

DSM 기법에 의한 무기시스템 설계의 개선에 관한 연구

준회원 최 상 욱*, 종신회원 이 재 천*

On an Improved Weapon System Design Method based on the Design Structure Matrix (DSM) Approach

Sang-Wook Choi* Associate Member, Jae-Chon Lee* Lifelong Member

요 약

무기체계 시스템 개발에서는 분명히 기술 선도국이 존재하고 무기체계 개발경쟁에서 앞서 있는 것을 부인할 수 없는데, 여기에 더불어 시스템의 설계 정보에 접근이 거의 불가능하다는 것도 현실이다. 따라서 이미 배치되어 운용되고 있는 선도 시스템과 유사한 무기체계 시스템의 개발이 필요한 경우의 개발 방법론이 필요하다. 한 가지 접근 방법으로 기존에 선진국에서 개발된 유사한 시스템을 분석하여 설계 정보로 참조 하고, 이를 기반으로 추가적으로 설계 최적화에 대한 노력을 수행하는 것을 제시할 수 있다. 본 연구에서는 설계정보의 접근에 제약이 있는 선진 시스템에 대해 역공학 분석을 수행하여 설계 정보를 추출하여 정리해서 대상시스템의 기반 설계 정보로 활용하고, 이 설계 정보들을 DSM 기법을 활용하여 최적화 설계 구조로 개선하는 방법을 제시하였다. 시스템의 설계 예로 유도무기체계 개발에 적용하였다.

Key Words : Reverse Engineering, Systems Engineering, Design Structure Matrix (DSM), Optimization

ABSTRACT

A small number of countries are leading the world in the development of advanced weapon systems. In general, the access to the information on the design of advanced systems is limited. As such, when similar weapon systems need to be developed, a special methodology must be considered to catch up with both the technological and information barriers. In this paper, we study a design methodology based on the combination of the reverse engineering and the design structure matrix (DSM) approach. The methodology begins by analyzing the advanced system by reverse engineering and produces a set of design results in the form of physical architecture, functional architecture and system requirements. The design results are further enhanced by applying the DSM clustering. As a result, one can get an improved design result. As a target system, a guided missile system was considered.

I. 서 론

무기체계 시스템을 개발하는 데 가장 효율적이고 많이 쓰이는 방법 중 하나는 기존에 선진국에서 개발된 시스템을 분석하여 참고하는 것이다. 하지만 참고할 수 있는 설계 정보는 그 시스템을 만든 회

사의 기술력이기에 공개적으로 얻을 수 없다. 이렇듯 기존 시스템의 정보를 공개적으로 얻기 힘들 경우, 이를 상세 분석하여 일련의 명세서를 개발하는 과정을 역공학이라고 정의한다^{1,2)}.

이렇게 역공학을 통해 얻어진 설계 정보를 그대로 사용하기에는 시스템이 매우 복잡하기 때문에

* 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2009-0077514)

* 아주대학교 시스템공학과 모델기반시스템공학 연구실 (jaelee@ajou.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-08-377, 접수일자 : 2010년 8월 4일, 최종논문접수일자 : 2010년 11월 8일

그 시스템으로부터 얻어진 설계 정보가 최적화된 정보인지 확인하기 힘들다. 그렇다고 최적화 된 정보라 믿고 사용하기에는 시스템 오류가 발생할 수 있어 올바른 방법이 아니다. 이렇게 얻어진 설계 정보를 최적화 되도록 변경하는 방법으로 DSM의 Clustering 방법을 이용한다.

DSM (Design Structure Matrix)은 다양한 응용 분야에서 시스템 모델을 나타내고 분석하기 위한 일반적인 방법으로 시스템의 요소들 간의 관계들을 보여주는 정사각형 매트릭스이다.^[3] 그 분석 기법 중 하나인 Clustering은 “그룹 간에 서로 배타적인 또는 그룹간 상관관계를 최소로 하는 DSM 요소들의 그룹을 차는 프로세스”로 정의된다.^[4] 서로 상관관계가 높은 설계 정보들을 하나의 그룹으로 묶어 나가되 그룹 간의 상관관계가 최소가 되도록 하여 설계 정보를 최적화 시킬 수 있다.^[5]

위에 제시한 역공학과 DSM의 Clustering 방법을 통해 기존 시스템으로부터 설계 정보를 얻고 이를 최적화 분석을 통해 설계 변경을 하여 최적화하는 방법을 제시하는 것이 이 논문의 목표이다. 이를 위한 논문의 구성으로는 2장에서는 역공학을 통한 기존 유도무기 시스템의 설계 정보 도출에 대해 기술한다. 또한, 3장에서는 DSM 분석을 통한 기존 유도무기 시스템의 설계 최적화 검증 및 이를 활용하여 최적화 된 설계 변경 방법을 유도무기 시스템을 적용해 봄으로써 기술한다. 마지막으로 4장에서는 본 논문의 결과를 요약하고, 공헌에 대해서 기술한다.

II. 역공학을 통한 기존 유도무기 시스템의 설계 정보 도출

역공학의 방법론에는 여러 가지가 있다. 그러나 본 논문에서는 시스템공학 도구의 관점에서 각 단계에 어떤 결과물들이 생성되는지를 파악하기 쉽고,

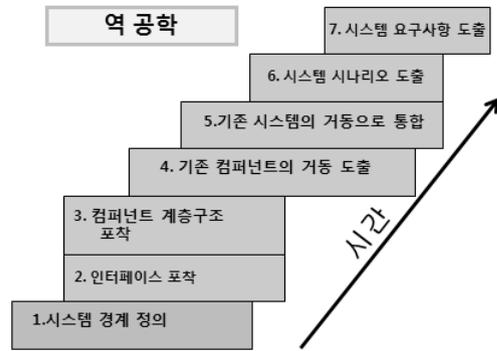


그림 1. Vitech 역공학 프로세스

순공학 프로세스를 반대로 나열하고 있어, 성능 개량이나 추가된 요구사항을 반영하는 재공학적 접근 가능하고, 연구의 각 단계가 수평적으로 추적성을 확보할 수 있는 장점이 있는 Vitech^[6]의 역공학 프로세스를 활용한다.

Vitech의 역공학 프로세스인 그림 1의 과정을 유도무기 시스템에 적용하면 컴포넌트 계층구조, 거동을 통한 기능분석, 시스템 요구사항과 같은 설계 정보를 얻을 수 있다. 그림 2는 Vitech 역공학 프로세스를 통해 얻은 유도무기 시스템의 컴포넌트 계층구조이다. 이를 통해 기존에 존재하는 유도무기 시스템의 물리적 구조가 그림 2와 같이 구성되어 있다는 것을 파악할 수 있다.

이렇게 얻은 컴포넌트 계층구조를 바탕으로 Vitech의 역공학 프로세스를 적용하여 각 컴포넌트의 거동을 도출하고 기존 시스템의 거동으로 통합하여 기능분석을 할 수 있다. 다음 그림 3은 유도무기 시스템의 거동모델이다. 이를 통해 각 컴포넌트가 어떻게 동작하고 어떠한 기능을 가지고 있는지를 파악할 수 있다.

이렇게 시스템의 거동모델을 얻었다면 이를 바탕으로 시스템 시나리오를 도출, 분석하여 시스템 요구사항을 얻을 수 있다. 그림 4는 이렇게 Vitech 역

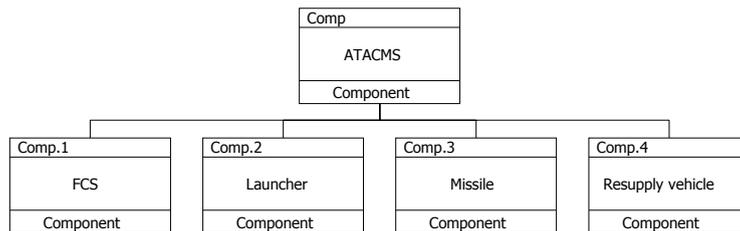


그림 2. 유도무기 시스템의 컴포넌트 계층구조

공학 프로세스를 통해 얻어진 유도무기 시스템의 요구사항이다.

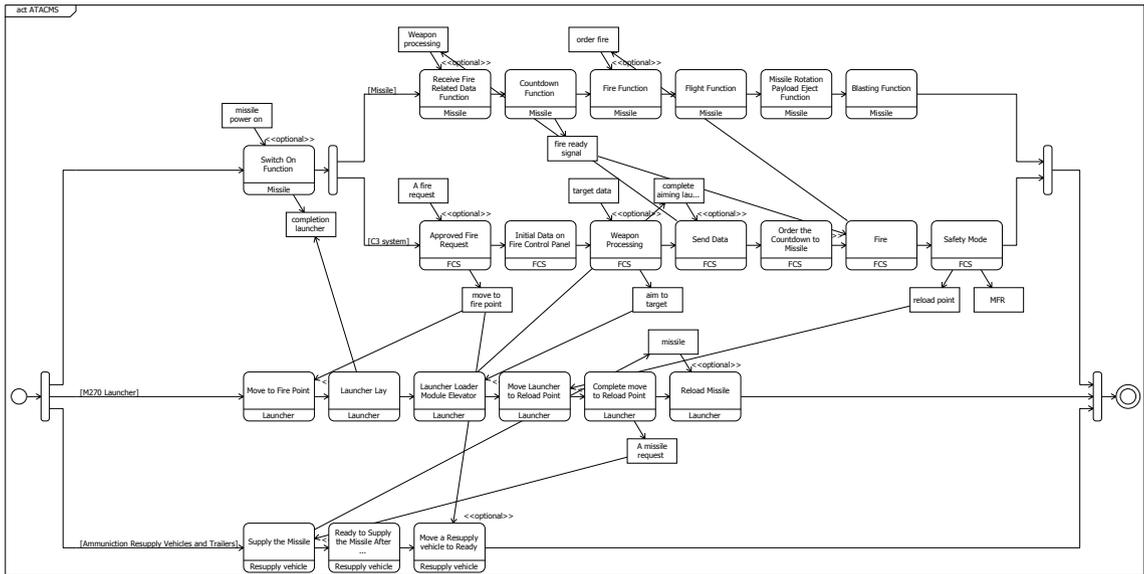


그림 3. 유도무기 시스템의 거동모델

A	B	C
Number	Naming	Description
OR.1	Missile	원거리 목표물의 파괴와 무력화를 위해 장거리 비행 및 목표물 공격임무를 수행할 수 있어야 한다.
OR.1.1	The effective range for fire	미사일 국제규제 허용범위(300km/500kg이하 기발/실산/배척)에서 작전운용능상 유도탄 사거리는150km급으로 기발한다.
OR.1.2	Warhead weight	MTOR(미사일 기술 통제 체계)탄두탑재량은 자탄, 절기장척, 탄두구조물, 인관을 포함(기체 몸포함)하며, 작전운용능상 유도탄의 탄두중량은 300kg급으로 규정한다.
OR.1.3	Accuracy	최대사거리(150km)시 450m이하, 불산탄두 운용을 고려한 허용오차내에서 유도탄 정확도는 3발(CEP)이내로 규정한다.
OR.1.4	Guided pattern	미사일의 정확도를 충족시키기 위해서 유도탄의 유도방식은 관성항법유도방식으로 채택한다.
OR.1.5	Propulsion pattern	유도탄의 중량/크기를 감소시키기 위해서 유도탄의 추진방식은 1단계 고체추진기관을 채택한다.
OR.1.6	Warhead/Fuse	업선 지역표적 제압에 적합하도록 유도탄의 탄두(인관은 불산자탄(충격인관), 자탄수는 500기 이상으로 하고, 지역표적 제압과 여정 폭발고도를 고려하여 불산반경은 200m±10% 범위에서 기발한다.
OR.2	Main equipment	주장비는 발사대, 유도탄 운반차량, 발사통제소로 구성한다.
OR.2.1	Launcher	발사대는 유도탄을 장착하고 발사전지까지 이동하여 유도탄을 발사할 수 있어야 한다.
OR.2.1.1	Type	발사대 형태는 작전반응시간 단축 및 기동성/실존성 증대를 위해 발사관 잠김 유도탄 탑재 이동식 발사대로 기발한다
OR.2.1.2	Max. movement velocity	발사대의 최대이동속도는 10톤급인차 시험평가를 적용(평탄한 포장도로에서 00km/h이상 가능, 평탄한 비포장도로에서 00km/h이상)하여 유도탄 탑재시 시속 00km/h이상(평탄한 도로)이 되도록 기발한다.
OR.2.2	Missile transport vehicle	유도탄 운반차량은 유도탄을 운반하고, 유도탄 인양 및 발사대 장착에 사용되도록 기발되어야 한다.
OR.2.2.1	Service	유도탄 운반차량의 용도는 유도탄 보급운반 및 발사대 유도탄 장착, 유도탄 장착용 크레인 설치용 포함한 유도탄 탑재이동능력으로 사용한다.
OR.2.2.2	Caring capacity	원활한 작전지원/탑재가능 수량을 고려하여 유도탄 운반차량의 탑재수량은 16발로 규정한다.
OR.2.2.3	Max. movement velocity	발사대와 동일한 주행성능을 확보하기 위해서 유도탄 운반차량의 최대이동속도는 유도탄 탑재시 시속 00km/h이상(평탄한 도로)이 되도록 기발한다.
OR.2.3	Fire control center	발사통제소는 발사통제장비를 갖추고 유도탄 발사에 관한 모든 임무를 통제할 수 있어야 한다.
OR.2.3.1	Type	발사대 발사차량이 탑재된 차량소요 감소와 기동성 증대 및 작전반응 시간 단축을 위해 발사 통제소의 형태는 발사대 발사차량 후면에 탑재식 병행형태로 탑재할 수 있도록 기발한다.
OR.2.3.2	Launcher control capacity	발사대 단독 임무 수행을 위해서 발사 통제소의 발사대 통제능력은 발사대 x대를 통제할 수 있도록 규정한다.
OR.3	Missile system operational need time	공격에 즉각 대응능력 보유를 위해서 작전소요시간은 4분 이내로 규정한다.

그림 4. 유도무기 시스템의 요구사항

III. DSM 분석을 통한 유도무기 시스템의 설계 최적화

2장에서 Vitech의 역공학 프로세스를 통해 유도무기 시스템의 컴포넌트 계층구조, 거동을 통한 기능분석, 시스템 요구사항과 같은 설계 정보를 얻을 수 있었다. 하지만 이렇게 얻어진 결과물들이 최적화된 설계를 위한 설계 정보인지는 또 다른 분석을 통해 이루어지지 않으면 알 수 없다. 맹목적으로 얻어진 결과물이 최적화 된 것이라고 판단하여 이러한 설계 정보를 그대로 가져다 쓸 경우 이 시스템의 최적화 되지 않은 부분 때문에 분석할 때 알지 못했던 문제가 발생할 수 있다. 또한 이러한 문제를 알고 난 후 변경하고자 한다면 역공학 분석을 통해 얻어진 설계 정보를 가지고 최적화 설계 확인을 하여 변경한 경우보다 훨씬 많은 비용과 일정을 초래할 것이다.^[7] 이러한 이유 때문에 개념설계 단계에서 역공학을 통해 얻어진 결과물을 가지고 최적화를 할 필요가 있다. 이런 최적화 방법론으로 본 논문에서는 DSM 분석의 Clustering을 이용한다.

그림 5는 2장에서 Vitech의 역공학 프로세스를 통해 얻어진 기능들의 집합을 DSM의 Clustering 분석을 이용하여 최적화 설계 확인을 한 것이다. Switch On Function이 Missile과 C3 system 모두

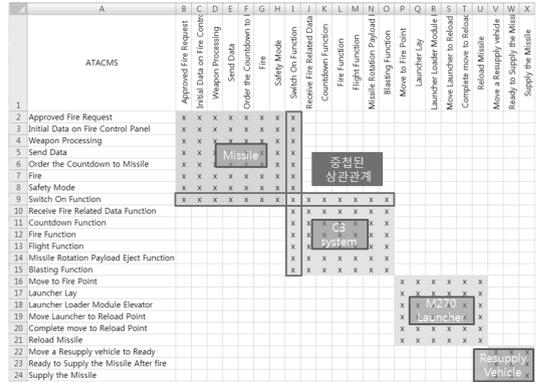


그림 5. 역공학을 통해 얻어진 유도무기 시스템 기능의 설계 최적화 분석 결과

와 상호 연관성을 가지는 것을 확인할 수 있다. 최적화 된 설계는 상관관계가 최소가 되게 하는 것을 원칙으로 한다. 그 이유는 그 기능이 잘못되면 여러 기능들이 동시에 작동을 하지 않기 때문이다. 역공학을 통해 분석된 기준에 존재하는 유도무기 시스템은 Switch On Function 기능이 작동을 하지 않을 경우 Missile과 C3 system 둘 다 작동을 하지 않도록 설계가 되어있어 최적화 된 설계 구조라 할 수 없다. 이를 활용하여 시스템을 개발할 때에는 이러한 부분을 수정할 필요가 있다.

개발할 유도무기 시스템에서는 중복되는 Switch

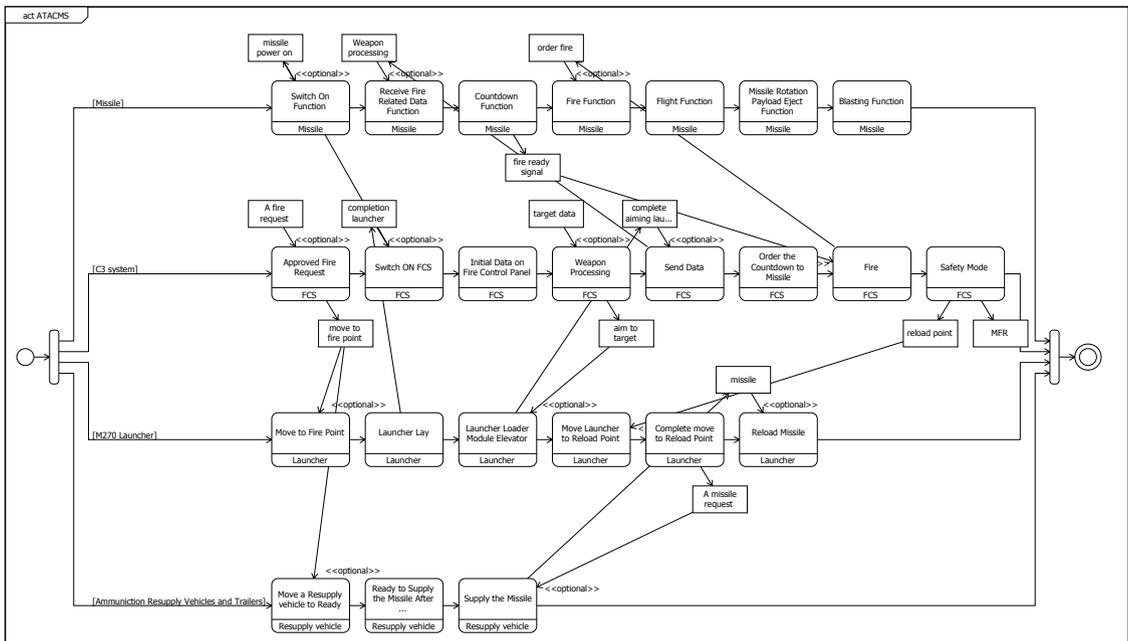


그림 6. 최적화를 위해 변경된 유도무기 시스템의 거동 모델

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1	ATACMS	Approved Fire Request	Switch on FCS	Initial Data on Fire Control Panel	Weapon Processing	Send Data	Order the Countdown to Missile	Fire	Safety Mode	Switch On Function	Receive Fire Related Data	Countdown Function	Fire Function	Flight Function	Missile Rotation Payload Eject Function	Blasting Function	Move to Fire Point	Launcher Lay	Launcher Loader Module Elevator	Move Launcher to Reload Point	Complete move to Reload Point	Reload Missile	Move a Resupply Vehicle to Ready	Move a Resupply Vehicle to Supply the Missile	Supply the Missile
2		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									

그림 7. 변경된 유도무기 시스템 기능의 설계 최적화 분석 결과

On Function을 Missile을 위해 작동하도록 변경하고 Switch ON FCS 기능을 추가하여 이를 C3 system만을 위해 작동하도록 그림 6과 같이 기능을 변경하였다.

이 설계를 Clustering을 통해 최적화 설계 확인한 것이 그림 7이다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 상관관계가 있는 것들이 하나의 컴포넌트로 묶어서 시스템이 설계된 것을 확인할 수 있어 최적화 된 설계 구조라는 것을 확인할 수 있다.

또한, 주어진 환경에 맞게 요구사항의 수정이 있어 변경이 필요한 경우 또한 그 요구사항에 관련된 기능을 변경한 후 위의 방법과 같이 Clustering 분석을 하면 변경한 것이 최적화 된 설계인 지 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 연구에서는 이미 배치되어 운용되고 있는 선도 시스템과 유사한 무기체계 시스템의 개발이 필요한 경우에 사용되어 질 수 있는 유용한 방법인 역공학 분석을 적용하여 선도 시스템의 설계 정보를 도출하고 이의 최적화 검증을 통해 최적화 되지 않은 설계 구조를 최적화 되도록 변경하여 최적화 된 무기체계 시스템의 설계 구조로 개선하는 방법을 유도무기 시스템에 적용하여 보임으로써 제시하였다.

이 연구를 통해 복잡한 무기체계 시스템의 개발에 역공학을 적용했을 때 발생할 수 있는 최적화

되지 않은 설계 구조를 DSM 분석을 통해 비교적 쉽게 미리 파악하여 오류를 사전에 방지할 수 있는 효과가 있다. 이러한 효과는 나중에 오류를 파악하여 설계 변경을 하였을 때보다 비용을 많이 줄일 수 있고 일정 또한 늦춰지지 않는 것으로 나타난다.

특히 이러한 방법은 시스템이 복잡하면 복잡할수록 유용하게 쓰일 수 있는 방법이다.

참 고 문 헌

- [1] M. G. Rekoﬀ, "On reverse engineering," in *Proc. of IEEE International Conf. on Systems, Man, and Cybernetics*, 1985, pp.244-252.
- [2] J. E. Long, "COTS: What you get (In addition to the potential development savings)," in *Proc. of INCOSE 2000 Mid Atlantic Regional Conf.*, Mineapolis, MN, 2000.
- [3] <http://www.dsmweb.org>
- [4] T. L. Yu and D. E. Goldberg, "Dependency structure matrix analysis: Oﬀline utility of the dependency structure matrix genetic algorithm," in *Proc. of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO-2004)*, 2004, pp.355-366.
- [5] A. Kossiakoff and W. N. Sweet, *Systems Engineering Principles and Practice*. Englewood Cliffs, NJ: J. Wiley and Sons, Inc., 2003.
- [6] <http://www.vitechcorp.com>
- [7] DAU, *Systems Engineering Fundamentals*. DAU Press, 2001, pp.7-8, 91-98.

최 상 욱 (Sang-wook Choi)

준회원



2009년 2월 동국대학교 전자공학과 학사

2009년 3월~현재 이주대학교 시스템공학과 석사과정

<관심분야> 시스템공학, 전자공학

이 재 천 (Jae-Chon Lee)

중신회원



1977년 2월 서울대학교 전자공
학과 공학사

1979년 2월 KAIST 전기 및 전
자공학과 (통신시스템) 공학
석사

1983년 8월 KAIST 전기 및 전
자공학과 (통신시스템) 공학

박사

1994년 9월~현재 이주대학교 시스템공학과 교수

<관심분야> 시스템공학, 모델기반시스템공학, 모델
링 및 시뮬레이션, 안전시스템공학