

SDR 플랫폼을 이용한 NTSC 표준 기반의 TV 송신기 구현

김형윤*, 남해운*, 최세영^o

Implementation of Television Transmitters Based on NTSC Standards Using SDR Platforms

Hyeongyun Kim*, Haewoon Nam*,
Seyoung Choi^o

요약

SDR(Software Defined Radio) 플랫폼은 기존의 하드웨어 플랫폼의 유연성의 한계를 넘어 사용자의 목적이나 요구에 따라 다양하고 유연한 소프트웨어 기반의 시스템 구현이 가능하다. 이에 따라 SDR을 이용한 소프트웨어 기반의 시스템 구현에 대한 관심과 연구가 증가하였다. 하지만 이러한 구현 시스템과 실제 상용 시스템과의 호환성 및 성능 측정을 보여주는 사례는 매우 적다. 따라서 본 논문에서는 GNU Radio와 USRP(Universal Software defined Radio Peripheral)를 이용해 구현한 NTSC 방식 TV 송신 시스템과 상용 NTSC 수신기를 실제 무선 통신환경에서 연동함으로써 SDR 플랫폼 기반 시스템과 상용 시스템과의 호환성 및 그 성능을 보여준다.

Key Words : Software defined radio, GNU Radio, USRP, NTSC

ABSTRACT

SDR(Software Defined radio) platform enables to implement various flexible communication systems according to user's purpose and requirements beyond the limit of flexibility of existing hardware platform. Therefore, interest and research on the

implementation of software based communication system has increased. However, there are very few examples showing compatibility and performance measurements between implementation using SDR and actual commercial systems. Therefore, in this paper, we show the compatibility and performance of communication system which are commercial NTSC receiver and NTSC TV transmitter using GNU Radio and USRP in real wireless communication environment.

I. 서론

SDR은 RF단을 제외한 기저대역에서 이루어지는 프로세싱을 하드웨어가 아닌 소프트웨어에 의해 제어 되도록 한다. 최근 비용이 저렴한 다양한 SDR장비들이 시장에 출시됨에 따라 SDR에 대한 관심이 높아지고, 이를 통한 통신 시스템 구현이 연구 및 개발에 사용되어지고 있다. 이는 대다수 하드웨어에서 이루어지는 신호처리를 소프트웨어로 옮겨가게 함에 따라 높은 유연성과 비용효율성을 가지기 때문이다. 이러한 장비들은 오픈소스 기반의 소프트웨어 개발 툴 킷인 GNU radio를 통해서 기저대역 프로세스를 소프트웨어로 처리할 수 있다. GNU Radio는 오픈소스로 제공되는 소프트웨어 개발 플랫폼으로, 필터, 등화기, 변복조 블록을 포함한 기본적으로 제공되는 다수의 프로세싱 라이브러리뿐만 아니라 사용자의 필요에 따라 c++ 및 Python을 사용하여 프로세싱 블록을 구현하는 것이 가능하다. 오픈소스와 높은 개방성이라는 장점으로 GNU Radio는 전 세계적으로 많이 사용되어지는 추세이며, 연구 목적으로 구현되어진 많은 통신시스템을 찾아볼 수 있다. 그러나 상용 통신시스템과 연동하여 작동됨을 보이는 구현 예들은 매우 적다^{4,5}. 이러한 많은 구현의 사례들은 SDR에 대한 연구 및 관심을 더 가져올 것이다. 이에 본 논문에서는 상용 NTSC TV 수신기와 앞서 소개한 SDR 장비 중 하나인 USRP와 GNU Radio 소프트웨어 플랫폼을 사용하여 구현한 NTSC TV 송신기가 연동되어 원활하게 통신이 됨을 보이고자 한다.

* 본 연구는 한국연구재단 논문연구과제(NRF-2017R1D1A1B03027926) 지원으로 수행되었습니다.

• First Author : (ORCID:0000-0002-4473-5004)Dept. of Elec. and Comm. Eng., Hanyang University, nagne11@gmail.com, 학생회원

^o Corresponding Author : (ORCID:0000-0002-1888-9165)Dept. of Info. and Comm. Eng., Wonkwang University, sychoi@wku.ac.kr, 종신회원

* (ORCID:0000-0001-9847-7023)Dept. of Elec. and Comm. Eng., Hanyang University, hnam@hanyang.ac.kr, 정회원

논문번호 : 201810-292-A-LU, Received October 1, 2018; Revised November 8, 2018; Accepted November 9, 2018

II. 본 론

2.1 NTSC 표준방식

NTSC^[1](National Television System Committee) 방식은 미국 TV 규격 위원회에서 정한 북미권에서 주로 사용되는 TV 수신 방식으로, 기존 6MHz 주파수 대역 내에 컬러 신호를 수용하기 위한 방식으로 우리나라에서도 NTSC방식 중 하나인 NTSC-M을 채택하여 사용하고 있다^[1]. TV표준은 NTSC방식 이후 초기 디지털 방송표준 방식인 ATSC 1.0과 DVB-T 표준 방식 등을 거쳐 현재 UHD방송을 위한 ATSC 3.0표준 및 DVB-T2 표준으로 개선되어왔다. 비록 NTSC가 최신의 표준방식이 아니며 대다수의 SDR을 통한 시스템 구현이 디지털 시스템에 초점이 맞춰져 있으나^{4,5}, SDR을 통해서 하드웨어 파라미터에 민감한 아날로그 시스템 구현이 무리 없음을 실험하기에 NTSC 표준을 사용하여 SDR플랫폼의 구현 가능성을 봄이 적절하였다.

NTSC-M 표준방식은 비월주사 방식을 이용하는데, 이는 시간차를 두고 홀수라인 수평주사(1차 필드)와 짝수라인 수평주사(2차 필드)로 하나의 프레임을 표시하는 방식이다.

NTSC-M 방식의 초당 프레임수는 30이며 주사선수는 525라인 이다. 영상신호의 최대 주파수는 초당 프레임 수×프레임 당 주사선수×(수평주사선 당화소수)/2로 계산할 수 있으며 그 결과값은 5.512MHz가 나오지만 순수영상신호는 수평동기기간과 수직동기기간에는 실리지 않기 때문에 이 기간을 제외해야한다. 따라서 수직동기기간(한 프레임당 42라인), 수평동기기간(한 라인당 11.2μs)을 고려하면 실제영상신호는 전체 63.5μs 중 82.3%만 실리게 된다. 따라서 NTSC 방식을 이용한 영상신호의 최대 주파수는 초당 프레임 수×(주사선 수-수직동기기간)×0.823×화소/2로 계산할 수 있으며 결과는 약 4.2MHz가 나온다. NTSC 방식은 영상신호와 음성신호를 서로 다른 변조 방식을 이용하며 이 때 영상 신호의 최대주파수가 4.2MHz이므로 주파수 변조를 할 경우 채널대역폭이 크게 요구되기 때문에 잔류측파대방식(Vestigial Side Band)을 이용하여 전송하며 음성신호는 영상신호와의 분리를 쉽게 할 수 있도록 주파수변조방식을 이용하며 최대 주파수편이를 ±25kHz로 제한한다^[2].

그림 1은 NTSC-M 방식의 채널 대역폭에 대한 설명을 나타내며 이때 전체 대역폭은 6MHz이며 VSB 변조 영상신호의 반송파는 채널 하한주파수에서 +1.25MHz 떨어진 주파수를 사용하며 음성신호의 반송파는

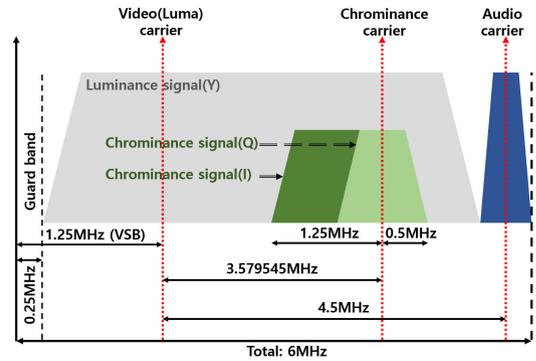


그림 1. NTSC-M 방식의 채널 대역폭
Fig. 1. Channel bandwidth of NTSC-M

표 1. NTSC-M 방식 사양
Table 1. NTSC-M standard specification

전체 대역폭	6MHz
프레임사이즈	30fps
주사선	525 라인
수직주사 주파수	59.94 Hz
수평주사 주파수	15,734 Hz
영상신호 대역폭	4.2MHz
영상신호 반송파(f_v)	채널하한주파수+1.25MHz
색부 반송파(f_{cs})	$f_v + 3.579\text{MHz}$
음성 반송파(f_{au})	$f_v + 4.5\text{MHz}$
변조방식	영상: VSB
	음성: FM

영상신호의 반송주파수에서 +4.5MHz 떨어진 주파수를 사용한다^[3]. 표 1은 NTSC-M 방식의 사양을 나타내고 있다.

2.2 NTSC 송신기 구현

본 연구에서는 GNU Radio를 이용해 NTSC 송신 시스템을 구현하였으며 RF 신호 전송을 위해 NI-USRP 2920모델과 VHF&UHF 밴드 안테나를 사용하였다. 또한 수신측은 TV 수신카드가 달린 모니터에 VHF&UHF 수신 안테나를 연결하여 구축하였다. 송수신간에 사용되는 영상신호는 신호의 대역을 줄이기 위하여 기존 영상으로부터 휘도신호생성, 색차신호생성 및 수정, 색도신호생성, 반송색신호생성과 같은 과정을 통해 컴포지트 영상신호로 재생성하여 송신하는데 사용하였다. 영상 데이터 변환과 음성신호의 간략한 과정은 그림 2와 같다.

본 실험에서는 우리나라 채널 주파수 할당표를 참

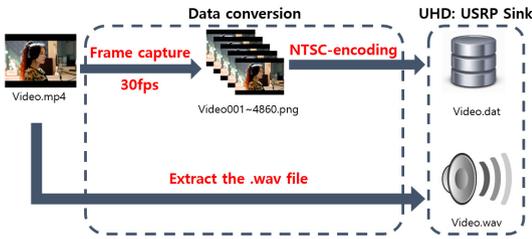


그림 2. NTSC 방식을 위한 데이터 변환
Fig. 2. Data conversion for NTSC

고하여 14번 채널(470MHz~476MHz)을 이용하였으며 따라서 영상신호와 음성신호의 반송파는 각각 471.25 MHz와 475.75MHz이다. 그림 3은 GNU Radio를 이용해 구현한 NTSC 송신단을 나타내며 시스템은 영상신호와 음성신호를 처리하는 두개의 파트로 나뉘어져 있다. GNU Radio에서 제공하는 라이브러리에는 VSB 변조처리를 위한 블록이 따로 제공되지 않아 이를 위한 블록을 자체적으로 구현할 수도 있지만, BPF (Band Pass Filter)를 이용하여 VSB변조와 같은 기능을 하도록 디자인하였다. 이를 위해 BPF의 파라미터를 low cutoff frequency=-750kHz, High Cutoff frequency=4MHz, Transition Width=500kHz로 각각 설정하고, Hamming window를 사용하였다. BPF의 음성신호 파트에서는 WBFM블록을 이용하여 FM 변조를 하고 Xlating FIR filter를 이용해 영상 신호의 반송파의 +4.5MHz 주파수(475.75MHz)를 반송파로 설정하였다. 이렇게 신호처리된 디지털 신호는 그림 3의 UHD(USRP Hardware Driver):USRP Sink 블록을 통해 USRP 하드웨어로 전달되어 RF회로를 거쳐 RF 신호로 변환되어 송신된다.

III. 실험 결과

그림 1의 NTSC 채널 할당 구성과 그림4의 NTSC

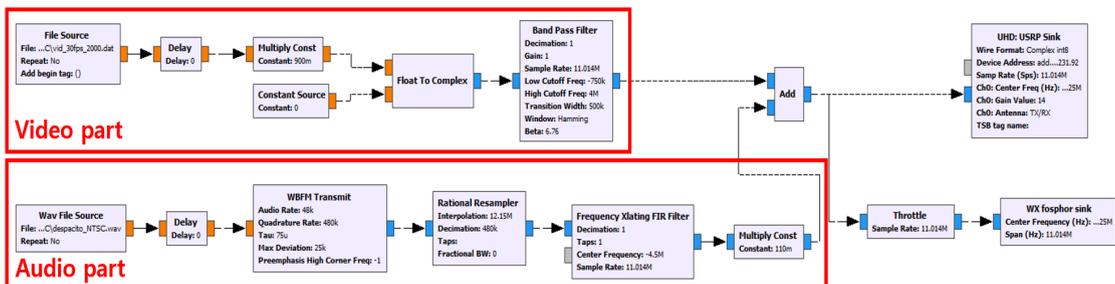


그림 3. GNU Radio를 이용해 구현한 NTSC 송신기의 플로우차트
Fig. 3. Flowchart of NTSC transmitter implemented using GNU Radio

신호 스펙트럼 통해 구현한 NTSC 송신 시스템이 NTSC 방식에 맞춰 올바르게 동작하고 있음을 확인할 수 있다. 14번 채널을 이용한 실험환경에 따라 영상신호, 색부신호 그리고 음성신호도 정확한 반송파를 이용하여 신호를 전송하고 있음을 확인할 수 있다. 그림 5는 그림 4에서 송신한 신호를 수신측에서 수신하여 화면으로 출력된 결과이다. 구현한 시스템의 블록의 각 파라미터들을 표 1에 따라 정확하게 설정하였을 경우에만 그림 5의 좌측과 같이 올바른 영상과 음성 신호가 나왔으며, 주사선수가 적거나 화소의 설정 값이 달라질 경우 우측의 그림과 같이 화면이 부분별로 깨지거나 화면 비율이 맞지 않는 현상이 발생한다.

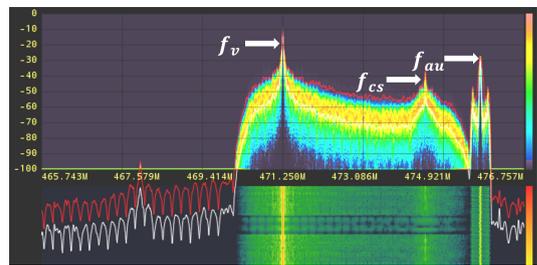


그림 4. 송신기 측의 NTSC 신호 스펙트럼
Fig. 4. NTSC signal spectrum on transmitter



그림 5. TV 수신기를 이용해 받은 NTSC 영상
Fig. 5. Received NTSC video from TV receiver

IV. 결 론

본 논문에서는 SDR장비인 USRP와 GNU Radio SDR 소프트웨어 플랫폼을 이용하여 NTSC 방식 송신 시스템을 구현하였으며 USRP와 TV 수신기를 이용하여 실제 무선통신환경에서 영상 스트리밍 실험을 통해 구현 시스템의 성능을 확인하였다. 본 논문에서는 SDR 플랫폼을 이용해 구현한 NTSC 방식의 송신 시스템과 상용 NTSC 수신기간의 연동 및 호환을 보여줌으로써 실제 통신환경에서 SDR 플랫폼 기반 시스템을 통하여 보다 다양하고 유연한 연구가 가능함을 보였다.

References

- [1] H. N. Kim, "Analysis on the properties of an NTSC interference rejection filter in terrestrial DTV receivers," *J. KICS*, vol. 30, no. 1A, pp. 84-90, Jan. 2005.
- [2] G. Sgrignoli, W. Bretl, and R. Citta, "VSB modulation used for terrestrial and cable broadcasts." *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 41, no. 3, pp. 367-382, Aug. 1995.
- [3] J. H. Kim, H. G. Yang, and B. S. Kang, "Design of NTSC/PAL/SECAM video encoder for mobile device," *J. KICS*, vol. 30, no. 11, pp. 1083-1090, Nov. 2005.
- [4] V. Pellegrini, G. Bacci, and M. Luise, "Soft-DVB, a fully software, GNURadio based ETSI DVB-T modulator," *Int. Workshop on Software defined Radio*, Karlsruhe, Germany, Mar. 2008.
- [5] Ettus, *Transmitting DVB-S2 with GNU Radio and an USRP B210*(2017), Retrieved Nov., 6, 2018, from https://kb.ettus.com/Transmitting_DVB-S2_with_GNU_Radio_and_an_USRP_B210