

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2016.16.5.63>

IIBC 2016-5-10

## 오디오믹서용 디지털-아날로그 하이브리드 이중화 시스템 개발

### Development of Digital/Analog Hybrid Redundancy System for Audio Mixer

김관웅\*, 조주필\*\*

Kwan-Woong KIM\*, JUPHIL CHO\*\*

**요 약** 오디오 믹서(audio mixer)는 다수의 오디오 신호의 믹싱을 수행하는 전자장치이다, DSP기술과 IT기술의 발전으로 다양한 기능과 확장성을 가진 디지털 믹서가 시장에 보급되고 있다. 그러나 디지털믹서는 제어를 SW를 통해 수행하기 때문에 디지털 오류 또는 소프트웨어 오류에 대해 기존 아날로그 믹서에 비해 안정성에서 매우 취약하다. 본 논문에서는 이러한 문제점에 대응하기 위해 다채널 디지털 아날로그 하이브리드 믹서 구조와 디지털믹서 기능 고장 감지 메커니즘과 고장절체 기술을 제안하고 디지털-아날로그 이중화 구조를 가진 오디오 믹서를 개발하였다. 실험결과 전원상실을 제외한 디지털 믹서의 고장을 120ms내에 감지하고 자동으로 아날로그 믹서 모드로 전환하여 믹서 기능 상실 없이 끊임없는 방송 기능을 제공하였다.

**Abstract** Audio mixer is an electronic device which performs a mixing of multiple audio signals. Digital mixer having various functions and scalability is spreaded thanks to advanced DSP and IT technology. However, digital mixer is more vulnerable to stability comparing to conventional analog mixer in the digital error or software error sense because its control is executed by SW. To solve this problem, in this paper, we propose a multi-channel digital analog hybrid mixer scheme, digital mixer error detection mechanism and malfunctioning switching technique. Also we develop the audio mixer having digital-analog hybrid structure. By simulation, we can sense the error of digital mixer except power loss in a 120ms, change into analog mixer mode automatically and provide continuous broadcasting function without mixer function loss.

**Key Words** : Redundancy system, Ethernet, Digital Audio, CPLD, fault detection

## 1. 서 론

오디오 믹서(audio mixer)는 오디오 신호의 믹싱을 수행하는 전자장치이다. 여러 가지 이름으로 불리는데, 믹싱 콘솔(Mixing Console), 믹싱 데스크(Mixing Desk),

그리고 사운드 보드(Sound Board)라고도 한다. 오디오 믹서는 녹음 스튜디오, 방송, 영화 후반 작업, 그리고 확장 시스템(PA System)등과 같은 많은 환경에서 사용되고 있다.

오디오 믹서는 소리의 세기 및 음색, 그리고 위상과 서

\*정회원, (주)썬더테크놀로지

\*\*정회원, 군산대학교 IT정보 제어공학부 IT융합통신공학전공 (교신저자)

접수일자 : 2016년 7월 12일, 수정완료 : 2016년 9월 2일

게재확정일자 : 2016년 10월 7일

Received: 12 July, 2016 / Revised: 2 September, 2016 /

Accepted: 7 October, 2016

\*\*Corresponding Author : stefano@kunsan.ac.kr

Department of Integrated IT & Communication Engineering,  
Kunsan National University, Korea

라운드 이미지를 제어할 수 있다. 오디오 믹서는 신호의 처리 방식에 따라 아날로그 믹서, 디지털 등으로 크게 나눌 수 있고, 믹싱을 통해 수정된 신호(전압이나 디지털 샘플)는 하나의 혼합된 신호로 볼 수 있다. 즉, 각 신호들을 믹싱을 함으로써, 전혀 다른 신호가 생성되는데, 사람은 그것을 혼합된 소리로 인지한다는 의미이다.

최근에는 오디오 신호를 디지털로 처리하는 AD/DA 변환기술과 고속 디지털 신호처리(DSP : Digital Signal Processing) 기술의 발전으로 디지털 오디오 믹서가 보급되고 있다.<sup>[1-3]</sup>

아날로그 믹서와 디지털 믹서는 다른 특징을 가지고 있다. 아날로그 믹서는 디지털 믹서에 비해 신호처리과정이 간단하고, 하드웨어가 아날로그 회로만으로 구성되어 디지털 믹서에 비해 높은 안정성을 제공한다. 반면 디지털 믹서는 DSP 기술을 사용하므로 디지털 이펙트(Digital Effect), 딜레이, Compressor 등 다양한 다이나믹 프로세싱 기능을 내장하고 내장메모리를 이용해 설정 저장과 불러오기 등 다양한 편의기능을 제공한다. 그러나 소프트웨어 운영처리체계 기반이므로 아날로그 믹서에 비해 안정성이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 디지털믹서의 기능상실 또는 오동작에 따른 방송 사고를 방지하기 위한 기술이 필요하다.

본 연구에서는 디지털 믹서의 하드웨어 또는 소프트웨어의 오류에 의한 기능상실을 방지하기 위해 디지털-아날로그 믹서모듈을 내장한 하이브리드 이중화 구조를 가진 디지털 믹서 기술을 제안한다.

제안된 기술은 아날로그 믹싱과 디지털 믹싱을 결합한 하이브리드 오디오믹서에 관한 것으로 아날로그 믹서의 장점과 디지털 믹서의 장점을 결합한 기술이다.

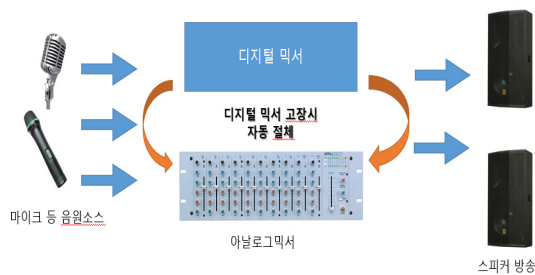


그림 1. 하이브리드 믹서 개념도  
Fig. 1. Concept of hybrid mixer scheme

## II. 기존 이중화 구현방법

다중화란 두 개 이상의 시스템을 구성하여 서비스 중인 한 시스템이 고장나더라도 고장이 발생한 시스템을 예비 시스템으로 대체하여 안정적으로 서비스할 수 있게 하는 것을 말한다. 예비 시스템을 운용하는 방법에 따라 no redundancy, 2N redundancy, N+M redundancy, N-way redundancy, N-way active redundancy 방식이 있다.<sup>[4]</sup>

2N 이중화 모델에서 Service Group(SG)에는 모든 Service Instance(SI)에 대하여 액티브한 하나의 Service Unit(SU)과 모든 SI에 대하여 stand-by중인 하나의 SU가 존재한다. 각 SI에는 최대 하나의 액티브 SU와 stand-by SU가 할당된다.<sup>[5]</sup>

No redundancy 방식은 정상적인 상황에서 하나의 SU는 액티브 상태에 있고, 나머지 SU는 스페어 상태에 있다. Active 상태의 SU에 장애가 발생하면 해당 SU는 폴트 상태가 되고, 스페어 상태의 SU 중 하나가 액티브 상태로 전환하게 된다. 폴트 상태의 SU는 복구 후 스페어 상태가 된다<sup>[6]</sup>. SU가 하나인 단일화 시스템은 하나의 액티브 SU만 있고, SU가 두 개인 이중화 시스템은 하나의 액티브 SU와 하나의 스페어 SU로 구성되며, SU가 세 개인 삼중화 시스템은 하나의 액티브 SU와 두개의 스페어 SU로 구성된다.

2N redundancy 방식은 정상적인 상황에서 하나의 SU는 액티브 상태에 있으며, 다른 하나의 SU는 stand-by 상태에 있고, 나머지 SU는 스페어 상태에 있다. 액티브 상태의 SU에 장애가 발생하면 해당 SU는 폴트 상태가 되고, stand-by 상태의 SU가 액티브 상태로 전환하며, 스페어 상태의 SU 중 하나가 stand-by 상태로 전환하게 된다. 폴트 상태의 SU는 복구 후 스페어 상태가 된다[1]. 정상적인 상황에서 SU가 두 개인 이중화 시스템은 하나의 액티브 SU와 하나의 stand-by SU로 구성되며, SU가 세 개인 삼중화 시스템은 하나의 액티브 SU와 하나의 stand-by SU 그리고 하나의 스페어 SU로 구성 된다.

본 연구에서는 2N Redundancy 방식이나 동일한 Service Unit(SU)이 아닌 디지털기반 믹서 모듈 형태의 Service Unit과 아날로그 믹서모듈형태의 Service Unit을 이용한 하이브리드 이중화 방법을 제시하고, 구현하여 이의 적합성을 증명하였다.

### III. 제안한 하이브리드 이중화 구조

#### 1. 하이브리드 믹서의 개념 및 구조

개발된 하이브리드 믹서는 아날로그 믹싱과 디지털 믹싱을 결합한 하이브리드 오디오믹서에 관한 것으로 아날로그 믹서의 장점과 디지털 믹서의 장점을 결합한 기술이다. 하이브리드 오디오 믹서는 아날로그 믹서모듈과 디지털 믹서모듈이 결합된 구조이다. 그림 2는 제안된 하이브리드 믹서의 구성도이다. 아날로그 믹서모듈과 디지털 오디오믹서 모듈은 오디오 입출력을 공유하는 구조로써, 평상시에는 디지털 믹서로 오디오 처리를 수행하다가, 디지털 믹서의 기능 고장이나 소프트웨어의 기능 상실이 발생한 경우, 출력이 디지털에서 아날로그 출력으로 변경된다.

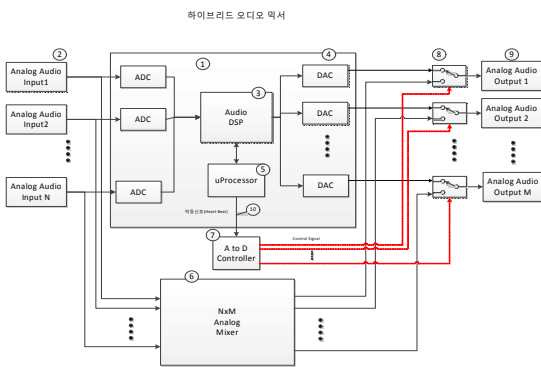


그림 2. 하이브리드 믹서 구성도  
 Fig. 2. Structure of hybrid mixer

그림 2의 ①은 디지털 메인 믹서로 아날로그 오디오 입력신호를 디지털로 변환하며 Audio DSP에서 주파수별 등화(EQ : Equalizing), 저음 제거 (High Pass Filter), 오디오 믹싱 및 매트릭스 (Mixing & Matrix)의 처리를 수행한다. 이러한 모든 기능은 ⑤의 임베디드 프로세서에 의해 수행되며, 사용자와의 Interaction은 TCP/IP기반으로 컴퓨터 기반 응용소프트웨어를 통해 수행된다. ⑥은 NxM 아날로그 믹서 모듈로 디지털 믹서와 오디오 입출력(그림 2의 ②, ⑨)을 공유한다.

하이브리드 믹서의 운영모드는 그림 2의 ⑦의 A to D Controller에 의해 제어된다. 아날로그 믹서 출력과 디지털 믹서출력간의 전환은 ⑧의 절체 스위치에 의해 제어된다. A-D Controller는 디지털 믹서모듈이 정상일 때는 디지털모듈의 출력이 아날로그 오디오 출력모

듈을 통해 최종 출력되고, 이상이 발생하면 스위치에 의해 아날로그 믹서모듈의 출력으로 전환된다.

#### 2. 고장 검출 및 전환 알고리즘

디지털 믹서의 고장 검출 및 전환은 A-D Controller에서 수행되며, 디지털 믹서모듈의 고장 유무는 임베디드 프로세서에서 전송하는 박동신호(Heart-beat signal)에 의존한다.

박동신호는 임베디드 프로세서의 GPIO 포트를 통해 A-D Controller에 전송되며 임베디드 프로세서의 응용 소프트웨어인 메인 프로세스는 모든 기능이 정상일 때 20KHz의 Square wave 형태의 박동신호를 발생시킨다.

Audio DSP의 고장이 감지되거나 메인프로세서가 정지될 때 박동신호를 발생시키지 않으므로, A-D Controller는 디지털믹서 모듈의 고장을 감지 할 수 있다. 그림 3의 수동 절체 스위치는 디지털 믹서가 정상이라도 운영 소프트웨어의 장애 등에 의해 운영자가 직접 제어해야될 상황에 대비한 기능이다.

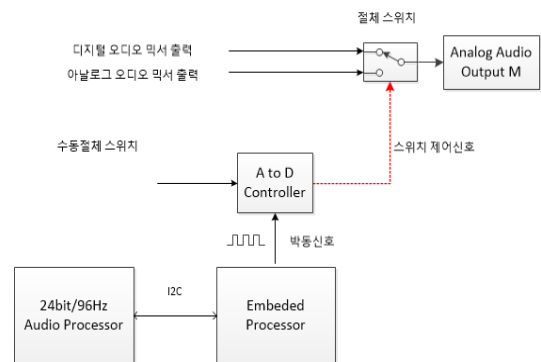


그림 3. 고장 감지 및 전환 회로 블럭도  
 Fig. 3. Fault detection & switching block diagram

그림 4는 AtoD Controller의 절체 알고리즘의 순서도이다.

수동스위치는 가장 우선순위가 높으며, 운영자가 수동 스위치를 누르면 강제로 디지털 믹서 모드에서 아날로그 믹서모드로 전환된다. 이 때 하이브리드 믹서의 메인프로세스는 운영 SW에 Ethernet을 통해 모드전환 이벤트 신호를 전송하여 현재 운영모드 상태를 UI 화면에 표시한다.

CPLD는 박동신호를 모니터링하며 high-low transition 이 일정 시간(100ms) 내 발생하지 않으면, 이상발생으로

판단하고, 그림 8의 절체 스위치를 동작시켜 아날로그 믹서 모드로 전환한다.

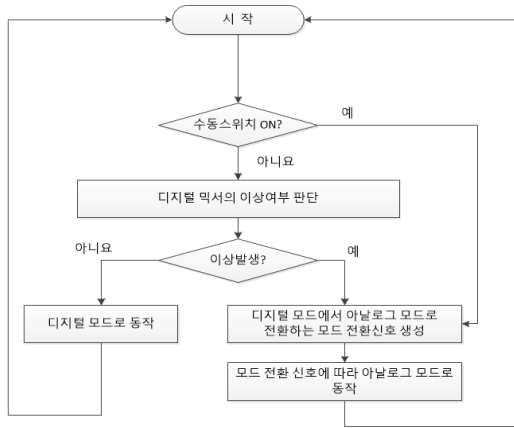


그림 4. AtoD Controller 절체 알고리즘  
Fig. 4. Switching mechanism of AtoD Controller

디지털믹서를 제어하는 임베디드 프로세서와 독립적으로 동작하는 구조를 위해서 A-D Controller는 Lattice사의 CPLD(Complex Programmable Logic Device)와 FPGA(Field Programmable Gate Array)인 LCMXO256 칩을 사용해 구현하였다. 그림 5는 A-D Controller 부의 회로도이다.

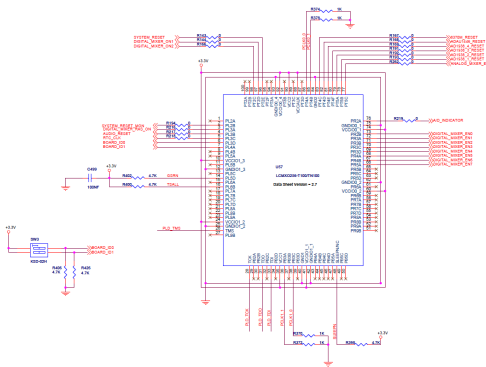


그림 5. A-to-D 컨트롤러 회로도  
Fig. 5. Circuit of A-to-D Controller block

### 3. 하이브리드 믹서 시제품 구현

하이브리드 오디오 믹서는 Arm 프로세서기반 임베디드 시스템 기반으로 제작되었다. 제작된 디지털 믹서의 사양은 다음과 같다. 그림 6은 제작된 디지털 믹서 보드이다.

- 1) Processor : Arm기반 900MHz Quad Core
- 2) Audio DSP : ADAU-1446
- 3) Digital 신호처리 : 24bit/96Khz
- 4) 고장감지 및 절체 : CPLD
- 5) 오디오 입출력 : 16 IN/8 Out
- 6) 네트워크 : 4Port 10/100/1000 Base-T

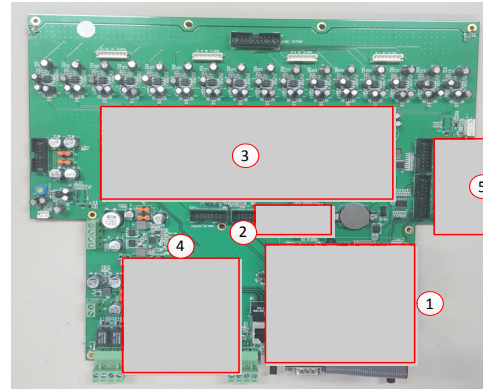


그림 6. 제작된 디지털 믹서 보드  
Fig. 6. Prototype of Digital Mixer Board

그림 6의 ①은 임베디드 프로세서부, ②는 고장검출 및 절체 제어부 (AtoD controller), ③ 디지털 오디오 DSP 처리부, ④ 는 네트워크 블록, ⑤는 그림 7의 아날로그 믹서 보드와 연결하는 커넥터로 구성된다.

그림 7은 제작된 아날로그 믹서 보드이며 그림 8은 완성된 하이브리드 오디오 믹서 시제품이다.

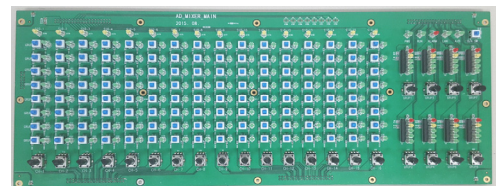


그림 7. 제작된 아날로그 믹서 보드  
Fig. 7. Prototype of Analog Mixer Board



그림 8. 제작된 하이브리드 믹서 시제품  
Fig. 8. Prototype of Hybrid Audio Mixer

## IV. 실험 및 결과

### 1. 시험 방법 및 절차

개발된 하이브리드 믹서의 고장검출 및 절체기능을 시험하기 위해서 그림 9와 같이 시험환경을 구축하고 시험을 실시하였다.

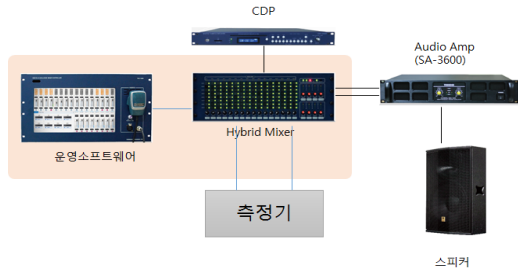


그림 9. 하이브리드 믹서 시험환경  
 Fig. 9. Hybrid Audio Mixer Test Platform

하이브리드 믹서의 디지털믹서 모듈의 고장은 임베디드 프로세서에서 실행하고 있는 소프트웨어를 강제로 섣다운시켜 발생시켰다. 시험은 고장검출 및 자동절체 기능을 시험하기 위한 자동절체 시험절차와 하이브리드 믹서의 전면 수동 스위치에 의한 강제 절차 기능을 표 1과 같이 수행하였다.

표 1. 시험절차  
 Table 1. Test Procedure and Method

(1) 자동절체 시험절차 및 방법
1) 운영프로그램을 이용해 하이브리드 믹서 안내방송을 송출한다.
2) 하이브리드 믹서의 운영 SW를 인위적으로 장애를 발생시킨다.
3) 디지털믹서 장에서 아날로그 믹서로 전환 되고 진행 중인 방송이 끊김이 없어야 한다.
4) 하이브리드 믹서의 운영 SW를 복구시킨다.
5) 하이브리드 믹서가 아날로그 믹서 모드에서 디지털 믹서모드로 복구되어야 한다.
6) 진행 중인 방송이 중단되지 않아야 한다.
7) 운영프로그램을 이용하여 현재 방송중인 안내방송을 중지한다.
8) 실제 방송이 중지되어야 한다.
9) 위 시험을 각각 100회 실시한다.
(2) 수동절체 시험절차 및 방법
1) 운영프로그램을 강제로 종료시킨다.
2) 하이브리드 믹서의 전면에 위치한 모드 전환스위치를 눌러 강제로 디지털믹서모드에서 아날로그믹서 모드로 전환한다.
3) 전면 패널의 아날로그믹서 입 출력과 볼륨을 조절한다.
4) 마이크 또는 CD플레이어를 통해 음원을 재생하여 스피커로 방송이 되는지 확인한다.
6) 모드전환 스위치를 수동 조작하여 원상태로 복구한다.
7) 위 시험을 각각 100회 실시한다.

### 2. 시험 결과

시험결과는 표와 같다. 100회 고장절체시험을 수행하여 100회 절체성공하였으며 고장검출 및 절체에 소요되는 시간은 124 ~ 125ms 소요되었다.

표 2. 시험 결과  
 Table 2. Test Result

(1) 시험 유형 1 : 자동절체 시험			
시험횟수	고장검출 및 절체성공횟수	실패횟수	평균 절체시간
100회	100	0	125ms
(2) 시험 유형 2 : 수동절체 시험			
시험횟수	절체성공횟수	실패횟수	평균 절체시간
100회	100	0	124ms

## V. 결 론

오디오 믹서는 프로용 방송장비에서 오디오신호의 믹싱, 볼륨 및 EQ 제어 등을 수행하는 핵심 장비이다.

DSP기술과 IT기술의 발전으로 다양한 기능과 확장성을 가진 디지털 믹서가 시장에 보급되고 있다. 그러나 디지털믹서는 제어를 컴퓨터 프로세서 기반이기 때문에 태생적으로 디지털 오류 또는 소프트웨어 오류에 대해 기존 아날로그 믹서에 비해 안정성에서 매우 취약하다.

본 논문에서는 이러한 문제점에 대응하기 위해 다채널 디지털 아날로그 하이브리드 믹서 구조와 디지털믹서 기능 고장 감지 메커니즘과 고장절체 기술을 제안하고 디지털-아날로그 이중화 구조를 가진 오디오 믹서를 개발하였다. 개발된 고장감지 및 절체기술을 시험하기 위해 시험 플랫폼을 구성하고 시험절차를 개발하였다. 시험결과, 디지털 믹서의 고장을 120ms내에 감지하고 자동으로 아날로그 믹서 모드로 전환하여 믹서 기능 상실 없이 끊임없는 방송 기능을 제공하였다.

## References

- [1] J. Eyre and J. Bier, "The evolution of DSPprocessor," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 17, Mar. 2000, pp. 43-51
- [2] Byun-Gon Kim, Kwan-Woong Kim, Dae-Ik Kim, "Network-based Digital Crossover for Active

Speakers”, Journal of Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 10, No. 2, 2015, (dx.doi.org/10.13067/JKIECS .2015.10.2.227)

- [3] Seong-Kweon Kim, Ju-Phil Cho and Jae-Sang Cha, “Performance Improvement of Current-mode Device for Digital Audio Processor”, The Institute of Internet, Broadcasting & Communication, Vol.8, No.5, 2008.
- [4] Jaechan Shim, Hongrim Ryu, Hoyong Ryu, Jaehyung Park, Yutae Lee, “Availability Analysis of Redundancy Models for Network System with Non-Stop Forwarding”, The Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 19, No. 12 : 2828~2835 Dec. 2015
- [5] The Service Availability Forum, Application Interface Specification, April 2003, <http://www.saforum.org>.
- [6] J. C. Shim, H. Y. Ryu, and S. H. Yang, “Trends of High Availability Networking Services”, Electronics and Telecommunications Trends, Vol.30, No.6, pp. 79-89, 2015.

### 조 주 필(정회원)



- 2001년 2월 : 전북대학교 전자공학과 공학박사
  - 2000년 ~ 2005년 : ETRI 이동통신연구단 선임연구원
  - 2006년 ~ 2007년 : ETRI 이동통신연구단 초빙연구원
  - 2011년 ~ 2012년 : 미국 USF, 교환교수
  - 2005년 ~ 현재 : 군산대학교 IT정보제어공학부 IT융합통신공학전공 교수
- <주관심분야 : LTE-A, 5세대 이동통신, Cognitive Radio, LED-ID, 방송통신융합기술>

### 저자 소개

#### 김 관 응(정회원)



- 1996년 : 전북대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 1998년 : 전북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2002년 8월 : 전북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 2010년 ~ 현재 : (주)썬더테크놀로지

<주관심분야 : 무선통신시스템, DSP 신호처리>

※ 본 연구는 2015년도 전북테크노파크 “산학연핵심기술개발 및 사업화 지원 사업”의 지원을 받아 수행된 연구입니다.