

2.4/5GHz 이중대역 RF 설계 기술에 대한 연구

정병익* · 석경휴**

A Study on 2.4/5GHz Dual-Band RF Design Technology

Byung-Ik Jung* · Gyeong-Hyu Seok**

요 약

본 논문에서는 2.4GHz 밴드 무선 접속 기술을 2.4/5GHz 이중대역을 지원하는 기술을 이용하여 유선의 한계성을 극복할 수 있는 무선 서비스 제공으로 무선 공공서비스의 품질을 향상시키고자 한다. 무선 CCTV 구축시 발생하는 유지 보수 비용을 절감 시키고, 기존 유선 CCTV와 연동 가능해져 CCTV를 이용한 A/V 감시시스템 서비스 영역을 확대에 대해 연구한다.

ABSTRACT

In this paper, it is said that the quality of wireless service has been improved by providing wireless service that can eventually overcome wired wires by using 2.4GHz band wireless access technology that supports 2.4/5GHz dual band. Increasing the maintenance cost incurred when building wireless CCTV, makes it possible to connect with existing CCTV, and study about expanding the service area of A/V surveillance system using CCTV.

키워드

Wireless CCTV, Transmission System, Dual Band, Module Interworking, A/V Surveillance System
무선 CCTV, 전송 시스템, 듀얼 밴드, 모듈 연동, A/V 감시 시스템

1. 서 론

제안된 기술은 2.4GHz 밴드 무선 접속 기술을 2.4/5GHz 이중대역을 지원하는 기술을 이용하여 유선의 한계성을 극복할 수 있는 무선 서비스 제공으로 무선 공공서비스의 품질을 향상시키고자 한다. 무선 CCTV 구축시 발생하는 유지 보수 비용을 절감 시키고, 기존 유선 CCTV와 연동 가능해져 CCTV를 이용한 A/V 감시시스템 서비스 영역을 확대하고자 한다. 기존 아날로그 CCTV 장비교체시

발생하는 선로 교체작업에 대한 비용부담과 원거리 선로 매설작업등의 비용부담을 줄일 수 있으며, 최근 Wi-Fi 기술을 이용한 무선 IP 카메라보다 각 카메라단말 영상의 QoS를 동급으로 유지할 수 있는 기술이다[1-3].

2.4/5GHz 이중대역 RF 설계 기술을 이용하여 기존 구축시스템의 CCTV 추가 증설시 구축 비용이 절감하고, 소출력 무선분야의 무선통신기술을 활용한 무선 전송 기술을 고급화하고자 한다[4-6].

* 동강대학교 전기과(jbi8258@dkc.ac.kr)

** 교신저자 : 동강대학교 전기과

• 접수일 : 2023. 02. 23

• 수정완료일 : 2023. 03. 19

• 게재확정일 : 2023. 04. 17

• Received : Feb. 23, 2022, Revised : Mar. 19, 2023, Accepted : Apr. 17, 2023

• Corresponding Author : Gyeong-Hyu Seok

Donggang University,

Email : dol27@naver.com

II. 관련기술의 필요성

2.1 관련기술의 필요성

기존 유선 기반 CCTV시스템 및 IP 카메라시스템의 한계가 있고, 최근 빈번하게 발생되고 있는 5대 범죄사건(살인, 강도, 강간, 절도, 폭력)으로 인한 치안에 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].

Wi-Fi기반 무선 IP 카메라시스템의 등장했으나 구축 미흡, QoS 한계가 있다. 최근 들어 유선 IP 카메라의 구축비용을 감축하고, 무선의 편리성을 제공하고자 Wi-Fi 기술을 이용한 무선 IP 카메라가 대거 등장하였으나, Wi-Fi를 이용한 무선 네트워킹 구축 시 경쟁할당방식(CSMA/CA)의 문제로 각 카메라 단말간의 QoS 품질이 상이하고, 스마트폰 사용자의 증가로 2.4/5GHz 대역의 주파수 간섭이 심하여 QoS 확보 측면 문제 발생한다[9-10].

2.4GHz Binary CDMA 기반 무선 AV감시시스템 상용화제품 적용에 접근하였으며 주력제품인 무선방범 시스템과 접목하여, 센서 및 영상정보를 이용한 고 신뢰성의 무선 감시시스템 등의 무선통신 기술이 절실히 필요하다[11].

2.2 제안기술

Binary CDMA기술을 접목한 순수 국내 기술 기반의 고속 데이터 전송기술로서 영상/음성데이터의 QoS서비스를 보장하는 핵심 기술이다. 2.4GHz Binary CDMA 기반 무선 AV감시시스템 상용화제품 적용에 접근하였으며 주력제품인 무선방범 시스템과 접목하여, 센서 및 영상정보를 이용한 고 신뢰성의 무선 감시시스템이다[12-13].

2.4GHz와 5GHz대역을 동시에 지원하는 무선 CCTV 시스템을 구축하고 동적 채널할당이 가능하여 영상데이터의 신뢰성과 안정성을 확보하는 기술적 파급효과를 가진다. 기존 유선 CCTV 구축이 어려운 환경에서 무선 CCTV 시스템으로 대체함으로써 CCTV를 활용한 대국민 안전 서비스 확대 가능하고, A/V 송수신용 단말을 가진 기본 감시 시스템 구성도는 그림 1과 같다[14-15].

2.3 제안기술의 설계 기술 내용

- 2.4/5GHz RF 칩셋 및 안테나 분석 및 기저대역 모델과의 인터페이스 연구
- 2.4/5GHz RF 프로토타입 설계 및 구현
- 최대 송신전력 분석 및 데이터 Rate 별 최소 필요 SNR 분석
- 2.4/5GHz RF 칩셋별 성능시험
- 2.4/5GHz RF 칩셋별 RF 셋팅 파라미터 최적화

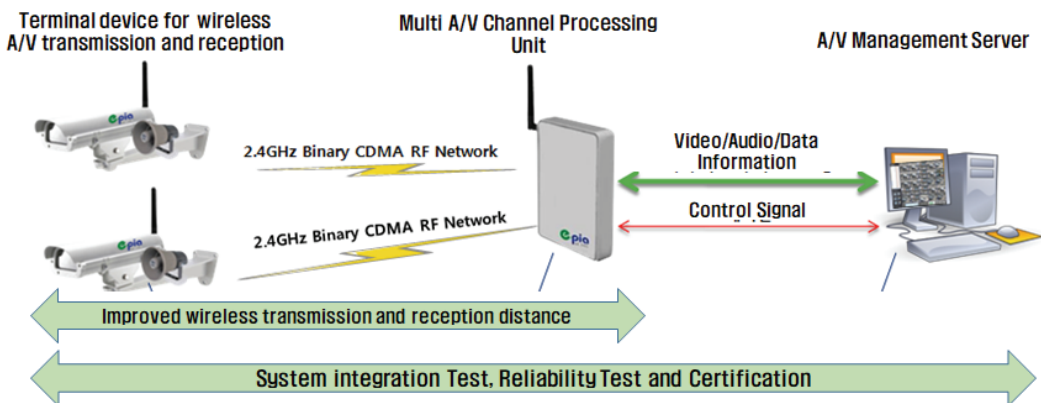


그림 1. Binary CDMA 기반 무선 AV 감시시스템 구성도
 Fig. 1 Binary CDMA-based wireless AV surveillance system configuration

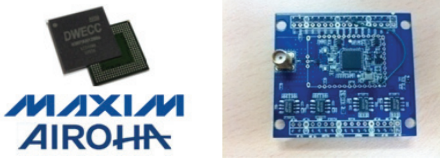


그림 2. 2.4/5GHz RF 칩셋
Fig. 2 2.4/5GHz RF chipset

III. 2.4/5GHz 이중대역 RF 설계 기술

3.1 RF 트랜시버 칩셋

1. MAX2830 칩셋 개요

현재 2.4GHz ISM 대역에서 사용중인 RF 칩셋은 Intersil, MAXIM, AIROHA 등 수많은 업체에서 제작 중이며, 대부분의 자료가 외부 유출이 안되기 때문에 칩셋에 대한 Datasheet를 구하기가 매우 어려운 실정이었다. 그러나 MAXIM 사와 AIROHA 사는 전자부품연구원의 자료를 토대로 RF 칩셋에 대한 기능을 파악해야 한다. MAXIM사에서는 2.4GHz 대역이 전용이고 PowerAMP가 내장된 MAX2830 칩셋과 2.4/5GHz 대역을 동시에 지원하나, Power AMP 가 내장되지 않은 MAX2829 칩셋이 있으며, AIROHA 사에서는 MAXIM과 유사하게 2.4GHz 대역만을 지원하고 Power AMP가 내장된 AL2230s와 2.4/5GHz대역을 지원하고 파워 앰프가 내장된 AL7230칩셋이 있다. Maxim사에서는 Datasheet를 상세하게 제시하는 바 Max2830을 주로 분석하고, 다른 칩셋은 내부 구조가 매우 흡사하기 때문에 기록도 와 특징을 위주로 알아본다.

2. MAX2830 칩셋 분석

ISM 대역 동작은 2.4GHz ~ 2.5GHz이고, IEEE 802.11g/b 호환 (54Mbps OFDM 및 11Mbps CCK)이다. RF 트랜시버, PA, Rx/Tx 및 안테나 다이버시티 스위치, 크리스털 발진기로 구성된다.

- 동급 최고의 트랜시버 성능
- 수신기 전류: 62mA
- Rx 잡음 지수: 3.3dB
- Rx 감도: -75dBm (54Mbps OFDM)
- I/Q 캘리브레이션 불필요

- Rx I/Q 이득/위상 불균형: 0.1dB/0.35°
- 33dB RF 및 62dB 베이스밴드 이득 제어 범위
- RF 이득 설정당 60dB 범위 아날로그 RSSI
- 신속한 Rx I/Q DC 오프셋 안정화
- 프로그래밍 가능 베이스밴드 저역통과 필터
- 스텝 간격이 20Hz 미만인 20비트 시그마-델타 Fractional-N PLL
- 디지털 튜닝방식의 수정 발진기
- 송신 전력: +17.1dBm (54Mbps OFDM에서 5.6% EVM)
- Tx 이득 제어 범위: 31dB
- 전력 검출기 내장
- 완전 통합 RF 입/출력 정합 및 DC 블로킹
- 직렬 또는 병렬 이득 제어 인터페이스
- 캘리브레이션 없이 40dB 이상의 Tx 측파대 억압
- Rx/Tx I/Q 에러 검출

트랜시버 동작 전압은 +2.7V ~ +3.6V이고, PA 동작 전압은 +2.7V ~ +4.2V으로 저전력 섀다운 모드는 소형, 48핀 TQFN 패키지 (7mm x 7mm x 0.8mm)을 가진다.

3. MAX2830 칩셋 구성

MAX2830 직접 변환, zero-IF, RF 트랜시버는 특별히 2.4GHz ~ 2.5GHz 802.11g/b WLAN 애플리케이션을 위해 설계되었다. MAX2830은 RF 트랜시버 기능을 구현하는 데 필요한 모든 회로를 완벽하게 통합함으로써 RF 전력 증폭기(PA), Rx/Tx 및 안테나 다이버시티 스위치, RF-베이스밴드 수신 경로, 베이스밴드-RF 송신 경로, VCO, 주파수 합성기, 크리스털 발진기 및 베이스밴드/제어 인터페이스를 제공한다. MAX2830에는 주파수 간격이 20Hz 미만이고 안정화 속도가 빠른 시그마-델타 RF 합성기와 저가의 크리스털을 이용할 수 있는 디지털 튜닝방식의 크리스털 발진기가 내장되어 있다. I/Q 캘리브레이션은 필요하지 않으나 보다 향상된 성능을 위해 온 칩 DC 오프셋 상쇄 및 I/Q 에러, 반송파 누설 검출 회로 또한 통합되어 있다. RF 대역통과 필터(BPF), 크리스털, 한 쌍의 발룬과 소수 수동 부품만으로 완벽한 802.11g/b WLAN RF 프런트 엔드 솔루션을 구현한다.

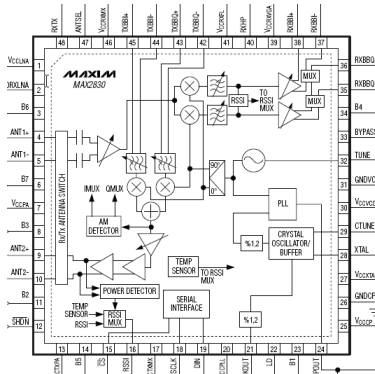
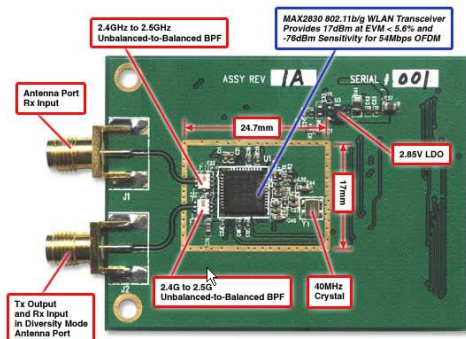


그림 3. MAX2830 칩 내부 블럭도
Fig. 3 MAX2830 chip internal block diagram

MAX2830은 수신기와 송신기 모두에 모놀리식 필터를 구현하고 있어 외부 SAW 필터를 사용할 필요가 없다. 베이스밴드 필터는 IEEE 802.11g 표준 및 최대 40MHz 채널 대역폭의 독자적인 터보 모드를 만족하도록 최적화되어 있다. 이 소자들은 802.11g OFDM 데이터 전송률 (6Mbps ~ 54Mbps) 및 802.11b QPSK와 CCK 데이터 전송률(1Mbps ~ 11Mbps)의 전 범위에 적합하다. 이들 IC는 불과 7mm x 7mm x 0.8mm의 소형, 48핀 TQFN 패키지로 제공된다.

MAX2830 칩셋은 송신단 최종 출력인 Power AMP 단 후단이나, 수신기 전단에 RX/TX 스위치와, 다이버시티를 위한 스위치가 내장되어 있다. RXTX 제어 신호와 ANTSEL 제어 신호통해 두개의 스위치를 제어한다.

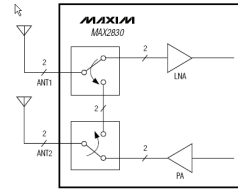


그림 4. MAX2830 논리회로
Fig. 4 MAX2830 Logic circuit

표 1. MAX2830 RX/TX 및 안테나 다양성
Table 1. MAX2830 RX/TX and Antenna Diversity

RXTX	ANTSEL	MIDE	ANTENA
0	0	Rx(main)	ANT1
0	1	Rx(diversity)	ANT2
1	X	Tx	ANT3

MAX2830의 수신단을 살펴보면 수신단은 LNA와 VGA, Direct conversion downconverter, I/Q baseband lowpass filter로 구성되어 있다.

3.2 RF 트랜시버 출력 분석

1. LNA 이득 제어

MAX2830의 LNA는 세가지 이득 모드가 있는데, Max gain 모드, Max gain - 16dB 모드, Max gain - 33dB 모드 이다. 이세가지 모드는 내부레지스터 셋팅으로 변경이 되지만 B7:B6 제어 신호를 통해 직접 제어가 가능하다.

표 2. LNA 이득 제어 설정
Table 2. LNA Gain-Control Setting

B7 or D6	B6 or D5	Name	Description
1	1	High	Max Gain
1	0	Medium	Max Gain - 16dB(typ)
0	X	Low	Max Gain - 33dB(typ)

2. 기저대역 가변 이득 증폭기(VGA)

기저대역에서 제어 가능한 VGA는 2dB 간격으로 62dB의 게인을 직접 제어가 가능하다. 이 게인 또한 내부 레지스터 셋팅으로 제어가 가능하나, B5:B1 핀으로 직접 제어가 가능하다.

표 3. 베이스밴드 VGA 이득 제어
Table 3. Baseband VGA Gain Control

B5:B1 or D4:D0	Gain
11111	Max
11110	Max - 2dB
11101	Max - 4dB
⋮	⋮
00000	Min

IV. 2.4/5G 대역 지원 수신기 모듈

4.1 무선 통신 수신 모듈

1. 수신기 기저대역 저역통과 필터

수신단은 8.5MHz(Normal mode)의 -3dB Corner frequency를 갖는 저역 통과 필터를 내장하고 있다. 이 필터는 20MHz에서 50dB의 감쇄효과가 있으며, 10KHz ~ 8.5MHz passband내에서 45ns 의 Group Delay가 있다. -3dB Corner frequency를 변경하기 위해서는 내부 레지스터값을 변경하면 되는데, 7.5MHz(11b mode), 8.5MHz(11g mode), 15MHz (turbo 1 mode) and 18MHz(turbo 2 mode) 등을 제어할 수 있다.

표 4. 수신기 LPF 거친 -3dB 주파수 설정
Table 4. Receiver LPF Coarse -3dB Frequency Setting

Bits(D1:D0)	-3dB Corner Frecny(Mhz)	Mode
00	7.5	11b
01	8.5	11g
10	15	Turbo1
11	18	Turbo2

2. 베이스밴드 하이패스 필터 및 DC 오프셋 보정

수신단은 I/Q 신호의 AC/DC coupling을 프로그래밍 할 수 있다. AC-coupling은 LO leakage나 DC offset를 빠르게 제거하는데 사용된다. DC offset 제거가 안정화가 되면 다른 수신 신호의 감쇄를 막기 위해서 DC-Coupling이 동작한다. AC-coupling은 RXHP가 “1”일 때 동작하며,

DC-coupling은 RXHP가 “0”일때 동작한다. DC-coupling의 -3dB corner frequency 는 내부 레지스터를 통해 변경가능하다.

표 5. 수신기 하이패스 필터 -3dB 주파수 프로그래밍
Table 5. Receiver Highpass filter -3dB frequency Programming

RXHP	A3:A0 = 0111, D13:D12	-3dB Highpass Corner Frecny(Hz)
1	XX	600k
0	00	100(recommended)
0	X1	4k
0	10	30k

3. 수신기 I/Q 베이스밴드 출력

수신기 I/Q 베이스밴드 출력(: Receiver I/Q Baseband Output), RXBBI+, RXBBI-, RXBBQ+, RXBBQ- 기저대역 출력신호는 ~300옴의 Differential 출력임피던스 가지며, 10KΩ||10pF의 로드를 구동할 수 있다. 내부적으로 1.2V 바이어스가 걸려 있으며, ADC입력에 DC-coupled 하려는 경향이 있다. 게다가 1.2V 바이어스는 1.2V ~ 1.5V 까지 내부레지스터를 통해 제어가 가능하다.

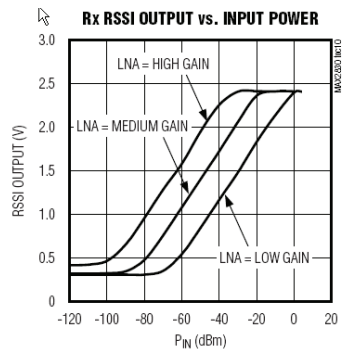


그림 5. RX RSSI 대 입력 전원(Pin)
Fig. 5 RX RSSI Vs Input Power (Pin)

4. 수신된 신호 강도 표시기

수신된 신호 강도 표시기(: RSSI(: Reveiced Signal Strength Indicator))에서 RXHP가 “1”일때 RSSI 핀을 통해 RSSI의 Analog 값이 출력된다. 이 핀은 MAX2830칩셋이 Tx 상태일때에는 PA 전력

검출기 출력값을 출력하고 Rx 상태일때는 RSSI 값을 출력한다. RSSI 출력은 RXHP가 “0” 일때 Disable 된다 RSSI는 I채널과 Q채널신호의 자승합에 대한 Log 값을 나타내며, 베이스밴드 필터 수신과 VGA사이에서 측정된다.

송신단은 베이스밴드 로우패스 필터와 다이렉트 업컨버전 믹서, VGA, PA driver, 그리고 선형 RF PA로 구성되어 있다. RXTX 핀이 “1”이고 SHDN이 “1”일때 Tx 상태가 된다.

4.2 무선 통신 송신 모듈

1. 송신기 I/Q 베이스밴드 입력

TXBBI+, TXBBI-, TXBBQ+, TXBBQ- 4개의 아날로그 입력신호는 기저대역 입력신호이며, 20KΩ ||1pF 의 차동 임피던스를 가진다. 입력 Common-mode 전압은 0.9V~1.3V를 필요로 하며, 기저대역 IC의 I채널과 Q채널 DAC 출력에 DC-coupled 되어 입력된다.

2. 송신기 베이스밴드 저역통과 필터

송신단은 기저대역 Lowpass 필터를 내장하며, -3dB Corner Frequency 가 4가지가 있으며, 내부 레지스터를 통해 제어가 가능하다.

표 6. 송신기 LPF -3dB 주파수 설정
Table 6. Transmitter LPF -3dB frequency Setting

Bits(D1:D0)	-3dB Coner Frecny(Mhz)	Mode
00	8	11b
01	11	11g
10	16.5	Turbo1
11	22.5	Turbo2

3. 송신기 가변 이득 증폭기

송신단의 VGA는 0.5dB 간격으로 31dB의 게인을 제어할 수 있다. MAXIMUM - 8 dB까지는 0.5dB 간격으로 제어 되나, 그 이하일 경우에는 1 dB 간격으로 제어된다. 내부레지스터를 통해서도 제어 가능하나, B6:B1 제어핀을 통해 직접 제어 가능하다.

표 7. 송신기 VGA 게인 제어 설정
Table 7. Transmitter VGA Gain-control Setting

No.	B5:B1 or D4:D0	Gain
63	11111	Max
62	11110	Max - 0.5dB
61	11101	Max - 1dB
⋮	⋮	⋮
49	110001	Max - 7dB
48	110000	Max - 7.5dB
47	101111	Max - 8dB
⋮	⋮	⋮
3	000011	Max - 30dB
2	000010	Max - 30dB
1	000001	Max - 31dB
0	000000	Max - 31dB

4. 전력 증폭기 바이어스 및 활성화 지연

MAX2830 칩셋은 17.1dBm의 출력 파워를 가진 2단계 PA가 내장되어 있다. 각 PA단은 내부 레지스터를 통해 PA bias 전류값을 셋팅할 수 있다. 또한 PA 적용 시점에 대한 Delay도 조절 가능하다. 이는 RXTX 가 변경된 후부터 200ns ~ 7us 사이에서 가능하다.

5. 전력 검출기

MAX2830칩셋은 PA 출력단에 전압 피크 검출기가 내장되어 있다. 이 검출기는 Tx 상태에서 RSSI 핀을 통해 Analog값으로 변환되어 출력된다.

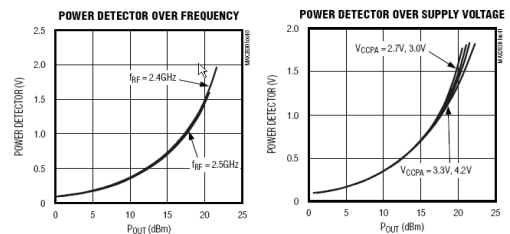


그림 6. Pout Vs 전력 검출기 출력전압
Fig. 6 Pout Vs Power Detector output voltage

4.3 RF 트랜시버 구성

1. 신디사이저 프로그래밍

MAX2830은 20-bit Sigma delta fractional N synthesizer가 내장되어 있다. 이 신디사이저는 레

퍼너스 OSC 주파수에 1분주, 2분주가 가능하도록 제작 되었다. Main divider의 정수부분은 8비트로서 64~255값까지 가능하며, 소수부분은 20비트가 가능하다. 예를 들어 계산식은 아래와 같다.

- 원하는 $f_{rf} = 2337\text{MHz}$,
- $LO = 20\text{MHz}$, 1분주
- 계산식 : $2337\text{MHz} / 20 \text{ MHz} / 1 = 121.85$
- Integer divider = 121(decimal) = 0111 1001(binary)
- Fractional divider = $0.85 * (2^{20}-1) = 891289(\text{decimal}) = 11011001100110011001(\text{binary})$

2. 수정 발진기

저가의 수정을 이용하여 LO를 발생시킬수 있다. 수정 OSC의 주파수는 내부 레지스터를 통해 정교하게 튜닝이 되는데, 0.5pF~15.4pF까지 가능하며 0.12pF 단계로 조정될 수 있다. 수정 OSC는 외부 REF 주파수 소스에 대한 버퍼로써 사용될 수 있다. 이 경우에는 REF 신호는 AC 커플링이 되어야 한다.

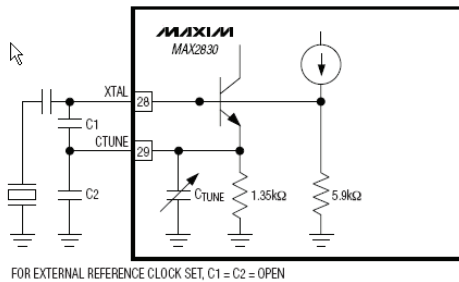


그림 7. 크리스탈 OSC 회로도
Fig. 7 Crystal OSC schematic

3. 루프 필터 및 잠금 감지기

CPOUT이라는 PLL Charge Pump 출력은 외부 3차 Lowpass RC loop-filter에 연결된다. 이 Loop filter의 출력은 Voltage tuning input 인 TUNE으로 연결된다. Charge Pump의 출력은 1mA의 Tunign source이며, VCO tuning gain은 103MHz/V(@0.5V)이며, 86MHz/V(@2.2V)이다. 3차 RC 필터는 Loop BW 150KHz에 최적화가 되어 있다.

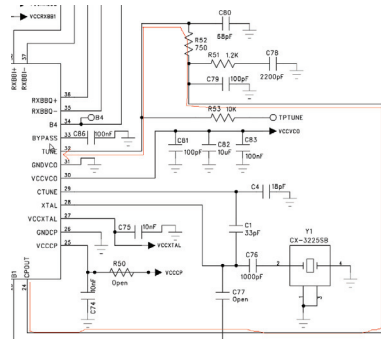


그림 8. Loop BW(150KHz) 의 3차 RF 필터 구성도
Fig. 8 Loop BW (150KHz) 3rd order RF Filter configuration diagram

PLL 이 Locking 되면 내부 레지스터의 Status 정보에 Locking 정보를 High로 놓으면서 LD를 “1”로 출력하고 MAX2829의 내부블럭도는 그림 9와 같다.

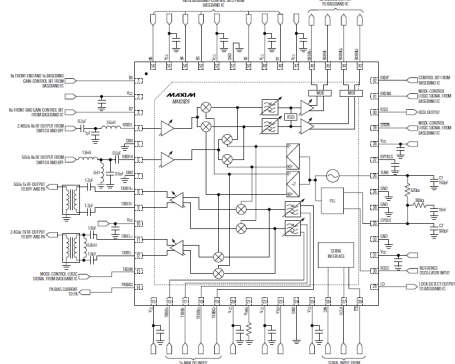


그림 9. MAX2829 내부 블럭도
Fig. 9 MAX2829 internal block diagram

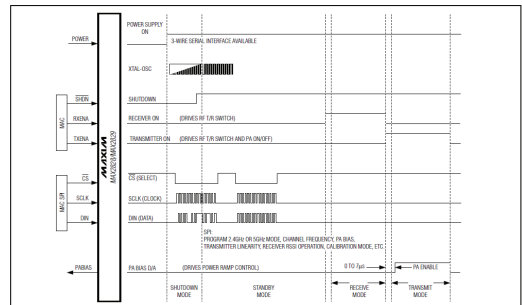


그림 10. Max2829 SPI 제어 정보
Fig. 10 Max2829 SPI Control Information

표 8. MAX2829의 내부 레지스터 정보

Table 8. Internal register information of the MAX2829

REGISTER	DEFAULT														ADDRESS (A3:A0)	TABLE
	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
Register 0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0000	—
Register 1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0001	—
Standby	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0010	10
Integer-Divider Ratio	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0011	11
Fractional-Divider Ratio	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0100	12
Band Select and PLL	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0101	13
Calibration	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0110	14
Lowpass Filter	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0111	15
Rx Control(RSSI)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1000	16
Tx Linear/Sweep-band Gain	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1001	17
PA Bias DAC	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1010	18
Rx Gain	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1011	19
Tx VGA Gain	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1100	20

4. MAX2829의 주파수 셋팅 정보

Max2829의 LO를 22MHz로 설계한 경우 아래 Matlab 코드처럼 Integer-Divider Ratio와 Fractional Divider Ratio를 설정한다. 채널은 2.4GHz 경우 8MHz 대역폭을 갖는 10개의 채널로 구성하고, 5GHz 대역도 유사하게 설정은 다음 같고, MAX2829의 Test Board 설계는 그림 11과 같이 구성된다.

```

for i = 0:9
    Freq = 2400 + i*8 +10
    NN = Freq * 4/3*1/ 22 ; % integer part
    temp = floor(NN);
    FF = NN-temp;          % fractional part
    FF_pow= FF * power(2,16);
    FF_dec = round(FF_pow);
    NN_hex = dec2hex(temp)
    FF_hex = dec2hex(FF_dec)
    
```

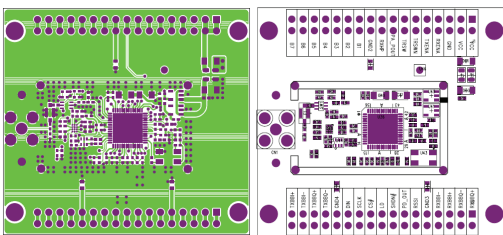


그림 11. Max2829 구성도
Fig. 11 Max2829 Artwork

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

