

# 2.4/5GHz 이중대역 RF 설계 및 구현과 성능 평가

정병익\* · 석경휴\*\*

## 2.4/5GHz Dual-Band RF Design and Implementation and Performance Evaluation

Byung-Ik Jung\* · Gyeong-Hyu Seok\*\*

### 요 약

본 논문에서는 기존 2.4GHz 대역을 이용한 무선 AV 감시시스템의 신뢰성과 안정성을 확보하기 위해서 2.4/5GHz 이중대역을 사용하였다. 제안된 시스템은 타신호(Wifi, Bluetooth 등)로부터 간섭을 회피하기 위해 동적 채널할당 및 채널 변경기술을 지원하고, 무선 CCTV 구축시 발생하는 유지 보수 비용을 절감 시키며 기존 유선 CCTV와 연동 가능해져 CCTV를 이용한 A/V 감시시스템의 서비스 영역을 확대할 수 있다.

### ABSTRACT

In this paper, the 2.4/5GHz dual band was used to ensure the reliability and stability of the wireless AV surveillance system using the existing 2.4GHz band. The proposed system supports dynamic channel allocation and channel change technology to avoid interference from other signals (Wifi, Bluetooth, etc.), reduces maintenance costs incurred when building wireless CCTV, and can be linked with existing wired CCTV. The service area of the A/V surveillance system used can be expanded.

### 키워드

2.4/5GHz Dual Band, Wireless CCTV, Transmission System, DVR System, ISM Band  
2.4/5GHz 듀얼 밴드, 무선 CCTV, 전송 시스템, DVR 시스템, ISM 밴드

## 1. 서 론

Binary CDMA 기반 무선 AV감시시스템에서 Binary CDMA 원천 기술을 기반으로 영상 감시 및 실시간 통제가 가능하도록 일련의 AV 송수신용 단말장치, 채널 처리장치, 이를 통합적으로 관리하는 소프트웨어의 개발하여, 이를 통해 국내외 지자체 교통망, 건축물의 안전한 보호와 관리를 지원하는 기술이다. 기존 2.4GHz 대역을 이용한 무선 AV 감시시스템의 신뢰성과 안정성을 확보하기 위해서 2.4/5GHz 이중대역을

사용하고 또한 타신호(Wifi, Bluetooth 등)으로부터 간섭을 회피하기 위해 동적 채널할당 및 채널 변경기술을 지원한다. 송신 스펙트럼의 Sideband신호를 억압하여 인접채널간 간섭을 제거해 줌으로써 무선 AV 감시시스템 망 구성시 QoS를 증가시키고, Binary CDMA 기반 이중대역 무선 AV 감시시스템의 안정성과 신뢰성을 확보하여 다양한 사회 안전 서비스를 제공할 것이다[1]. 최근 Wifi를 이용한 무선 AV 감시시스템이 상용화 되고 있으나 이 또한 설치 비용 부담과 단가가 고가인 특성으로 활성화에 맞춰

\* 동강대학교 시용합전기과(bi8258@dkc.ac.kr)

\*\* 교신저자 : 동강대학교 시용합전기과

• 접수 일 : 2023. 08. 19

• 수정완료일 : 2023. 09. 15

• 게재확정일 : 2023. 10. 17

• Received : Aug. 19, 2023, Revised : Sep. 15, 2023, Accepted : Oct. 17, 2023

• Corresponding Author : Gyeong-Hyu Seok

Donggang University,

Email : dol27@naver.com

Binary CDMA 기술은 TDMA와 CDMA 기술을 접목한 순수 국내 기술 기반의 고속 데이터 전송기술로서 Audio/Video 데이터의 QoS 서비스를 보장하는 핵심 기술에 대해 성능 평가 하고자 한다[2-6].

## II. 관련기술의 필요성

### 2.1 관련기술의 필요성

기존 유선 기반 CCTV시스템 및 IP 카메라시스템의 한계가 있고, 무인 점포와 무인 카오스기 운영의 감시에 대한 관심이 집중되면서 CCTV의 시스템 필요성이 증가되고, 보안/방범 장비의 신규 수요 및 기존 장비의 Upgrade 수요가 증가하고 있고, 무인화 자동화 설비가 증가 하면서 현장설비에 대한 원격감시 및 이동제어 등 무선화 설비의 필요성이 증가하고 있다[7-8].

대부분 현장에는 아날로그 CCTV 카메라를 이요한 DVR 감시시스템이 구축되어 있으며, 최신 IP 카메라의 등장으로 IP카메라와 Ethernet을 이용한 NVR 감시시스템이 활성화 되고 있다. 고가의 IP 카메라를 사용해야 되며 Ethernet 유선 설치부담 또한 발생하기 때문에 기축 건물에 적용하기에는 부담스럽고 대부분 신축건물에 적용되고 있으나, 최근 Wifi를 이용한 무선 AV 감시시스템이 상용화가 활성화가 되고 있다. Binary CDMA 기술은 TDMA와 CDMA 기술을 접목한 순수 국내 기술 기반의 고속 데이터 전송 기술로서 Audio/Video 데이터의 QoS 서비스를 보장하는 핵심 기술이다[9-11].

이중대역 AV 감시시스템에서 2.4GHz 및 5GHz대역을 활용하여 안정적이고 신뢰성이 우수한 영상기반의 감시시스템에 접목하고, 국산 무선 기술인 Binary CDMA기술을 이용하여 5GHz ISM 대역을 활용한 무선 CCTV 분야 시장 활성화가 필요하다[12-15].

### 2.2 제안기술

Binary CDMA기술을 이용한 AV 전송시스템 개발이 활성화 되고 있으며, 신뢰성과 안정성이 보장되면 다양한 응용분야에 적용될 것으로 예상됨에 따라 무선랜이나 다른 Binary CDMA 네트워크의 존재 유무에 따라 외부 간섭 신호의 세기를 검출하여 동적으로

채널 변경이 가능함으로써, 고 신뢰성의 시스템 구축이 가능하다.

무선 네트워크를 구성하는 노드에서 암호화 알고리즘을 사용하지 않을 경우, 불법적인 노드가 네트워크에 참가하여 도청/위변조와 같은 보안 공격을 가할 가능성이 있으며 이를 방지하기 위해 Binary CDMA 통신 칩에 내장된 국제 표준인 AES 알고리즘을 사용하여 보안 기능을 강화할 수 있다. A/V 송수신용 단말을 가진 기술 지원 시스템 구성도는 그림 1과 같다 [14-15].

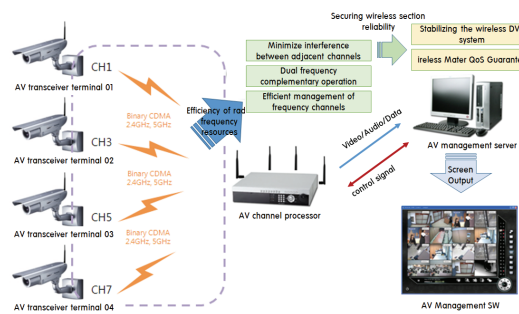


그림 1. Binary CDMA 기반 기술 지원 시스템 구성도  
Fig. 1 Binary CDMA-based technical support system configuration diagram

2.3 인접채널 간섭 최소화 AV 단말 설계 기술 지원  
기저대역 송신 스펙트럼 분석 및 Sideband Suppression 방법론을 고려해서 I&Q 채널별 외장형 Lowpass Filter 부품 분석하고, LPF 적용 기저대역 송신스펙트럼 분석한다.

영상전송을 위한 효율적인 기저대역칩셋 Main Clock Rate 분석에는 RF + 기저대역 통합형 통신모듈 개발을 적용하여 2.4/5GHz RF 칩셋별 RF 셋팅 파라미터 최적화한다.

## III. 2.4/5GHz 이중 대역 관리

### 3.1 효율적 채널 할당

효율적 채널 할당을 위해 2.4/5GHz 이중대역 지원 채널 Scan 기능 구현하여 채널별 RSSI(ED) 측정기술 및 최적 채널 선택, 할당 기술하고 그림 2에서와 같이 채널별 적응형 채널 관리 기술도 고려한다.

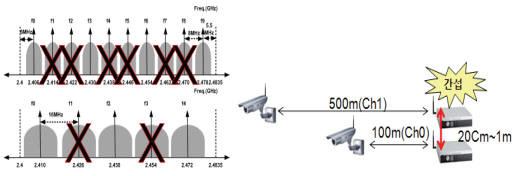


그림 2. 적응형(최적 채널 선택, 할당 기술) 채널 관리 기술

Fig. 2 Adaptive (optimal channel selection, allocation technology) channel management technology

### 3.2 무선 AV 최적 QoS를 지원

최적 QoS를 지원하기 위한 자원할당 스케줄링 기법은 영상, 음성, 데이터의 특성을 고려한 우선순위 기반 스케줄링 기술과 효율적인 MAC QoS 지원을 위한 가변적인 송수신 자원할당 기술을 적용하고, 그림 3에와 같이 주파수 환경을 고려한 동적 자원할당 알고리즘 설계 및 개발한다.

### 3.3 2.4GHz, 5GHz 주파수 관리 및 채널 변환 알고리즘

채널 상태 파악을 위한 무선 채널 자동 Scan 기능 지원에 Energy Detection Level을 이용한 최상의 무선채널 선택 알고리즘과 제한된 무선채널을 효율적으로 할당 할 수 있는 채널 관리 알고리즘에 대해 기술한다. 2.4GHz, 5GHz 대역을 사용하는 통신 단말장치와 상호 간섭 회피 기술과 최대 송신 출력 측정 방법을 고려하고, 그림 4에서와 같이 무선 통신기기 형식 승인을 위한 주파수 밴드를 설정한다. 형식승인용 MAC F/W 개발 지원을 만족한 송신스펙트럼 마스크 만족을 위한 H/W 설계 지원한다.

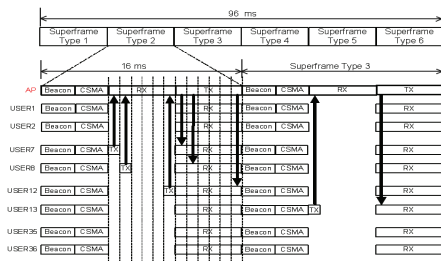


그림 3. 동적 자원할당 알고리즘 설계 및 개발  
Fig. 3 Design and development of dynamic resource allocation algorithm

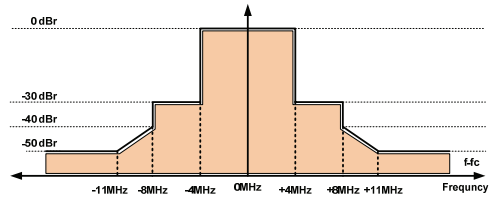


그림 4. 무선 통신기기 형식승인을 위한 주파수 밴드

Fig. 4 Frequency band for wireless communication device type approval

## IV. 2.4/5GHz 이중 대역 RF 칩셋

### 4.1 기저대역 칩과 인터페이스 분석

#### 1. RF 칩셋 비교

대부분의 2.4/5GHz대역에서 적용되는 Zero-IF 칩셋은 MAX2830과 유사한 구조로 되어 있다. 따라서 다른 RF 칩셋에 대한 설명은 아래 비교 Table를 통해 알아본다. MAX2822은 802.11b 전용 칩셋으로 17dB의 PA가 내장되어 있으며, 11b 전용에 맞게 성능이 아주 좋진 않은 편이다. MAX2829는 802.11b/g/a 듀얼 모드 트랜시버로서 2.4GHz와 5GHz 모두 사용가능하다. 따라서 MAX2829는 AP 제작시 유용하게 사용된다.

#### 2. RF 제어신호 분석

- TR\_SW, TR\_S
- WN : TR\_SW는 RF의 Tx와 Rx의 송수신신호를 분리하기 위해 사용되고 TR\_SW = '0'일 때 TX를 수행하고, TR\_SW = '1'일 때 RX를 수행
- PA\_EN : PA\_EN은 RF 칩셋 내부의 Power AMP를 ON 시킴
- TX\_ON : RF 칩셋의 TX 블록을 활성화
- RX\_ON : RF 칩셋의 RX 블록을 활성화
- RX\_1K : RF 칩셋 내부의 1KHz Highpass bandwidth를 제어함
- RF\_GAIN : MAX2822 칩셋의 LNA을 제어
- RF\_SHDNB : RF 칩셋의 Shutdown ('0'일 때 Shutdown)
- NRX\_TX : MAX2830 칩셋 전용

- RF\_CSB : RF 칩셋 내부의 레지스터를 Access 하는 3-Wire 인터페이스 중 Chip select
- RF\_SCLK : 3-wire 인터페이스 중 Serial Clock
- RF\_SDOUT : 3-wire 인터페이스 중 Serial Data
- AGC\_B[0:6] : RF 칩셋 내부의 Power AMP와 LNA를 제어하는 용도

표 1. 2.4GHz Zero-IF 칩셋 비교  
Table 1. 2.4GHz Zero-IF chipset comparison

division	MAX2822	MAX2829	MAX2830	AL2230S	AL7230
Frequency band used	2.4GHz	2.4GHz/5GHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz/5GHz
manufacture company	MAXIM	MAXIM	MAXIM	ALOHA	ALOHA
Standard compatible	802.11b	802.11b/g/a	802.11b/g	802.11b/g	802.11b/g/a
PowerAMP	built-in	External type	built-in	built-in	built-in
max output	17dBm@11b	-2.5dBm@54Mbps	17.1dBm@54Mbps	20dBm @11b 17dBm@11g	20dBm@11b 17dBm@11g 15dBm@11n
Tx Power Control Range	20dB	30dB	31dB	30dB	30dB
Sensitivity	-95dBm @ 1Mbps -85dBm @ 11Mbps	-75dBm@54Mbps	-75dBm@54Mbps	-	-
Rx Noise Figure	5.5dB	3.5dB	3.3dB	5dB	-
Dynamic Range	32dB(NF) 70dB(Baseband)	33dB(NF) 83dB(802.11g) 97dB(802.11n)	33dB(NF) 62dB(Baseband)	38dB(NF) 60dB(Baseband)	37dB(NF) 60dB(Baseband)
PLL	Integer-N synthesizer	16Bit Sigma Delta Fractional-N PLL	20Bit Sigma Delta Fractional-N PLL	Fractional-N synthesizer	Fractional-N synthesizer
Tx Sideband Suppression	35dB over	46dB	40dB over	-	-
operating voltage	+2.7V~+3.0V	+2.7V ~ +3.6V	+2.7V ~ 3.6V	3.0~3.6V(PA) 2.8V(MAIN)	3.3V(PA) 2.8V(Main)
RX I/Q DC-offset Calibration	require ~2.2us	200ns 이하	fast	-	-
Supply Current @ Tx Mode	220mA@17dBm	175mA@-2.5dBm	212mA @ 17.1dBm	227mA@16dBm 249mA@19dBm CCK	291mA@20dBm 315mA@15dBm CCK
operating temperature	-40°C ~ +85°C	-40°C ~ +85°C	-40°C ~ +85°C	-40°C ~ +85°C	-40°C ~ +85°C

3. RF 모드에 따른 제어신호

RF 제어신호 MAX2829는 자체 PA가 내장되지 않았기 때문에 별도의 외장 PA가 필요하며, 듀얼모드이기 때문에 칩셋이 매우 고가인 편이다. AIROHA에서 생산되는 AL2230S는 802.11b/g 전용칩이면서 PA가 내장되어 있고 성능 또한 우수하다.

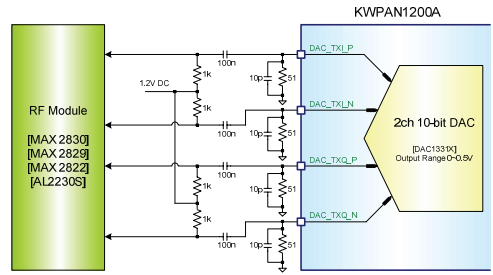


그림 5. TX DATA를 위한 DAC Analog신호 분석

Fig. 5 DAC Analog signal analysis for TX DATA

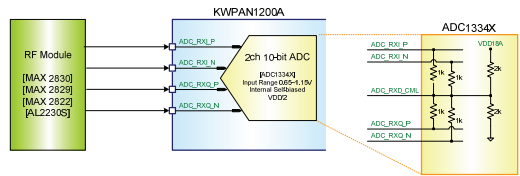


그림 6. RX DATA를 위한 ADC Analog신호 분석  
Fig. 6 ADC Analog signal analysis for RX DATA

4.2 RF 프로토타입 설계

1. AL7230 RF 프로토타입 회로설계

AL7230 RF 칩셋과 2.4GHz Balune, 5GHz Balune, Bandpass filter 등의 부품 이용하여 그림 000과 같이 OrCAD 회로도를 작성하였다.

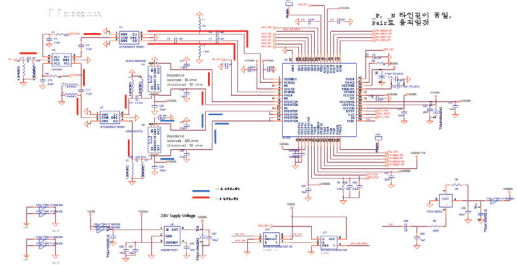


그림 7. AL7230 RF 프로토타입 회로  
Fig. 7 AL7230 RF prototype circuit

2. AL7230 RF 프로토타입 Artwork

OrCAD 회로도를 이용하여 50 Ohm matching과 100 Ohm Matching을 기반으로 Artwork을 수행하였다.

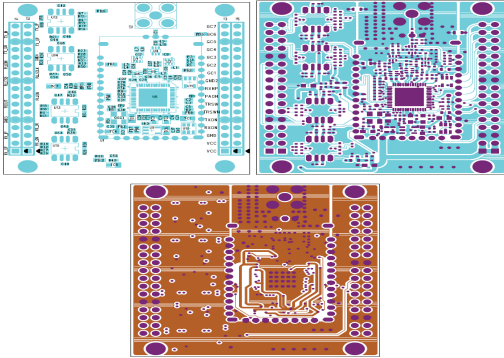


그림 8. AL7230 RF 프로토타입 Artwork  
Fig. 8 AL7230 RF Prototype Artwork

## V. 2.4/5GHz 이중 대역 RF 칩셋 성능 시험

### 5.1 AL2230 2.4GHz 전용 칩셋 수신 성능

무선통신모듈의 기저대역에서 임의의 데이터를 발생시킨 후 RF 블록과 연동하여 송신시험 및 수신시험을 테스트하였다.

### 5.2 AL7230 2.4/5GHz 이중대역 지원 칩셋 수신 성능

1. 2.4GHz RX 시험
  - A. Condition : RATE4(D-QPSK), Frame Length : 1024 bytes
  - B. Mac Mode : Normal mode
  - C. TX\_AGC\_WORD : 0x00(약 -3dBm)
  - D. Channel : Attenuator(73dB)
2. 5GHz RX 시험
  - A. Condition : RATE4(D-QPSK), Frame Length : 1024 bytes
  - B. Mac Mode : Normal mode
  - C. TX\_AGC\_WORD : 0x00(약 -5dBm)
  - D. Channel : Attenuator(70dB)

## VI. 결론

기술적 기대효과로는 혼잡주파수 대역인 2.4GHz

ISM 대역에서 5GHz ISM 대역으로 대체 가능하여 무선 AV 전송시스템의 안정성을 확보한다. 무선 AV 전송망을 구축시 채널수 부족에 따른 망구축의 어려움을 해결하고, 채널간 간섭을 최소화 하여 QoS를 보장하므로써 구축현장에서 발생할 수 있는 여러 문제점을 파악하고, 사용자의 요구사항을 적극적으로 반영하여 설계 및 구축하여 사용자의 불만을 최소화 한다. 2.4/5GHz 이중대역을 지원하는 Binary CDMA 무선 기술을 습득하여 무선 AV 시스템 뿐만 아니라, 무선 데이터 전송망 구축 기술을 확보하여, 다양한 Application 분야에서 최적화된 무선 솔루션에 대한 기술력을 가진다. 경제적 기대효과로는 기존 유선 AV 전송시스템(DVR)의 구축 비용, 유지보수 비용 절감하여, 유선 DVR 시장에서 무선 DVR 시스템 신규 시장 확대 가능하다. 타 상용 무선통신방식을 이용한 무선 AV 전송 분야에서 차별화된 기술 도입으로 니치 마켓 공략이 용이하여 다양한 Application에 최적화된 무선 솔루션을 이용하여 신규사업 발굴효과 기대된다.

## References

- [1] D. Kim, K. Choi, K. Kim, and K. Li, "A Feasibility Study on Crash Avoidance at Four-Way Stop-Sign-Controlled Intersections Using Wireless Sensor Networks," *Letter of The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Trans. Information and Systems*, vol. E92-D, no. 5, May 2009, pp. 1190-1193.
- [2] C. Yeon and K. Seok, "A study on radio wave resource management and industrial technology revitalization in the medical and energy fields," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 4, 2022, pp. 543-554.
- [3] C. Yeon and K. Seok, "Design and implementation of TDMA-based wireless IP video transmission system," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 6, 2022, pp. 1025-1032.
- [4] C. Yeon and K. Seok, "Inter-module interworking evaluation of TDMA-based wireless IP video



transmission system," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 18, no. 1, 2023, pp. 1-10.

[5] J. Nai-Karaki and A. Kamal, "Routing techniques in wireless sensor networks: a survey," *J. Mag. IEEE Wireless Communications*, vol. 11, no. 6, Dec. 2004, pp. 6-28.

[6] M. Son and Y. Kim, "A Study on Hierarchical Communication Method for Energy Efficiency in Sensor Network Environment," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 8, Aug. 2014, pp. 889-898.

[7] K. Lee, H. Lee, and Y. Kim, "Design and Implementation of a Systolic Architecture for Low Power Wireless Sensor Network," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 6, June 2015, pp. 749-755.

[8] Seoul Metropolitan Government Traffic Information Section, "2017 Seoul Metropolitan Traffic Volume Survey," *Technical report*, Mar. 2018.

[9] H. Kim and K. Seok, "Domestic radio waves propagate management and control systems investigate the system status," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 1, 2017, pp. 1-8.

[10] W. Choi and K. Seok, "Survey on ways to improve the system in preparation for changes in the radio management system," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 6, 2018, pp. 1145-1154.

[11] J. Yang, K. Seok, and H. Sin, "Technological and Social Significance of the Revision of the Radio Law," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 4, 2019, pp. 627-636.

[12] C. Yeon and K. Seok, "A study on radio wave management regulations in the United States to improve the domestic radio wave management system," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 3, 2020, pp. 379-388.

[13] M. Karpiriski, A. Senart, and V. Cahill, "Sensor networks for smart roads," In *Proc. IEEE Int. Conf. on Pervasive Computing and Communications*

*Workshops(PERCOMW)*, Pisa, Italy, Mar. 2006, pp. 1-5.

[14] W. Chen, L. Chen, Z. Chen, and S. Tu, "WITS: A Wireless Sensor Network for Intelligent Transportation System," In *Proc. IEEE Int. Multi-Symp. on Computer and Computational Sciences(IMSCCS)*, Hangzhou, China, June 2006, pp. 635-641.

[15] S. Yoo, "A Wireless Sensor Network-Based Portable Vehicle Detector Evaluation System," *Sensors J.*, vol. 13, no. 1, Jan. 2013, pp. 1160-1182.

### 저자 소개



#### 정병익(Byung-Ik Jung)

2007년 조선대학교 전기공학과 졸업(공학사)  
2013년 조선대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

2016년 ~ 현재 동강대학교 전기과 교수

※ 관심분야 : 전기통신시스템



#### 석경휴(Gyeong-Hyu Seok)

1995년 2월 호남대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1997년 8월 조선대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사)

2005년 2월 조선대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학박사)

2004년 3월 ~ 2017년 12월 청암대학교 병원의료정보과  
2018년 1월 ~ 현재 동강대학교

한국직업능력개발원 통신분야 평가위원

한국의료정보협회 이사

※ 관심분야 : 데이터통신, 신경망, 전파법, 전파관리, 의료정보 등