

멀티미디어 홈 네트워크 실현을 위한 WLAN 기반의 A/V 전송용 변복조 모뎀 설계

Design of WLAN-based A/V System for Multimedia Home Networks

이연성*, 김현식, 위정욱, 백종호
(Youn-Sung Lee, Hyun-Sik Kim, Jung-Wook Wee and Jong-Ho Paik)

Abstract : This paper shows an implementation of WLAN-based Audio/Video(A/V) system for multimedia home networks. Proposed WLAN-based A/V system can transmit multimedia data of high quality. The entire system consists of a 16-bit RISC controller, a program ROM, a SRAM, timers, an interrupt controller, a UART, GPIOs, an I2C and the OFDM modem supporting for the IEEE 802.11g standard. The simple MAC functions are implemented by firmware on an embedded 16-bit RISC controller. The OFDM modem supports a complete set of data rates up to 54Mbps. Proposed the system is implemented by an Altera FPGA EP1S60F1020C6 device, a 10-bit 2-ch DAC, a 10-bit 2-ch ADC and RF/IF chips.

Keywords: WLAN, IEEE 802.11g, Wireless A/V System, OFDM, Multimedia Home Networks

I. 서론

최근 들어 유무선 통신 및 방송 분야, 사무용 기기 및 가정용 전자기기 분야에서 디지털화가 급속도로 진행되어 가고 있는 추세이다. 또한, 각 분야에 국한되어 이루어지던 다양한 서비스들이 이종 분야에서도 지원되는 융합의 추세가 뚜렷하게 나타나고 있는 실정이다. 이러한 추세 속에서 서로 다른 분야의 기기들이 서로 연결되어 디지털 데이터를 전달 또는 공유해야 할 필요성이 크게 증대하게 되었으며, 특히 서비스 종류가 대용량 멀티미디어 데이터 위주로 발전됨에 따라 기기간의 연결은 사용자 편의를 위해 무선화, 휴대화, 고속화의 조건을 갖추어야 할 필요성이 크게 대두되었다.

이와 같은 시대적 요구에 따라 최근 근거리에서 다양한 디지털 기기간에 대용량 멀티미디어 데이터를 전송하기 위한 연구들이 전 세계적으로 활발하게 진행되고 있다[1][2]. 그 중에서도 직교 주파수 분할 다중방식(Orthogonal Frequency Division Multiplex; OFDM)의 전송방식은 채널의 스펙트럼 효율을 극대화하기 위해 직교성을 갖고 있는 다수의 부반송파를 이용하여 전송하는 방식으로 다중경로 환경에서 고속 데이터 전송이 가능한 장점을 가지고 있어서 대용량 멀티미디어 데이터를 전송하기 위한 방법으로 주목되고 있다[3].

본 논문에서는 무선 홈 네트워크 환경에서 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 무선 Audio/Video(A/V) 시스템의 변복조 모뎀을 설계하고, FPGA Evaluation 보드를 제작하여 검증하였다. 2장에서는 무선 A/V 시스템의 개요에 대해

기술하였고, 3장에서는 제안된 WLAN 기반의 A/V 전송용 변복조 모뎀의 하드웨어 구조, 수신 성능을 향상시키기 위한 방법, 무선 A/V 시스템의 구현에 대해 기술하였으며, 마지막으로 4장에서 결론을 기술하였다.

II. 무선 A/V 시스템 개요

무선 A/V 시스템은 무선 홈 네트워크 환경에서 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 고품질의 멀티미디어 및 대용량 데이터를 고속으로 무선 전송할 수 있는 시스템으로서 그림 1과 같이 무선 A/V 송신기와 무선 A/V 수신기로 구성된다. 무선 A/V 송신기는 A/V 데이터를 입력 받아 무선 전송하기 위해 오류 정정 기능을 추가하고, 기저대역 신호로 변조하는 Modulator와 기저대역 신호를 고주파 신호로 변환하여 무선 전송하기 위한 RF Transmitter로 구성된다. 무선 A/V 수신기는 무선으로 전송된 고주파 신호를 수신하여 기저대역 신호로 변환해 주는 RF Receiver와 기저대역 신호를 복조하고, 무선 전송 중에 발생한 오류를 정정하는 기능을 수행하는 Demodulator로 구성되며, Demodulator의 출력 데이터는 A/V 재생기로 입력되어 멀티미디어 데이터가 재생된다.

무선 A/V 시스템을 설계하기 위해서는 A/V Source의 재생 속도, A/V 데이터를 효율적으로 전송하기 위한 변복조 모뎀의 데이터 전송속도 및 RF Transceiver의 사양을 고려해야 한다. 본 논문에서는 무선 A/V 시스템용 A/V Source를 현재 많이 사용되고 있는 5.1ch SD급 멀티미디어 데이터(예: DVD 데이터)로 정의하고, 무선 A/V 전송용 변복조 모뎀을 설계하였다. 5.1ch SD급 멀티미디어 데이터의 최대 재생 속도는 12Mbps로서 무선 전송을 위해서는 최소 12Mbps 이상의 데이터 전송속도가 요구된다. 6Mbps에서 최대 54Mbps까지 다양한 전송 속도를 지원하고, 다중경로가 존재하는 실내환경에서 효율적으로 데이터를 전송할 수 있는 WLAN 기반의

* 책임저자(Corresponding Author)

이연성, 김현식, 위정욱, 백종호: 전자부품연구원 모바일단말연구센터
(yslee@keti.re.kr, hskim@keti.re.kr, jwwee@keti.re.kr, paikjh@keti.re.kr)

모형을 설계하면 멀티미디어 데이터 소스에 따라 다양한 종류의 무선 A/V 시스템을 구축할 수 있다[4][5].

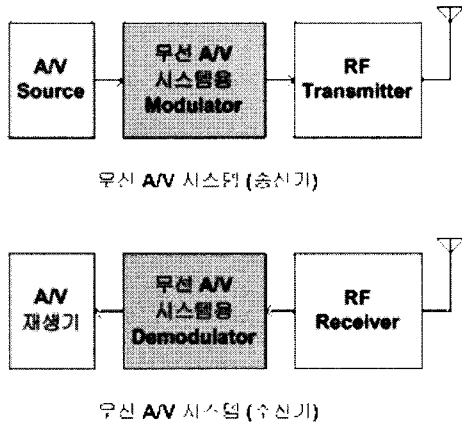


그림 1. 무선 A/V 시스템 개념도
Fig. 1. Overview of Wireless A/V System

III. WLAN 기반의 A/V 전송용 변복조 모듈

1. 하드웨어 구조

OFDM 방식의 IEEE 802.11a/g 규격을 지원하는 WLAN 기반의 A/V 전송용 변복조 모듈은 그림 2와 같이 16-bit RISC Controller, Program ROM, SRAM, Timer, Interrupt Controller, DMA, UART, GPIO, I2C 및 OFDM Modem으로 구성된다. Program ROM에는 16-bit RISC Controller가 데이터 처리를 위해 사용하는 Instruction이 저장되어 있고, 40MHz Clock으로 동작하는 16-bit RISC Controller는 채널 모니터링, 송수신기간의 연결, OFDM Modem 제어, 송신 RF Power 제어, ARQ(Automatic Repeat-reQuest) 등 Simple MAC 기능을 수행한다.

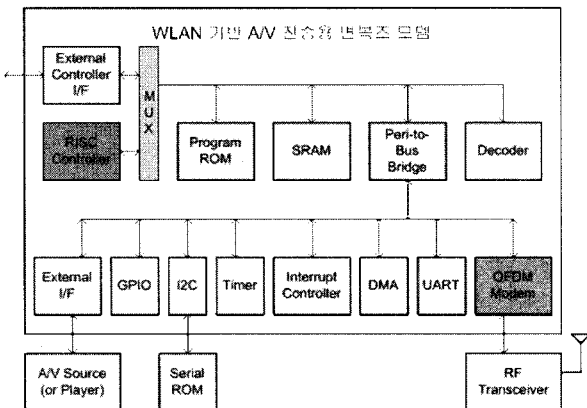
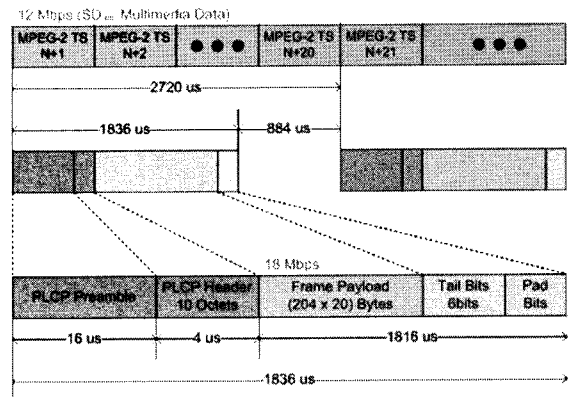


그림 2. WLAN 기반 A/V 전송용 변복조 모듈 블록도
Fig. 2. Block Diagram of WLAN-based A/V System

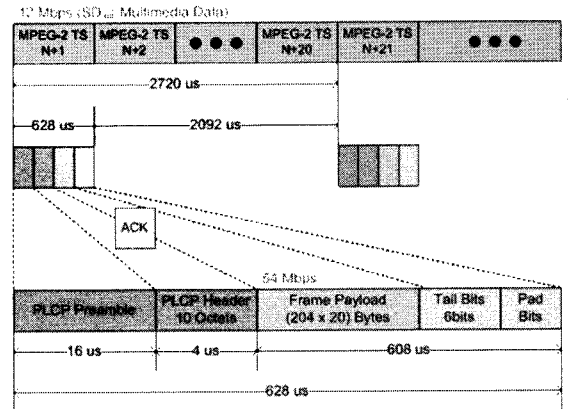
외부의 A/V Source 및 재생기와 OFDM Modem은 DMA를 통해 멀티미디어 데이터를 고속으로 전송할 수 있다. 또한, 외부의 U-Controller와 내부의 16-bit RISC Controller를 선택적으로 사용하는 것이 가능하기 때문에 간단한 무선 A/V 시

스템은 내부의 16-bit RISC Controller를 사용하여 외부에 별도의 U-Controller를 사용하지 않고 저비용으로 구성할 수 있고, 복잡한 응용 시스템은 외부의 고성능 U-Controller를 사용하여 구성하는 것이 가능하다.

본 논문에서 설계한 WLAN 기반 A/V 전송용 변복조 모듈은 ARQ 기능을 선택적으로 사용할 수 있다. 그림 3 (a)는 ARQ 기능을 사용하지 않고, 18Mbps 모드로 변복조 모듈을 동작시킬 경우, 그림 3 (b)는 ARQ 기능을 사용하고, 54Mbps 모드로 변복조 모듈을 동작시킬 경우의 프레임 전송 예를 나타낸다.



(a) without ARQ



(b) with ARQ

그림 3. 프레임 전송 예
Fig. 3. Example of Frame Transmission

2. WLAN 기반 OFDM Modem 설계

12Mbps SD급 멀티미디어를 전송하기 위한 OFDM Modem의 블록도는 그림 4와 같다. 본 논문에서 설계한 OFDM Modem은 총 64개의 부반송파로 구성된 다수 반송파를 사용하며, 18Mbps에서 54Mbps까지 다양한 전송 속도를 지원한다. 또한, 데이터 전송 중에 발생한 오류를 정정하기 위해 구속장 7, 부호율 1/2인 길쌈 부호와 인터리버를 사용한다 [4][5]. 표 1은 WLAN 기반 OFDM Modem의 주요 파라미터를 나타낸다.

표 1. WLAN 기반 OFDM Modem의 주요 파라미터

Table 1. Major Parameters of WLAN-based OFDM Modem

Data Rate	18, 24, 36, 48 and 54Mbps
Modulation	QPSK, 16QAM, 64QAM
FEC	K=7, Convolutional Code
Coding Rate	1/2, 2/3, 3/4
Subcarriers	52
OFDM Symbol Duration	4.0 us
Occupied Bandwidth	16.6 MHz

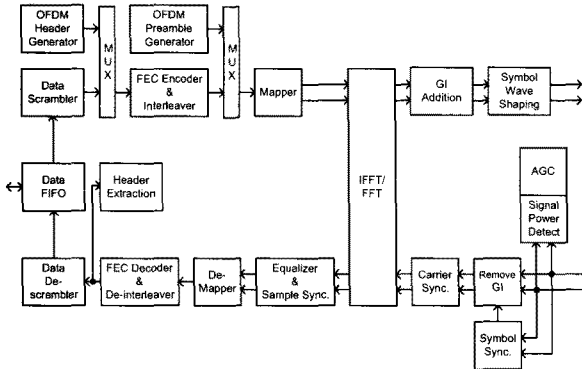


그림 4. WLAN 기반 OFDM Modem 블록도
Fig. 4. Block Diagram of WLAN-based OFDM Modem

무선 A/V 시스템은 A/V 데이터를 무선으로 전송하는 중에 패킷 유실 및 패킷 오류율을 줄이기 위해 신호 전력 검출기(Signal Power Detector)와 자동이득 조절기(Automatic Gain Control; AGC)의 성능이 중요하다. 신호 전력 검출기는 채널 상에 변조된 신호가 존재하는지를 감지하여 신호가 감지되면, 자동이득 조절기와 반송파 및 심볼 타이밍 옵셋 동기부를 동작시키기 때문에 오동작시에 수신 성능을 저하시킬 수 있다. 또한, 자동이득 조절기에 의해 수신 신호가 너무 작게 조정되면, ADC(Analog-to-Digital Converter)에 의한 양자화 오류(Quantization Noise)가 증가하고, 너무 크게 조정되면, 클리핑 오류(Cliping Noise)가 증가하여 수신기의 성능을 저하시킬 수 있다.

일반적인 신호 전력 검출 방법은 일정시간 동안의 신호 에너지를 측정하여 임계값(Threshold)과 비교함으로써 수신 신호를 감지할 수 있다. 하지만, 무선 전송된 신호는 다중경로와 잡음에 의해서 감쇠된 상태로 수신되기 때문에 임계값이 너무 높으면 신호를 감지하지 못할 가능성이 높아지고, 임계값이 너무 낮으면 높은 잡음 환경에서 잡음을 신호로 감지하여 오동작할 가능성이 높아진다.

본 논문에서는 신호 전력 검출을 위해 식(1)과 같이 두 개의 신호 에너지의 비율을 이용하여 신호를 잘못 감지할 가능성을 줄여 성능을 향상시켰다. 신호가 수신되기 전에는 신호 전력 검출기의 출력은 잡음에 대한 에너지의 비율이고, 신호가 수신되는 시점에서는 신호대 잡음비(SNR)가 된다. 수신된 신호가 다중경로와 잡음에 의해 감쇠되어도 신호대 잡음비에는 큰 변화가 없기 때문에 수신 신호의 크기와 무관하게 임계값을 결정할 수 있다. 그림 5는 신호 전력 검출

기의 블록도를 나타낸다.

$$Energy_A = \sum_{n=0}^{N/4-1} ABS(y(n))^2 \tag{1}$$

$$Energy_B = \sum_{n=0}^{N/4-1} ABS(y(n-n_0))^2$$

$$power_det = \begin{cases} 1 & \left(\frac{Energy_A}{Energy_B} \geq threshold \right) \\ 0 & \left(\frac{Energy_A}{Energy_B} < threshold \right) \end{cases}$$

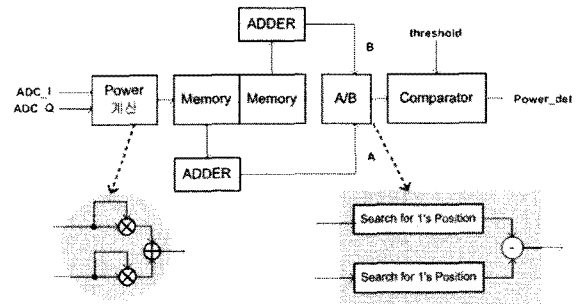


그림 5. 신호 전력 검출기 블록도
Fig. 5. Block Diagram of Signal Power Detector

RF Transceiver에 의해 측정된 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 값을 이용하여 자동이득 조절기를 동작시키면, RSSI 값의 오차에 의해 정확히 신호의 이득을 보정하지 못한다. 또한, 모뎀 내부에서 수신 신호의 전력을 측정하여 자동이득 조절기를 동작시키면 신호의 이득을 정확히는 보정할 수 있지만, 이득의 수렴 속도가 늦어져서 자동이득 조절기의 Dynamic Range가 작은 단점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 RSSI와 모뎀 내부에서 수신 신호의 전력을 측정하는 방법을 동시에 사용하여 자동이득 조절기의 성능을 개선하였다[6]. 그림 6은 자동이득 조절기의 블록도를 나타낸다.

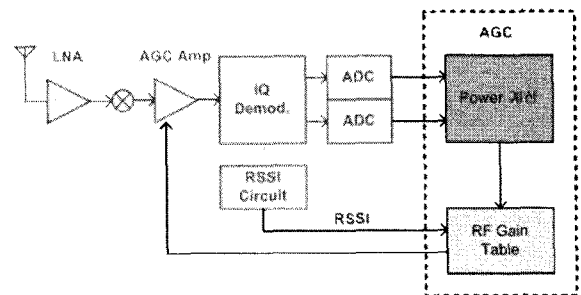
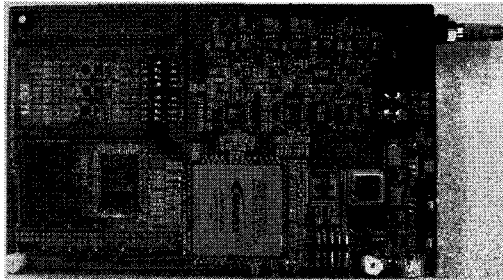


그림 6. 자동이득 조절기 블록도
Fig. 6. Block Diagram of Automatic Gain Control(AGC)

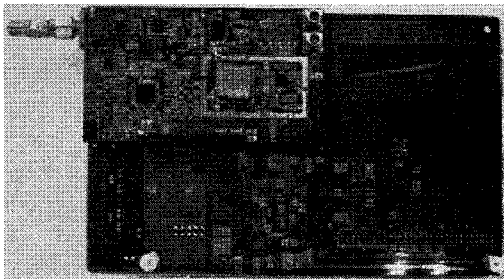
3. 무선 A/V 시스템 구현

그림 7은 WLAN 기반의 A/V 전송용 변복조 모뎀의 Evaluation 보드를 나타낸다. 그림 7(a)는 Evaluation 보드의 앞면에 해당되며, WLAN 기반 OFDM 모뎀을 동작시키기 위해 Altera FPGA EP1S60F1020C6와 10-bit 2-ch DAC와 10-bit 2-

ch ADC 로 구성된다. 그림 7(b)는 Evaluation 보드의 뒷면에 해당되며, 여기에는 2.4GHz RF Transceiver 보드가 탑재되어 있다. 그림 8 은 그림 7 의 Evaluation 보드를 가지고, 무선 A/V 시스템을 구성하여 5.1ch SD 급 멀티미디어 데이터를 전송하는 실험 환경을 나타낸다.



(a) FPGA Evaluation 보드 (Top)



(b) FPGA Evaluation 보드(Bottom)

그림 7. FPGA Evaluation 보드.

Fig. 7. Board of FPGA Evaluation

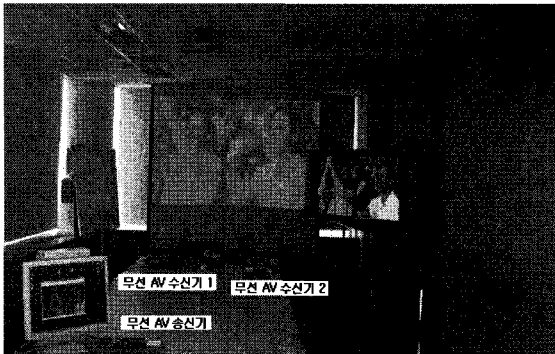


그림 8. 멀티미디어 홈 네트워크 실현을 위한 무선 A/V 시스템 실험 환경

Fig. 8. Demo of Wireless A/V System

IV. 결론

본 논문에서는 최근 이슈화 되고 있는 무선 홈 네트워크 환경에서 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 WLAN 기반의 A/V 전송용 변복조 모뎀을 설계하였다. 제안된 A/V 전송용 변복조 모뎀은 고화질의 멀티미디어 및 대용량 데이터를 고속으로 무선 전송할 수 있으며, 16-bit RISC Controller, IEEE 802.11g 규격을 지원하는 OFDM Modem, Timer, Interrupt Controller, UART, GPIO, I2C 등으로 구성된다.

특히, 외부에 별도의 u-controller가 필요 없어 저전력 및 저비용으로 구현 가능하며, 최대 54Mbps로 데이터를 전송할 수 있다. 제안된 무선 A/V 전송용 변복조 모뎀은 Altera FPGA EP1S60F1020C6을 이용하여 검증하였다.

참고문헌

- [1] T. Saito, I. Tomoda, Y. Takahatake, K. Teramoto and K. Fujimoto, "Wireless gateway for wireless home AV network and its implementation," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 47, pp. 496-501, Aug. 2001.
- [2] A. Doufexi, D. Redmill, D. Bull and A. Nix, "MPEG-2 video transmission using the HIPERLAN/2 WLAN standard," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 47, pp. 354-363, Aug. 2001.
- [3] 김상인, 김수영, 서정현, 윤태일, 이제훈, 조경록, "IEEE 802.11a 기저대역 프로세서의 설계 및 검증," *대한전자공학회 논문지*, 제44권, 제6호, pp.9-17, Jun., 2007.
- [4] "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications," IEEE Std 802.11a-1999.
- [5] "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications," IEEE Std 802.11g-2003.
- [6] T. Fujisawa, J. Hasegawa, K. Tsuchie, T. Shiozawa, T. Fujita, T. Saito and Y. Unekawa, "A Single-Chip 802.11a MAC/PHY with a 32-b RISC Processor," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol.38, No.11, Nov. 2003.