로세서와 PCIe로 연동할 수 있으며 SMC와 이더넷으로 연동할 수 있다.

2.3 분산형 FCS의 공통 WIM 제작 및 검증

제안한 공통 WIM은 그림 5와 같이 3U 크기에 FPGA 로직과 전자회로를 이용하여 구현하였다. FPGA는 Spartan 6를 적용하였으며 구현된 로직은 SSIU의 프로세서 명령을 PCIe로 받아 무장 연동에 필요한 1760 Discrete 입출력, 로켓 발사에 필요한 Fuze 설정 신호와 Squib 제어 신호를 생성할수록 제작되었다. 또한 SMC와 연동할 수 있는 인터페이스를 가지고 있다.

공통 WIM 검증을 위해서는 SMC, SSIU, 무장 모의기, 모니터링 장비가 필요하다. 이를 위해 실제 RTOS (VxWorks 6.7)로 동작하는 SMC, SSIU, 무장 모의기를 구현하였다. 장비간 연동 점검을 위해 무장 모의기는 연동 데이터를 이더넷으로 연결된 PC에 전송하도록 구현하였다. SMC는 SSIU와의 연동을 위한 이더넷 통신이 가능한 SBC(Single Board Computer)로 구성되며 SSIU는 SBC, 공통 WIM, 항공기 전원 스위치, SSIU 전원 공급 모듈로 구성하였다. SMC는 무장 모의기와 1760 MUX로 통신하도록 설정하였다. 무장 모의기는 SBC, 1760 IO 모듈, 로켓 IO 모듈, 전원 공급 모듈로 구성되며 검증에 사용한 무장은 1760 메시지 형식에 따라 임의로 생성된 무장과 임의의 신관 특성을 가지는 무유도 로켓으로 정의하였다. SMC와 SSIU는 이더넷으로 연동하며 SSIU와 모의 무장은 해당 무장의 연동 방식으로 동작한다.

공통 WIM이 분산형 FCS에 적용 가능한 것을 검증하기 위해 무장 모의기에 1760 무장의 연동을 정의

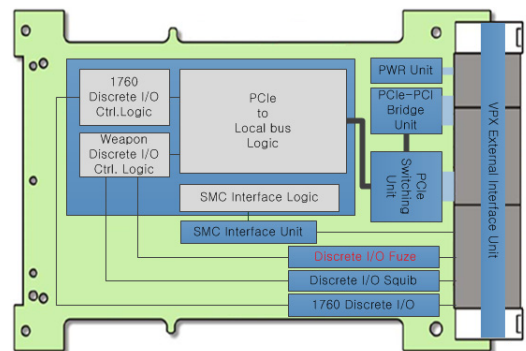


그림 5. 제작된 공통 WIM의 형상
Fig. 5. Configuration of fabricated common WIM

하였다. 정의된 1760 무장은 자체진단 시험(BIT, Built In Test), 안전/장전, 제티슨, 미사일 발사, 훈련 모드 진입 등을 명령받아 해당 명령에 대한 실행 여부를 판단할 수 있도록 구현하였다. 그림 6에 나타난 초록색 램프를 통해 공통 WIM이 1760 무장의 RT 주소를 정상적으로 설정한 것을 파악할 수 있었다. Release Consent 수행 시 해당 명령의 램프가 On 되고 Jettison 수행 시 모든 램프가 점멸하는 것을 통해 공통 WIM의 해당 신호가 정상적으로 동작한다는 사실을 검증할 수 있었다. 또한 무장의 발사 전 Interlock 신호가 On되고 발사 후 Interlock 신호가 Off 되는 모의 무장 특성에 따라 무장의 분리 상태를 파악할 수 있었다. 그림 7은 무유도 로켓의 연동을 검증하기 위한 GUI를 나타낸 것이다. 신관은 접촉 지연 신관으로 가정하였으며 접촉 시 폭발에 걸리는 시간은 20, 50, 100, 300, 400, 500 ms 로 설정하였다. 연동 시험을 위해 해당 지연 시간에 필요한 Timing과 Firing에 필요한 Capacitor의 전압을 정의하였다. 로켓 발사 신호 발생시 SSIU의 WIM이 SMC의 제어에 의해 로켓 발사에 필요한 신관 신호와 Squib 신호를 정해진 순서에 의해 발생하는 지를 확인하였으며 정해진 순서에 따라 제어되는 것을 확인하였다. 이상의 결과를 토대로 제한한 공통 WIM은 1760 무장과 비

1760 무장을 제어할 수 있는 것을 확인하였다.

III. 결 론

FCS의 구조를 집중형 구조와 분산형 구조로 나누어 각각의 특징에 대해 살펴보았다. 집중형 FCS는 시스템 설계가 단순하고 고장 분석과 성능 개량이 용이하며 분산형 FCS는 다수의 무장 제어와 경량화 설계에 유리한 장점이 있었다. 특히 분산형 FCS에 적합한 공통 WIM은 SSIU에 동작하는 3U 형태로 설계하였으며 실제 제작한 공통 WIM을 SMC, SSIU, 모의 무장을 이용하여 검증하였다. 검증에 활용한 모의 무장은 1760 메시지 형식에 따라 임의로 생성된 무장과 임의의 신관 특성을 가지는 무유도 로켓 모델을 적용하였다. 시험을 통해 분산형 FCS의 공통 WIM은 1760 무장과 비 1760 무장을 동시에 운용할 수 있다는 것을 확인하였다.

비록 LAH에 적용되는 무장을 사용하지는 않았지만 본 논문에서 제안한 분산형 FCS 공통 WIM의 설계 방안은 향후 개발될 LAH에 적용될 수 있으리라 판단된다. 이와 더불어 본 논문에서 수행한 FCS 구조에 대한 장단점 분석은 KF-X의 FCS 설계에 도움이 되리라 예상한다. 향후에는 소수의 무장을 운용하는데 적합한 집중형 구조의 FCS에 필요한 공통 WIM에 대하여도 연구를 진행하겠다.

References

- [1] M. K. Chong, D. Y. Kim, S. K. Kim, S. M. Chon, and H. G. Na, "Development of planar active electronically scanned array(AESA) radar prototype for airborne fighter," *The J. Korean Inst. Electromagnetic Eng. Sci.*, vol. 21, no. 12, pp. 1380-1393, 2010.
- [2] M. S. Kim, R. S. Koo, and Y. C. Rhee, "A study on barker code of radar pulse compression technique," *The Korea Inst. Electronic Commun. Sci.*, vol. 8, no. 4, pp. 541-547, 2013.
- [3] J. A. Cho, Y. Kim, B. Ahn, and S. Kim, "Target localization using particle filter with TDOA/FDOA measurements," in *Proc. KIECS Conf.*, pp. 156-157, 2011.
- [4] S. H. Choi, S. Y. Yoon, M. J. Kim, and B. H. Kim, "Target location error improvement of

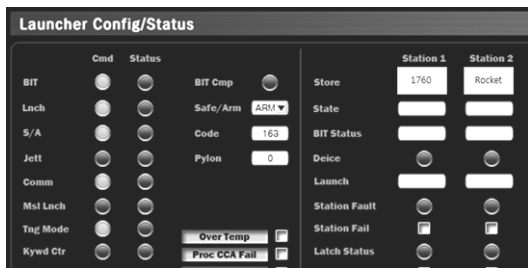


그림 6. WIM과 1760 무장 모의기간 연동 검증을 위한 GUI

Fig. 6. GUI for Verifying interface between the WIM and the 1760 Weapon Simulator

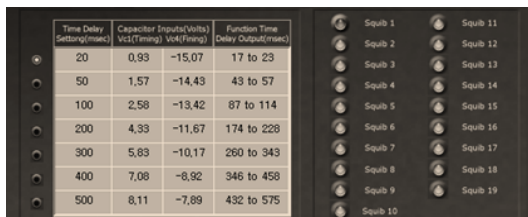


그림 7. WIM과 무유도 로켓 모의기간 연동 검증을 위한 GUI

Fig. 7. GUI for Verifying interface between the WIM and the unguided rocket Simulator

TADS(target aquisition and designation system) on the light armed helicopter,” in *Proc. The Korean Soc. Aeronautical & Space Sci. Conf.*, pp. 864-867, 2013.

- [5] S. H. Choi, S. Y. Yoon, M. J. Kim, and B. H. Kim, “Experimental research on radar and ESM measurement fusion technique using probabilistic data association for cooperative target tracking,” *The Korea Inst. Electronic Commun. Sci.*, vol. 37, no. 5, pp. 355-364, May 2012.
- [6] S. K. Han, W. S. Ra, I. H. Whang, S. H. Kim, and J. B. Park, “Bearing only cooperative target tracking for formation flying anti-ship missiles,” in *Proc. CICS*, pp. 337-338, 2013.
- [7] E. J. Kim, “Naval gun fire control system simulation for verification depending on development phase,” *J. Korea Soc. Simulation*, vol. 20, no. 2, pp. 41-48, 2011.
- [8] DD of U. S., *Military Handbook Aircraft/store electrical interconnection system*, 2000.

이 동 호 (Dongho Lee)



2006년 8월 : 경북대학교 전자공학과 박사
2006년 12월~2010년 5월 : 국방과학연구소 선임 연구원
2010년 5월~현재 : 삼성 탈레스 항공전자그룹 전문 연구원
<관심분야> 전자공학, 통신공학, 광통신 공학

박 한 준 (Hanjoon Park)



1997년 2월 : 국민대학교 전자공학과 졸업
1999년 2월 : 아주대학교 전자공학과 석사
2006년 8월~현재 : 삼성탈레스 항공전자그룹 수석 연구원
<관심분야> 전자공학, 통신공학, 광통신 공학