
스마트 약상자를 이용한 디지털 직접 복약 관리 시스템의 구축

김범준*

Implementation of Digital Directly Observed Treatment (DOT) System using a Smart Pillbox

Beom-Joon Kim *

요 약

우리나라가 점차 고령화 사회로 진입할 것으로 예상됨에 따라서 장기적인 투약대상자 역시 증가할 것으로 예상되고 있다. 특히 결핵의 경우 우리나라가 OECD 가입 국가 중 사망률에서 1위를 차지하고 있으며 이로 인한 사회적 비용 역시 매우 높은 형편이다. 이런 문제점을 해결하기 위해서는 환자에 대한 철저한 복약관리가 필요하지만 직접 복약관리 방식은 비용 등의 현실적인 어려움이 있는 것이 사실이다. 최근 이를 극복하기 위해서 IT 기술기반의 직접 복약 관리의 개념이 도입된 바 있고 본 논문에서는 스마트 약상자를 이용한 직접 복약 관리 시스템을 제안하고 이의 구현을 위해서 필수적인 역할을 담당하는 스마트 약상자의 요구 사항을 도출한다.

ABSTRACT

As Korea is expected to enter an aging society in near future, the number of patients who need a long-term prescription is expected to increase as well. In particular, Korea shows the highest in both the incident rate and the death rate among OECD member nations. The current situation requires more strict monitoring and management for patients' taking medicine, there are a few practical problems such as personnel expenses. Recently the concept of directly observed treatment (DOT) that is based on the IT technologies has been introduced. This paper, therefore, proposes a digital DOT system with a smart pillbox and drives key requirements for the smart pillbox that plays an important and essential role in the proposed digital DOT system.

키워드

Directly Observed Treatment (DOT), Smart Pillbox, IEEE 11073
직접복약관리, 스마트 약상자, IEEE 11073

1. 서 론

현대 사회가 고령화 사회로 급속하게 나아감에 따라 만성질환자, 복합질환자가 증가하고 이로 인한 장

기투약대상자가 점차 증가하고 있다. 이는 질병 치료에 따른 사회적 비용의 증가와 건강복지 증진에 걸림돌로 작용하고 있다. 그 대표적인 예로 만성 질환인 결핵의 경우 우리나라는 OECD 가입 국가 중 환자 발

* 계명대학교 전자공학과(bkim@kmu.ac.kr)
접수일자 : 2012. 09. 20

심사(수정)일자 : 2012. 09. 20

게재확정일자 : 2012. 10. 05

생물과 사망률에서 1위이며 2004년도 이후부터 계속적인 증가추세를 보이고 있다[1]. 또한 매년 결핵 치료로 투입되는 국가 예산 8,200억 원에 이르고 있고 결핵 환자의 45%가 20-40대로 후진국 형 결핵 추이와는 다르고 손실되는 사회적 비용 또한 매우 높다 [1]. 이와 같은 결핵 환자의 증가세는 치료를 위해서는 여러 가지 종류의 약을 6개월 이상 장기 복용해야 하는 번거로움에 있고 그 결과 특히 젊은 20-30대 층에서 치료를 중단하는 사례가 많은 것으로 조사되고 있다[2][3].

이러한 결핵 등의 사회적 질환의 치료 효율성 증대를 위해 세계보건기구(World Health Organization; WHO)에서는 DOTS(Direct Observed Treatment Short-course)를 통한 관리 체계의 도입을 적극 권장하고 있다[4]. WHO가 권장하는 DOTS 프로그램은 잘 훈련된 관리요원(의료진이 아니라도 상관없음)이 환자의 약 복용에 대한 소극적인 관찰이나 사후 평가를 넘어서 환자가 약을 먹지 않았을 때 개입하여 적극적인 조치를 취하는 행위(Aggressive Intervention)까지 포함한다. 그러나 미국의 경우에도 예산의 한계로 모든 초치료 폐결핵 환자를 대상으로 DOT를 시행하는 것은 아니고 치료 실패 위험성이 큰 환자군(High Risk For Non-Adherence)에 대하여 우선적으로 시행하고 있다. 이 때 DOT가 최상의 치료방법이라 여겨지는 대상 환자군의 선정 기준은 다음과 같다[4].

- 약제내성(drug resistance) 결핵균에 감염된 환자
- 처방약을 복용하지 않을 위험성이 큰 환자
- 행려 또는 주거부정자, 알코올 또는 마약중독자, 정신적 또는 정서, 육체 장애자로 스스로 약을 먹을 수 없는 환자, 소아 또는 청소년, 과거 약을 잘 복용하지 않은 환자

앞서 소개한 미국의 경우와 마찬가지로 우리나라 보건복지부에서도 2011년 결핵관리 사업지침을 통해 직접 복약 관리 (Directly Observed Treatment) 시스템의 도입을 서두르고 있다[2]. 특히 이러한 직접 복약 관리 시스템은 2020년까지 범국가 관리 사업 계획이 국가 정책으로서 수립되어 있는 상황이다.

DOT 시스템은 전담간호사 등의 관리요원이 전화나 방문을 통해서 직접 복약을 독려하고 관리하는 시

스템이다. DOT 시스템에 의한 약 복용은 편리하고 안전한 장소에서 하되 환자와 관리요원이 동의하면 아무데서나 가능하다. 만약 환자가 진료실로 오기 어려우면 관리요원이 환자가 있는 곳으로 가서 DOT를 시행할 수 있다. 환자의 근무시간이 문제될 경우 저녁 등 퇴근시간 이후 복용 가능하고 경우에 따라 DOT 관리요원으로 의사, 간호사 이외에 다른 사람을 선택할 수 있으나 환자의 가족이 DOT를 시행하는 관리요원이 될 수는 없다. DOT 관리요원은 환자가 복약 거부를 위해 약을 숨기거나 버리는 행위와 같은 수단을 쓰는데에 대한 관찰 및 상담을 실시할 수 있다.

하지만 관리요원을 필요로 하는 DOT 시스템의 경우 환자 1인 당 동수의 관리요원이 투입되어야 하는데 이로 인한 높은 비용 때문에 확대 보급되기 어려운 문제가 있다[5]. 이 문제점은 결핵 환자에 있어 더욱 절실하게 작용할 수 있는데 결핵은 다제내성(multiple resistance) 혹은 슈퍼결핵 등의 케이스를 제외하고는 최소 6개월 이상 꾸준히 복약 처방 준수를 마치면 완치될 수 있는 질환이다[6][7]. 즉 결핵의 치료는 치료방법이나 약이 없어 어려운 것이 아니라 꾸준한 환자 관리가 이뤄지지 않는 것 가장 중요한 문제이며 결핵 치료에 실패할 경우 주변 사람에게 결핵균을 전파해 새로운 감염자를 만드는 등 약순환이 반복될 수도 있다. 그럼에도 불구하고 결핵은 현재 초기 치료 성공률 약 50% 수준으로 치료 실패 및 약제내성 결핵이 증가하고 있는 추세이다. 이 같은 증가 추세의 주요 원인으로 지적되는 것 중 하나가 체계적인 복약 관리의 부재이다[8][9].

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 아주 최근에 등장한 방안이 우리나라의 앞서있는 IT기술[20],[21], [22]을 활용한 디지털 DOT 시스템이다[10]. 디지털 DOT 시스템은 IT기술이 접목된 디지털 복약 보조 기기를 이용하여 복약이 정량으로 정시에 이루어질 수 있도록 하고 네트워크를 이용한 병원, 약국 등과의 외부와의 정보 교환을 통해서 환자의 복용 현황에 대한 자동화된 관리 및 모니터링 체계를 구축하는 것이다. 이와 같은 디지털 DOT 시스템을 구축하기 위해서는 환자의 맥내에서 환자의 정확한 약 복용을 돕는 한편 복용 상태를 감시하고 보고하는 등의 기능을 갖춘 디지털 복약 기기의 개발이 필수적으로 요구된다. 따라서 본 논문에서는 스마트 약상자를 개발하고 이를 이용한 디지털 직접 복약 관리 시스템을

제안하고자 한다.

II. 기존 스마트 약상자 개발 사례

본 연구에 앞서 본 연구를 통해서 개발하고자 하는 스마트 약상자와 유사한 형태로 복약을 도와주는 목적으로 개발되어 출시된 기기의 사례를 찾아 분석하였다[11]~[15]. 복약 관리의 중요성은 국내보다는 미국을 중심으로 하는 국외에서 먼저 인식되어졌고 그에 따라서 복약 보조 기기의 개발 및 출시 역시 대부분 미국에 의해 주도되고 있다. 국내에서도 몇몇 제품의 개발 사례가 있었으나 국외 제품에 비해서 기능이 제한적이고 상용화를 위해서는 추가적인 개발이 요구되는 상태임을 알 수 있다.

2.1 PillStation (Senticare사, 미국)

그림 1에 나타난 PillStation은 미국의 Senticare사 [11]에 의해서 개발된 미국에서 보편적으로 이루어지고 있는 병약 처방을 지원하는 대표적인 복약 관리 기기이다. 본체 내에 알약을 저장하고 약에 대한 광학 스캔을 통해서 환자로 하여금 올바른 복약이 이루어질 수 있도록 지원한다. 그리고 유무선 통신을 통하여 관리자에게 복약 상태를 관리자에게 전송하여 약의 오복용을 방지할 수 있는 기능을 제공한다. 그러나 연간 \$1,500~2,000의 높은 비용과 환자 단독으로는 사용하지 못하고 반드시 병원 등과 같은 관리 기관과 연결되어 사용되어야 하는 단점이 있다.



그림 1. PillStation(Senticare社, 미국)
Fig. 1 PillStation(Senticare, US)

2.2 GlowCaps (Vitality사, 미국)

그림 2에 나타난 GlowCaps는 미국의 Vitality사[12]에 의해서 개발된 복약 관리 기기로서 복약 시간이 되면 약병 뚜껑이 소리와 불빛으로 환자에게 이를 알리는 방식으로 동작한다. 만약 이와 같은 알림에도 불구하고 약병이 닫혀있으면 무선으로 제조사의 네트워크에 접속하고 이를 통하여 환자에게 전화 발신을 통해서 2차로 복약을 알리는 기능을 가지고 있다. 사용자의 복약 여부는 제조사 네트워크로 전송되어 내부의 데이터베이스에 저장되며 주간, 월간 단위로 환자, 보호자, 주치의에게 보고된다. 병약 형태의 처방만 지원 가능하며 캡 당 \$30, 관리비로 매년 \$180의 비용이 발생한다.



그림 2. GlowCaps (Vitality社, 미국)
Fig. 2 GlowCaps (Vitality, US)

2.3 MedSignals (MedSignals사, 미국)

그림 3은 미국의 MedSignals사[13]에 의해서 개발된 약상자 형 복약 관리 기기로서 4개의 약을 담을 수 있는 컨테이너가 있어 4종류 이하의 약제 처방에 대한 복약 지원이 가능하다. 주로 기기 단독(stand alone)으로 동작하여 복약을 알리기 위해서는 소리와 LED 전구의 불빛을 사용하지만 별도의 받침대(cradle)를 사용하는 경우 전화선을 통한 외부 연결도 지원된다. 복약 관리가 환자 본인에 의해서 이루어져야 하고 반드시 병약 형태의 처방이어야 한다는 제한이 있다.

표 1. 제안하는 디지털 복약 관리 시스템을 위한 스마트 약상자의 요구사항
Table 1. Requirements for the smart pillbox used in the proposed digital directly treatment system(DOT)

요구 기능	요구 기능에 따른 세부 요구사항
약의 보관 및 배출	<ul style="list-style-type: none"> 장기 복용 환자 지원을 위하여 50개 이상의 약포지 보관이 가능해야 한다. 자동 포장된 연결형 약포지를 지원할 수 있어야 한다. 과 복용 방지를 위하여 센서를 이용한 1회 단위의 약포지 인식 및 배출이 가능해야 한다.
복약 알림 및 지도	<ul style="list-style-type: none"> 멀티미디어 (음성, 소리, LED 조명 등) 형태로 약 복용을 알릴 수 있어야 한다. 외출 또는 미복용 시 문자 메시지 및 스마트 폰을 통하여 약 복용을 알릴 수 있어야 한다.
유무선 통신 네트워크를 통한 다양한 기능	<ul style="list-style-type: none"> 병원, 약국, 환자 사이의 원격 처방전 관리가 가능해야 한다. 의사 및 보호자가 환자의 약복용 상태를 원격에서 모니터링 할 수 있어야 한다. 관련 국제 표준인 IEEE 11073 및 HL7과의 호환성을 제공할 수 있어야 한다.

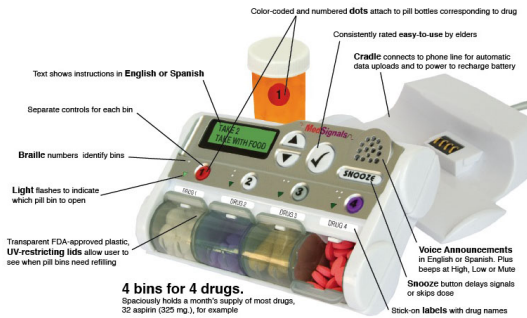


그림 3. MedSignals(MedSignals社, 미국)
Fig. 3 MedSignals(MedSignals, 미국)

2.4 자누리 (국내)

국내 중소기업인 자누리[14]는 두 가지 형태의 복약 도우미 제품을 개발하여 출시하였다. 그림 4에 나타난 것처럼 출시된 복약 도우미는 카트리지 형태의 자동 배출 방식의 약제 배출장치이며 전화 네트워크를 통한 데이터 전송이 가능하다는 특징이 있다. 그러나 약의 잔량에 대한 확인이 불가능하고 병원 혹은 요양원이 아닌 일반 가정에서 사용하기에는 다소 어려운 크기이며 로터리 배출 방식을 사용함으로 인한 배출 시 오작동의 가능성이 높다는 점이 단점을 가지고 있다.

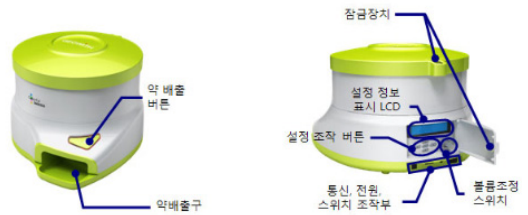


그림 4. 복약 도우미(자누리社, 한국)
Fig. 4 Medicine Taking Assistant(Januri, Korea)

2.5 SH제약 (국내)

SH제약[15]은 ETRI와의 공동연구를 통하여 그림 5와 같은 3구 보관함 형태의 약상자 시제품을 개발하였으나 이후 지속적인 개량과 사용화가 지연되고 있는 상태이다.



그림 5. 약상자(SH제약社, 한국)
Fig. 5 Pillbox(SH Medicine, Korea)

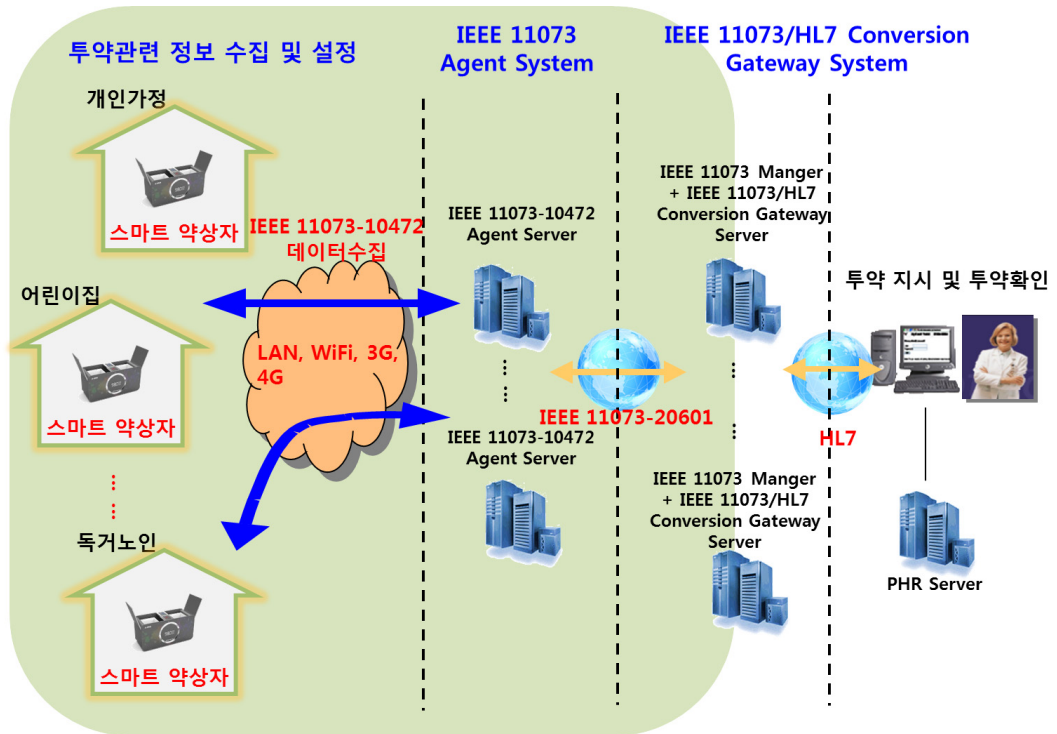


그림 6. 스마트 약상자를 이용한 제안하는 디지털 복약 관리 시스템의 개요
 Fig. 6 An overview of the proposed digital DOT system using the smart pillbox

III. 스마트 약상자 요구사항

3.1 기존 제품들의 문제점

앞의 II장 에서 살펴본 복약 보조 기기의 사례들을 통해서 국내보다는 미국을 중심으로 하는 국외에서 출시된 제품의 기능이나 성능이 상당히 우월함을 확인할 수 있었다. 그러나 국외의 제품은 병약 처방만을 지원하기 때문에 국내에서 그대로 사용되는 것은 불가능하다. 반면 국내에 출시된 제품은 단순히 약 보관을 하다가 정해진 시간에 알려주거나 배출하는 정도의 초보적인 수준의 기능만을 제공하고 있어 본 연구에서 목표로 하고 있는 디지털 DOT 시스템에 적용하기에는 무리가 있다. 특히 디지털 DOT 시스템의 구축을 위해서는 병원, 약국 등 외부 기관과의 실시간 정보 교환이 필요하다는 점을 고려하면 기기의 유무

선 네트워크 인터페이스를 통한 정보의 송수신이 필수적이다.

3.2 스마트 약상자의 개발 요구사항

앞서 언급한 바와 같이 디지털 DOT 시스템의 구축을 위한 핵심은 디지털 복약 기기의 개발이다. 그러나 아직까지는 국내외적으로 필요 수준에 맞는 제품 개발이 미비한 상황이다. 특히 병약 처방이 보편화되어 있는 국외에서 개발된 기기의 경우 약포지 처방이 보편화되어 있는 국내에서는 전혀 사용이 불가능한 형편이다.

따라서 본 논문에서는 제안하는 디지털 복약 관리 시스템의 구현을 위해서 사용되는 스마트 약상자 (smart pillbox)란 단순히 약을 보관하는 원래의 기능을 넘어서 약 복용이 정량으로 정시에 이루어질 수

있도록 도와주는 한편 병원, 약국, 보호자, 그 외의 의료기관 등에 환자의 복약 상태를 보고하는 등의 기능을 수행할 수 있는 지능화된 디지털 복약 기기로 정의할 수 있다. 이를 고려한 스마트 약상자의 요구사항을 도출하여 표 1에 정리하였다.

IV. 제안하는 디지털 복약 관리 시스템

다음 그림 6은 본 연구에서 제안하는 스마트 약상자를 활용한 IEEE 11073 PHD 표준[14] 기반의 디지털 복약 관리 시스템의 개요를 보여준다. 이를 통해서 자동화된 투약 정보 수집 및 설정이 가능하다.

이를 위해서는 서버기반 IEEE 11073 Agent Server System과 IEEE 11073 Manager System이 개발되어야 한다. 그림에서 볼 수 있듯 IEEE 11073 Agent는 스마트 약상자에 탑재되어 IEEE 11073 Manager와 IEEE 11073-20601 프로토콜 및 표 1의 DIM (Domain Information Model) 데이터 구조를 이용해 IEEE 11073-10472 Medication Monitoring Specification 기반으로 스마트 약상자의 정보를 수집 및 전송하거나 스마트 약상자의 환경을 원격으로 설정한다. 그리고 의료기관에서 의료정보의 전송을 위해서 사용하고 있는 표준 프로토콜인 HL7을 이용하여 스마트 약상자에 대한 정보 요청이나 환경 설정 등이 가능하도록 IEEE 11073과 HL7 프로토콜 간 연동을 위한 절차를 연동 게이트웨이가 수행하게 된다.

IEEE 11073 Agent Server System과 IEEE 11073 Manager System간의 통신을 위해서 IEEE 11073-20601에서 지정한 프로토콜을 이용한다. 이 과정에서 IEEE 11073 Agent Server System과 IEEE 11073 Manager System에는 IEEE 11073-20601 프로토콜 엔진이 탑재된다. 패키지를 구성하는 데이터는 IEEE 11073-20601에서 규정하고 있는 DIM 데이터 구조를 이용하게 되며 IEEE 11073 Agent Server System과 Manager System에서 생성 및 분석 모듈이 탑재된다.

V. 추후 연구

본 논문에서는 스마트 약상자를 개발하고 이를 이

용한 디지털 복약 관리 시스템을 제안하였다. 현재 스마트 약상자의 개발이 거의 완료 단계에 있으며 향후 이를 이용한 실험을 통하여 제안된 복약 관리 시스템의 효용성을 검증할 계획이다.

참고 문헌

- [1] 통계청, 2010년 사망원인통계연보(전국편), 10월, 2011.
- [2] 보건복지부 질병관리본부, 2011년 결핵관리지침
- [3] Pascaline Dupas, "Health Behavior in Developing Countries," SIEPR Summer Institute 2011, Stanford Economics Department and SIEPR, July, 2011.
- [4] WHO, Pursue high-quality DOTS expansion and enhancement, <http://www.who.int/tb/dots/en/>
- [5] 허재현, 김수진, 김주혁, 허순임, "복약지도 만족도가 복약순응도에 미치는 영향 : 외래환자를 대상으로," 한국임상약학회지, 19권, 제2호, 2009년.
- [6] H. J. Kim, Y. P. Hong, S. J. Kim, W. J. Lew, E. G. Lee, "Ambulatory treatment of multidrug-resistant pulmonary tuberculosis patients at a chest clinic," Int. J. Tuberc. Lung Dis., Vol. 5, No. 12, 2001.
- [7] A. Faustini, A. J. Hall, and A. Perucci, "Tuberculosis treatment outcomes in Europe: a systematic review," European Respiratory Journal, Vol. 26, No. 3, 2005.
- [8] A. Fraser, M. Paul, A. Attamna, and L. Leibovici, "Treatment of latent tuberculosis in persons at risk for multidrug-resistant tuberculosis: systematic review," Int. J. Tuberc. Lung Dis., Vol. 10, No. 1, 2006.
- [9] 고원중, 권오정, 김철홍, 안영미, 임성용, 윤종욱, 황정혜, 서지영, 정만표, 김호중, 이정욱, 서진숙 "한 민간종합병원에서 진단된 폐결핵 환자의 특성 및 치료성적," 결핵 및 호흡기 질환, 55권, 2호, pp. 154-164, 2003.
- [10] 한국형 DOT 시범사업 계획, 질병관리본부, 결핵 조기 퇴치를 위한 워크숍, 2012년 2월
- [11] <http://www.senticare.com>
- [12] <http://www.vitality.net>
- [13] <http://www.medisignals.com>
- [14] <http://www.januri.com>

- [15] <http://www.shpharma.co.kr>
- [16] IEEE 11073 Standard Committee, Engineering in Medicine and Biology Society, IEEE Std 11073-10472 - Device specialization - Medication monitor, March 2010.
- [17] 박찬용, 임준호, 박수준, 김승환, “유헬스케어 표준화 기술 동향,” 전자통신동향분석, 제25권, 제4호, 2010년.
- [18] 권순만, 김남순, “우울증 외래 환자의 항우울제 투약 순응도와 건강결과의 연관성,” 서울대학교 대학원, 보건학과, 박사학위논문, 2008년.
- [19] 정미애, “고혈압 환자의 투약순응도와 이에 영향을 미치는 요인 분석,” 한국콘텐츠학회 2010 춘계종합학술대회, 2010년.
- [20] 김정래, 이우철, 고윤식, “홈 네트워크 방식의 헬스케어 시스템 구현,” 한국전자통신학회논문지, 6권, 6호, pp. 987-991, 2011년.
- [21] 한영오, “비대용 유비쿼터스 헬스케어 모듈 개발,” 한국전자통신학회논문지, 7권, 4호, pp. 931-936, 2012년.
- [22] 김정자, 김진, “고령세대의 환경과 헬스케어 시스템 주택에 관한 연구,” 한국전자통신학회논문지, 7권, 4호, pp. 925-930, 2012년.

감사의 글

본 연구는 지식경제부·한국산업기술진흥원 지정 계명대학교 전자화자동차부품지역혁신센터의 지원에 의한 것입니다.

저자 소개



김범준(Beom-Joon Kim)

1996년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업 (공학사)

1998년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2003년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

계명대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 디지털복약관리, TCP, 모바일VoIP