

DSP를 이용한 디지털 변조에 관한 연구

최상권, 최진용, 김정국
동서대학교 전자공학과

A Study of the Digital Modulation using DSP

Sang Kwon Choi, Jin Woong Choi, and Jeong Kuk Kim
Dept. of Electronic Engineering, Dongseo University.

Abstract

In this paper, as a study of programmable software radio digital communication, we implemented ASK(Amplitude Shift Keying), FSK(Frequency Shift Keying), and PSK(Phase Shift Keying) modulation using programmable software(algorithm) of DSP(Digital Signal Processor). Moreover, it is possible to select one of those three modulation methods by realizing on single DSP. We adopted Motorola DSP56002 and Crystal CS4215(A/D and D/A converter) for our purpose. The DSP56002 is 24-bit and operates 20 MIPS at 40 MHz, and the CS4215 is 16-bit and supports the maximum 50 kHz sampling frequency.

요약

본 논문에서는 프로그램-가능한(programmable) 소프트웨어 무선(software radio)^[1] 디지털 통신을 위한 연구로, ASK(Amplitude Shift Keying), FSK(Frequency Shift Keying), 그리고 PSK (Phase Shift Keying) 변조^{[2]-[4]}를 DSP(Digital Signal Processor)를 사용하여 프로그램-가능한 소프트웨어(알고리즘)로 구현하였다. 세 개의 서로 다른 변조 방식들, ASK, FSK, 그리고 PSK를 하나의 DSP에 구현하여 선택적 변조가 가능하도록 하였다.

사용된 DSP는 모토롤라(Motorola) 사의, 24-비트, 40 MHz에서 20 MIPS(Million Instruction per Second)로 동작하는 DSP56002^{[5]-[7]}이고, A/D (Analog to Digital) 와 D/A(Digital to Analog) 변환기는 크리스털(Crystal) 사의 16-비트 그리고 최대 샘플링(sampling) 주파수 50 kHz인 CS4215 코덱 칩(codec chip)^[8]이 사용되었다.

I. 서론

디지털 변조 방식에는 사용 목적, 주위의 조건, 그리고 경제성에 따라 많은 종류가 있지만, 주파수 대역을 효율적으로 활용하고 스펙트럼 효율을 최대화하는 변조 방식이 주로 연구되고 있다.

디지털 통신을 위한 변조 방식에는, 그림 1과 같이, 기본적으로 ASK, FSK, 그리고 PSK 변조가 있다. 본 논문에서는 2진(binary) 데이터의 2진 변조를 주로 다룬다.

II. 본론

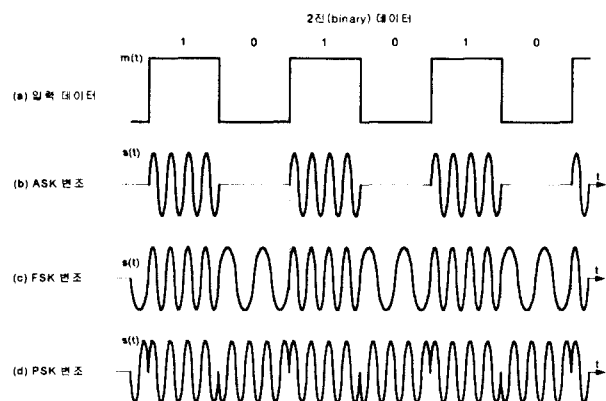


그림 1. 디지털 변조

그림 1에서, 변조되는(modulated) 대역-통과 신호를 $s(t)$ 라 부르고, 기저대역(baseband)의 원 신호를 변조하

는(modulating) 신호를 $m(t)$ 라 부른다. 각 변조에서는 입력 제어 데이터 신호 $m(t)$ 에 의한 신호 $s(t)$ 를 발생시킨다.

ASK는 2진 데이터 신호 '0'과 '1'에 대해 반송파를, 그림 1(b)와 같이, 온(on)과 오프(off) 스위칭(keying)하여 구성하며, OOK(On-Off Keying)라고도 부른다.

FSK 변조는 기저대역 신호에 따라, 그림 1(c)와 같이, 마크(mark)와, 예를 들면, 2진 데이터 신호 '1'을 보낼 때, 그리고 스페이스(space)에, 2진 데이터 '0'을 보낼 때, 각각 대응하는 주파수 f_1 과 f_2 로 정현 반송파의 주파수를 편이(변조)시켜 구성된다. 2진 데이터 '0'과 '1'에 대응하는 주파수 f_1 과 f_2 정현파의 발생은 그림 2와 같은 스위칭으로 변조된다.

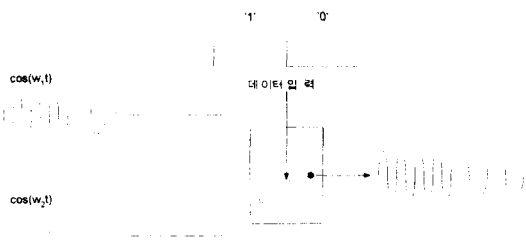


그림 2. FSK의 발생

2진 PSK는, 그림 1(d)와 같이, 입력 데이터의 '0' 또는 '1'을 판별하여 발진기에서 발생하는 반송파를 0° 또는 180° 스위칭하여 출력시킨다. 그림 3은, 2진 PSK 변조 회로를 나타내고 있다.

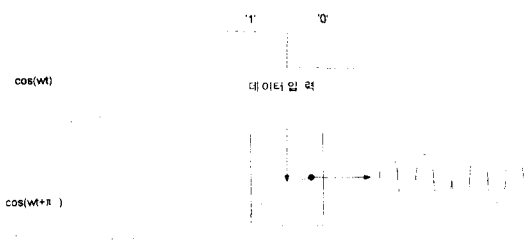


그림 3. PSK의 발생

모든 변조에서, 출력 직전의 연속적인 입력 검사는 에러(error)가 없도록 한다.

2.1 디지털 정현파의 발생

각 변조에 사용되는 반송파인 디지털 정현파는 내부 발진기로 생성된다.

정현 함수 $\sin(n\Omega T)$ 의 z-변환은 다음과 같이 주어진다.

다.

$$H(z) = \frac{\sin(\Omega T)z^{-1}}{1 - 2\cos(\Omega T)z^{-1} + z^{-2}} \quad (1)$$

여기서, $\Omega (=2\pi f)$ 는 발생시키려는 입력 정현파의 각 주파수, $T (=1/f_s)$ 는 샘플링(sampling) 주기, 그리고 f_s 는 샘플링 주파수, 즉,

$$\Omega T = 2\pi \frac{f}{f_s} \quad (2)$$

이다.

식 (1)의 입력 $x[n]$ 과 출력 $y[n]$ 의 차분 방정식은 다음과 같이 주어진다.

$$y[n] = 2\cos(\Omega T)y[n-1] - y[n-2] + \sin(\Omega T)x[n-1] \quad (3)$$

영입력 응답 $x[n]=0$ 인 경우, 초기치가 각각 $y[-1]=-\sin(\Omega T)$, 그리고 $y[-2]=-\sin(2\Omega T)$ 인 경우, 식 (3)은

$$y[n] = \sin(n\Omega T) \quad (4)$$

로 주어지는 정현파가 발생된다.

이 영(zero) 입력 차분 방정식은, 그림 4와 같이, 시스템 블록 선도로 나타낼 수 있다. 여기서, $C=2\cos(\Omega T)$ 이다.

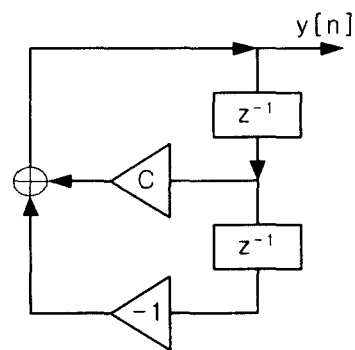


그림 4. 정현파 발진기

III. 실험 및 고찰

3.1 디지털 입력의 발생

실험에 필요한 극성 입력 데이터 신호는, 그림 5와 같이, DSP를 사용하여 내부적으로 200 Hz의 구형파를 발

생시켰다.

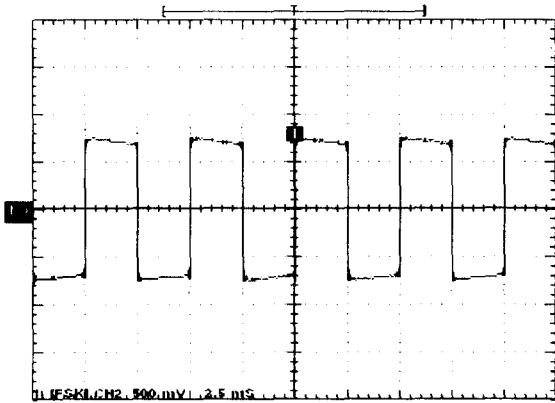


그림 5. 입력 데이터 신호

그림 5의 입력 데이터 신호 파형은 텍트로닉스 (Tektronix) 사의 디지털 오실로스코프(TDS 220)로 측정하고, RS232 포트(port)를 이용하여, PC(Personal Computer)에서 소프트웨어 WSTRO & WSTROU(WaveStar™ Software for Oscilloscopes)를 사용하여 얻은 것이다. 다른 파형들도 이와 같은 방법으로 얻는다.

그림 6은, 식 (3)의 차분 방정식을 이용한 디지털 정현파의 출력 파형이다.

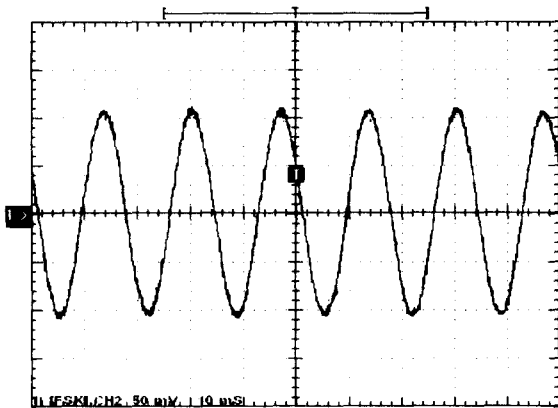


그림 6. 정현파 발진기 출력

3.2 ASK 변조

ASK 변조는, 그림 7과 같이, '1'의 2진 값에 1200 Hz 주파수를 0° 부터, '0'의 2진 값은 0을 출력시킨다.

본 연구에서는 인터럽트가 없을 때, 그리고 초기 모드를 ASK 변조로 설정하였다

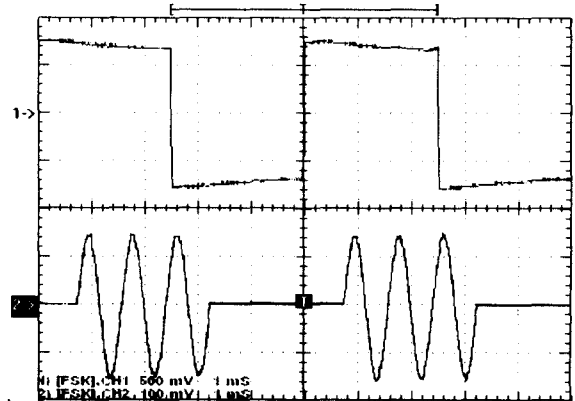


그림 7. ASK 변조 출력

3.3 FSK 변조

FSK 변조는 기저대역 신호에 따라, 그림 1(c)와 같이, 2진 데이터의 마크 신호 '1'을 보낼 때 대응하는 주파수 f_1 은 2200 Hz, 스페이스 신호 '0'을 보낼 때 대응하는 주파수 f_2 는 1200 Hz로 하였다. 이는 Bell 202 모뎀(modem)의 사양이다.

구현된 FSK 변조 출력 파형은 그림 8과 같다.

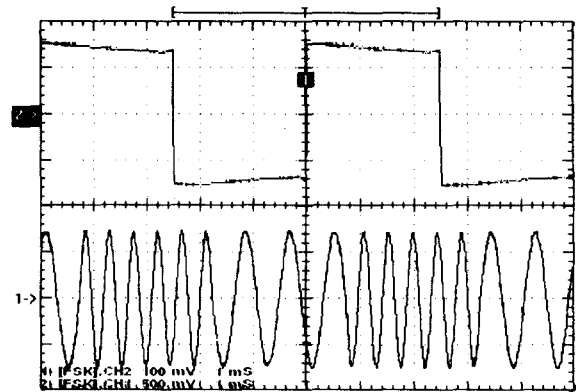


그림 8. FSK 변조 출력

그림 8의 연속 위상(Continuous Phase) FSK에서 이전 출력의 끝과 현재 신호의 시작점의 연결을 위한 위상 보정이 필요하다. 이 문제의 해결을 위해, 한 주기 동안 발생 가능한 네 개의 구간과 위상 검출을 하기 위한 두 개의 레벨을 설정한다. 이전 출력 값과 그 이전 출력 값의 차의 부호를 비교하여 각 경우에 대한 서브루틴(subroutine)를 구성하고, 구성된 네 개의 서브루틴에 대해 각각의 해당 값인 0, $\pi/2$, π , $3\pi/2$ 만큼 더해 위상을 보정한다.

3.4 PSK 변조

그림 3에서 생성된 2진 PSK의 출력 파형은 그림 9와 같다.

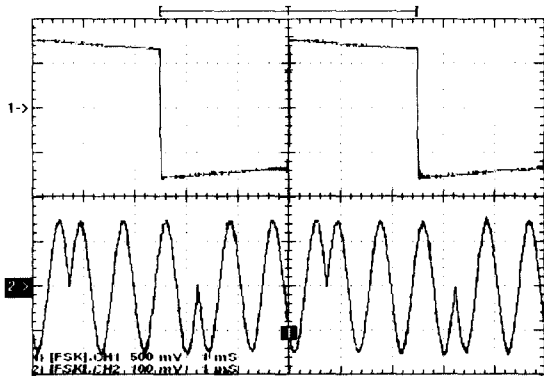


그림 9. PSK 변조 출력

3.5 선택적 변조

논의된 각 변조 방식들을 하나의 DSP에 구현하고 인터럽트 NMI(Non Maskable Interrupt), IRQA(Interrupt Request A), 그리고 IRQB(Interrupt Request B)로 선택할 수 있도록 하였으며, 그림 10에 이를 나타내었다. 각 변조는 하나의 서브루틴으로, 처음 시스템이 동작되면 기본 모드인 ASK 변조가 수행된다. 수행 도중 인터럽트가 발생되면 해당 변조 서브루틴으로 점프를 하고 그 루틴의 변조가 수행된다

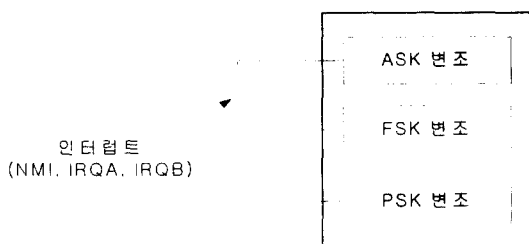


그림 10. 선택적 변조

IV. 결론

본 논문에서는, 소프트웨어적으로 프로그램 가능한, ASK, FSK, 그리고 PSK 다중 변조를 할 수 있도록 구현하였다. 이것으로 멀티 반송파(carrier) 변조 방식의 OFDM(Orthogonal FDM)^[9]이나 IMT-2000^[10]과 같은 차세대 통신 방식에 적용 가능하다는 것을 확인하였다.

V. 참고 문헌

- [1] J. Mitola, "Software Radios," IEEE Comm. Mag., pp. 26-38, May 1995.
- [2] P. A. Lynn and W. Fuerst, Digital Signal Processing With Computer Application, John Wiley & Sons, 2000.
- [3] M. S. Roden, Analog and Digital Communication Systems, Prentice-Hall Inc., 1996.
- [4] J. Kurzweil, An Introduction to Digital Communications, Prentice-Hall Inc., 1999.
- [5] Motorola Inc., DSP56002 User's Manual, Rev. 2, 1995.
- [6] Motorola Inc., DSP56000 Family Manual, Rev. 2, 1995.
- [7] Motorola Inc., DSP56002 Technical Data, Rev. 3, 1996.
- [8] Crystal Semiconductor Co., CS4215 User's Manual, Sep. 1993.
- [9] V. N. Richard and P. Ranjee, OFDM for Wireless Multimedia Communications, AH Publishers, 2000.
- [10] Garg, IS-95 CDMA and CDMA 2000, Prentice-Hall Inc, 2000.