

확산대역 통신방식을 이용한 무선 CCD 카메라를 위한 기저대역 신호처리부 설계

김지은*, 송봉섭*, 김수환*, 황인근*, 김환우**
*충남대학교 전자공학과, **충남대학교 정보통신공학부

Simulation and Design of a Direct Sequence Spread Spectrum Transceiver for Wireless CCTV

*Ji-eun Kim, *Bong-seob Song, *Soo-hwan Kim, *In-keun Hwang, **Whan-woo Kim
*Dept. of Electronics Eng. Chungnam National University, **Dept. of Information and
Communications Eng. Chungnam National University
E-mail : wwkim@cnu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)를 사용한 무선 감시용 카메라를 위한 모델을 제안한다. 무선 환경에서 발생할 수 있는 여러 가지 간섭과 다중 경로에 의한 오류 발생 확률 등을 고려해야 하고 또한 여러 대의 카메라를 설치하고 각각의 카메라로부터의 신호를 선택적으로 모니터링하기 위해 각각의 신호를 구분할 수 있는 변조 방식의 사용이 필요하다. 이를 위해 컴퓨터 모의 실험을 통한 성능 분석과 실제 FPGA 설계 및 제작으로 이를 확인한다.

1. 서론

현재 감시용으로 많이 사용되고 있는 closed circuit television 은 케이블링 비용이 많이 들어서 전체 시스템의 가격이 비싸고, 이동 설치가 까다롭다는 점 등의 단점이 있다. 그럼에도 불구하고 크고 작은 빌딩과 지하 주차장 등의 안전을 위한 감시용, 대형 영업장의 도난 방지를 위한 감시용, 도로 주행 차량의 감시용

등등 기타 필요에 의해 closed circuit television 의 수요는 날로 증가하고 있다. 따라서 비용을 절감할 수 있는 무선 시스템의 개발이 요구된다.

이에 본 논문에서는 무선 환경에 적합한 변조 방식의 개발과 이를 위한 모의 실험은 물론 실제 하드웨어 제작 시 고려 사항 등을 기술한다.

먼저 우리가 사용할 무선 채널은 2.4GHz 대역으로 ISM(industry, science and medicine)밴드중의 하나로써 제한된 대역폭과 전력으로 허가 없이 사용 가능하다. 대역폭은 83.5MHz 이며 이는 확산 대역 통신 기법을 적용할 만큼 넓은 대역이라 할 수 있다.

카메라의 구분을 위해 각각의 카메라에 고유의 PN code를 할당한다. 카메라에서 샘플링 및 소스 부호화(wavelet transform)를 거쳐 나오는 데이터의 속도는 2Mbps로 이를 여러 채널로 구분하여 송수신하는데 이때 각 채널의 구분을 위해서는 Walsh Code를 사용한다. 모의실험은 QPSK/BPSK로 변조한 경우와 QPSK/QPSK로 변조한 경우의 성능비교를 위해 그리고 채널 수와 처리이득 사이의 관계 분석을 위해 시행된다. 또한 실제 하드웨어 제작 시 필요한 주요 파라미터 값의 결정

을 위해 수행된다.

2. 시스템 모델

그림 1은 시스템의 송신기와 수신기의 블록도를 나타낸 것이다.

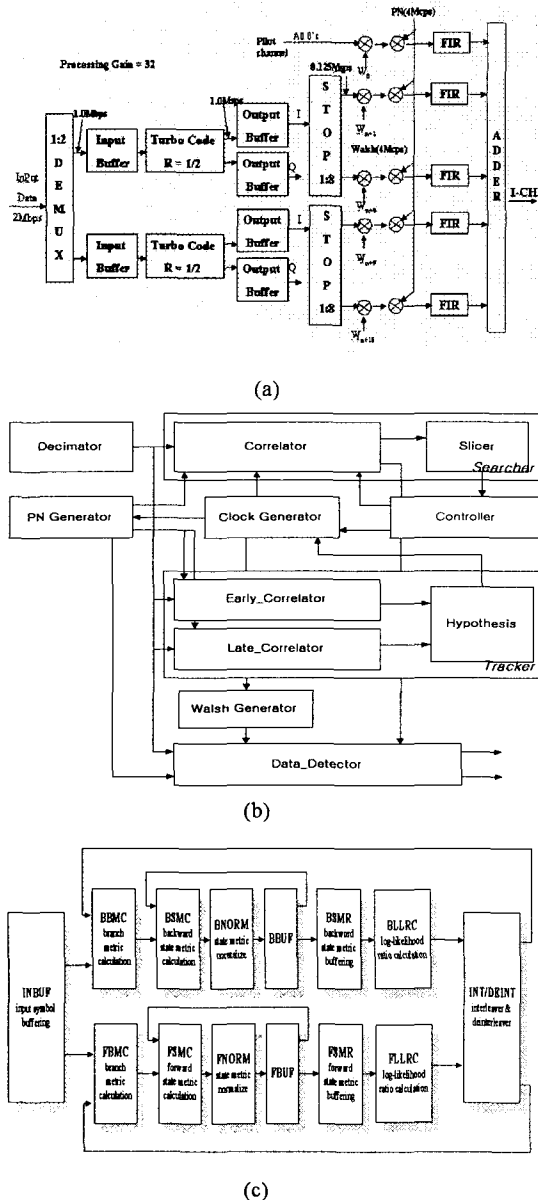


그림 1 (a) 송신기의 블록도, (b) 복조기의 블록도, (c) 터보 복조기의 블록도

송신기로 들어오는 데이터는 두 채널로 분리되어 터보 부호화를 통과한다. 부호화된 신호는 다시 각각 8 채널로 나뉘어져 PN code와 각각의 Walsh code로 확산된 후 펄스 성형 여파기와 DAC를 거쳐 송신된다. 이 때 I채널과 Q채널은 carrier 신호로 구별이 가능하므로 같은 Walsh code를 사용했다. I채널과 Q채널엔 각각 파일럿 신호가 추가되어 함께 전송된다. 파일럿 신호는 데이터 신호에 비해 큰 전력 이득을 가지고 전송되는데 이는 수신부에서 간섭 성분으로 작용하게 되므로 전력 이득은 동기 획득 확률과 간섭 영향을 고려하여 선택해야 한다.

터보 부호화는 두개의 recursive systematic convolutional coder와 터보 인터리버로 구성된다. 부호화율은 1/2이며 각각의 constituent encoder는 구속장이 3이고 생성다항식 $\{7, 5\}_8$ 를 갖는다. 터보 인터리버는 크기가 $992(32 \times 31)$ 인 블록 인터리버를 사용한다.

수신기는 double dwell serial search 방식의 코드 탐색 및 획득기, DLL(delay lock loop)구조의 동기 추적기, 데이터 검출기 그리고 터보 복조기로 구성되어 있으며 데이터 검출기로부터 나오는 신호는 두 채널로 분리되어 터보 복조기의 입력 신호가 되고 복호된 신호는 serial로 소스 복호기를 통과해 원래의 영상 신호로 복호된다.

터보 복조기는 MAP 복조기와 터보 인터리버 블록 그리고 입력 버퍼블록으로 구성된다.

MAP 복조기는 수신된 심볼에 대한 soft output decision 결과를 출력하는 블록으로서 두 종류의 상태 메트릭을 계산하는 부분과 log likelihood ratio를 계산하는 블록등으로 구성된다.

3. 모의실험 결과

모의 실험에 앞서 우리는 MATLAB의 SIMULINK를 사용하여 무선 채널 환경을 모델링 했다.

3.1 QPSK to 16-QAM

우리는 먼저 QPSK 변조방식과 16-QAM 변조방식 두 가지 방식으로 모의 실험을 했다. 16-QAM은 QPSK에 비해 데이터 처리율을 높일 수 있지만 bit-error rate은 떨어진다. 그래서 QPSK 변조방식에 처리 이득을 16으로 하는 경우와 16-QAM 변조방식에 처리 이득을 32로 하는 경우에 대해 실험을 했다. 그 결과 그림 2에서 보는 것과 같이 QPSK 방식으로 변조한 경우 더 좋은 BER 있었다.

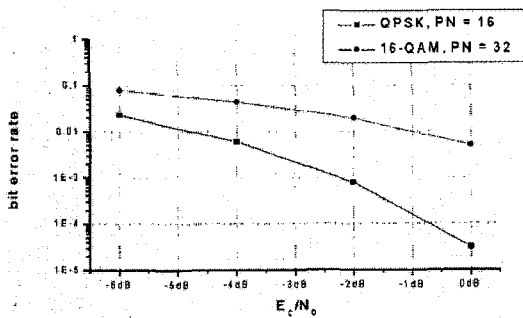


그림 2. 변조방식에 따른 비트 오류율

3.2 QPSK to BPSK

다음으로 QPSK로 변조한 후 QPSK로 확산한 경우와 BPSK로 확산하는 경우에 대해 모의 실험을 했다. QPSK 확산방식이란 I 채널과 Q 채널을 서로 다른 PN code로 확산하는데 비해 BPSK 확산방식은 같은 PN code로 확산하는 방식이다. 이 경우 QPSK 확산 방식은 복조 과정에서 Q 채널의 신호가 I 채널 신호의 간섭으로 작용하기 때문에 BER이 더 나쁘다는 결론을 얻었다.

3.3 인접 시스템에 의한 간섭의 영향

우리의 시스템은 같은 RF 밴드에 하나의 카메라만을 접속하도록 설계했다. 따라서 지금까지는 같은 카메라의 신호에 의한 잡음만을 고려한 모의 실험을 수행하였으나 실제 환경에서는 인접 시스템에 있는 같은 밴드를 사용하는 다른 카메라의 신호에 의한 간섭이 있는 경우도 있을 수 있다. 이런 다른 시스템의 간섭에

보다 나은 성능을 나타내는 시스템 설계를 위한 실험을 했다.

우리는 처리 이득을 16으로 하고 채널 수를 16으로 하는 경우와 처리이득과 채널 수를 모두 32로 하는 두 가지 경우를 비교 실험했다.

그 결과 처리 이득은 두 배지만 채널 수가 두 배라 해서 잡음도 정확히 두 배가 들어오는 것은 아니므로 처리 이득을 높이는 경우 더 좋은 성능을 얻었다. 이때 채널은 백색잡음(-2dB)만을 고려했다.

4. 하드웨어

우리는 무선 환경에서 여러 요인으로 오류 발생 확률이 높다는 것을 고려하여 오류 정정 능력이 뛰어난 터보 부호를 오류 정정 부호로 채택하였다. 또한 CDMA 시스템에서 정확한 동기 획득이 시스템의 성능을 위한 중요한 요소이므로 이를 위해 주기가 긴 PN code를 사용했다. 주기가 긴 PN code는 오보확률을 줄일 수 있을 뿐 아니라 간섭 성분도 줄어든다. 우리가 사용한 PN sequence의 발생다항식은 다음과 같다.[2]

$$G(x) = X^{20} + X^9 + X^5 + X^3 + 1$$

변조기에서 확산된 신호는 FIR filter를 통과하게 되는데 우리는 Raised cosine filter를 사용했다.[3]

우리가 사용한 Pulse shaping filter는 1:4 interpolation을 하며 12 탭을 가진다. 또한 roll off factor는 1.0이다. 이는 하드웨어 사이즈를 고려해 결정한 것으로 stop band와 pass band 사이의 차는 대략 25dB이다.

복조기에서 우리는 ADC로부터 신호를 입력 받게 되는데 이때 ADC의 resolution은 4bit이다. 복조기 출력 신호는 터보 복조기 입력신호가 되는데 복조기 출력 신호는 6bit soft decision으로 설계했다.

복조기의 코드 획득기는 correlate와 slicer로 구성되며 동기 추적기는 early-correlate, late-correlate 그리고 hypothesis로 이루어져 있다.

우리는 동기 추적기의 late-correlate를 코드 획득 전에는 코드 획득기의 correlate와 함께 코드 획득기로 사용하다가 코드 획득 이후에는 동기 추적기로 사용하

는데 이는 코드 획득기의 correlate를 하나로 줄임으로써 하드웨어 사이즈를 줄일 수 있다.

복조기의 코드 탐색 및 획득기의 성능은 다음과 같이 되도록 설계했다.

detection probability = 0.93,

false alarm probability = 9.8×10^{-4} .

시스템 파라미터는 다음과 같다.

CHIP clock : $0.125\text{Mpsps} \times 32 = 4\text{MHz}$

계산 용량 : $0.125\text{Mpsps} \times 32 \text{ chips/symbol} \times 8 = 32\text{MHz}$

Finger tracking resolution : $\text{CHIP} \times 8 (4\text{MHz} \times 8 = 32\text{MHz})$

설계된 터보 복호기는 하나의 MAP 복호기를 사용하여 한번의 iterative decoding에 대해 두 번의 연판정 결과를 출력하는 구조를 갖고 있으며 MAP 복호기는 순방향 상태 메트릭과 역방향 상태 메트릭을 동시에 계산하는 구조를 가지고 있어 반복 복호 과정에 수반되는 복호 시간을 크게 감소시킬 수 있다.

그러나 터보 인터리버 모듈의 두개의 MAP 복호 과정에 대한 permutation 과정을 모두 수행할 수 있도록 제어 로직이 추가로 요구된다. MAP 복호알고리즘으로서 MAX-Log-MAP 방식의 복호방식을 채택하여 상태 메트릭 계산 모듈을 간단하게 구현하였으며 별도의 채널 추정 모듈을 요구하지 않는다.

Log-likelihood ratio를 계산하기 위해 필요한 상태 메트릭의 저장 모듈에서는 각 stage 내의 최대 상태 메트릭의 MSB로부터 4비트만을 저장하고 이 MSB의 위치를 저장하는 방식을 사용함으로써 복호 성능을 크게 열화시키지 않으면서 상태 메트릭의 저장에 필요한 RAM 크기를 줄일 수 있도록 한다.

제작된 하드웨어 보드는 그림 3와 같다.

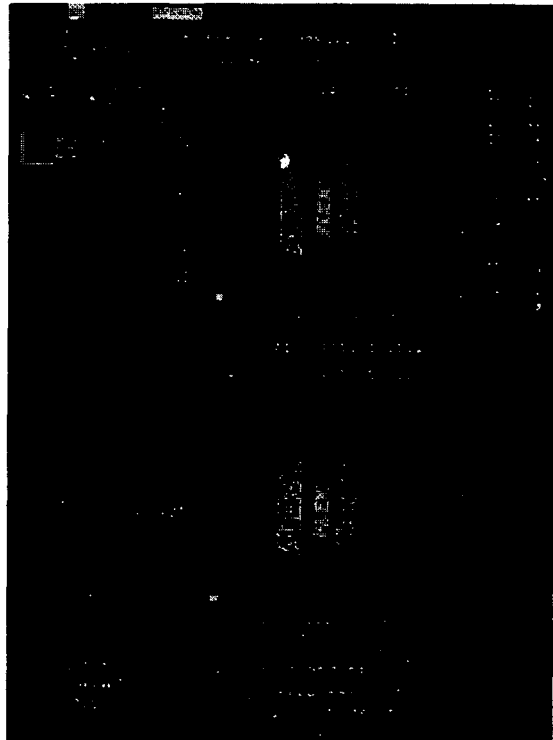
참고문헌

- [1] A. J. Viterbi, "CDMA Principles of Spread Spectrum Communications", Addison Wesley 1995.
- [2] R. L. Peterson et al, "Introduction to Spread Spectrum Communications", Prentice Hall international, Inc. 1995.

- [3] In Kang et al. "Balanced (O)QPSK with FIR Filter of Discrete Coefficients in CDMA System", International Conference on Signal processing Applications & Technology, pp323-327.



(a)



(b)

그림 3.(a) 송신부 보드, (b) 수신부 보드