

# 벡터합성방법에 의한 디지털-무선 변환시스템 Digital-Radio Conversion System using Vector Synthesis Method

주창복, 김성호

Chang Bok, Joo and Sung Ho, Kim

## 요 약

본 논문은 소프트웨어 무선에 적합한 전송장치로써 로직회로에 의해 생성되어지는 디지털신호를 직접 무선으로 변환시킬 수 있는 디지털-무선 변환장치를 제안한다. 이러한 회로가 실현되어지면 변조회로, RF회로와 안테나를 1개의 간단한 디바이스로 실현할 수 있어 소프트웨어무선의 본질인 소프트웨어처리에 의한 무선의 제어를 직접 수행할 수 있게 된다.

본 논문의 디지털-무선 변환장치는 채널화용 PN코드가 부여하는 위상각도에 의해 무수히 많은 채널화를 기할 수 있으며 디지털화에 의하여 설계에 유연성을 주게 되므로 하드웨어의 비중을 최소화시키고 소프트웨어 베이스의 유연한 기능을 갖는다.

## ABSTRACT

In this paper, as a compatible software radio transmission system, Digital-Radio conversion system which can directly change the digital signal generated by the logic circuit into radio signal is proposed. By the vector synthesis method, the digital signals can change directly into radio signal.

If such a circuit is realized, RF circuit and an antenna can be composed by the simple one device, and the radio is directly controlled and performed by the software processing which is the essence of software radio. This Digital-Radio conversion system of this paper give many number of communication channels being offered by PN code and offer a hardware design flexibility by digitization, therefore it decrease the percentage ratio of hardware of system and give a more flexible function of software basis.

In this paper, the principle of digital to radio signal generation algorithm is explained and the performance characteristics of proposed algorithm is shown in time base by the computer simulation method.

## I. 서 론

궁극적인 무선장치로서 소프트웨어를 베이스로 하는 프렉시블한 기능을 갖는 소프트웨어 무선기술이 주목을 받고 있다[1-6,12,13].

무선통신기술과 반도체기술의 발전 및 다양한 통신규격의 존재로 인하여 보다 유연한 무선 시

스템의 필요성을 인식하게 되었고, 그에 따라 소프트웨어 무선(Software Radio)에 관한 연구가 시작되기에 이르렀다.

일반적으로 소프트웨어는 하드웨어에 비하여 유연하기 때문에 무선 시스템에서 하드웨어의 비중을 최소화하고 소프트웨어의 비중을 늘린다면 유연한 무선 시스템의 구현이 가능하게 된다. 소

소프트웨어 무선의 궁극적인 목표는 전적으로 유연한 시스템이며, 이것을 구현하기 위하여 일반적으로는 안테나 직후 무선 주파수(RF:radio frequency)단에서 A/D 변환이 필요하고 그 이후는 디지털 하드웨어로 구성되게 되어 디지털 하드웨어를 운용하는 소프트웨어가 전체 시스템의 동작과 성능을 결정하게 해주어야 한다.

현재 A/D 변환기 및 DSP(Digital Signal Processor)기술들은 이러한 무선 시스템을 구현하기에는 불충분하기 때문에 그 중간단계로 SDR(Software Defined Radio)[7-11]을 정의하고 있다. SDR은 중간주파수 단계에서 샘플링이 이루어지고, 그 이후 단이 소프트웨어로 특징지어지는 무선 시스템이다.

만약 신호처리를 행하는 로직회로에 의해 생성되어지는 디지털 신호를 사용해서 직접 안테나 급전이 실현될 수 있게 된다면 대단히 획기적인 것이 실현될 수 있게 된다. 즉, 변조회로, RF회로와 안테나를 하나의 간단한 디바이스로 실현될 수 있는 것만이 아니라 완전히 소프트웨어 콘트롤이 가능하게 된다. 이것은 소프트웨어 무선의 본질인 소프트웨어 처리에 의한 무선의 콘트롤이 직접 가능하다는 것을 의미하게 된다.

본 논문에서 수행하게 된 D/R컨버터[14]는 로직회로에 의해 생성되어지는 복수의 디지털신호를 직접 안테나소자에 급전시키므로써 RF 무선신호로 변환시키게 된다. 이러한 D/R컨버터는 디지털 연산에 의하여 만들어지는 디지털 신호를 벡터합성방법에 의해 직접 무선송신신호로 변환시키게 된다.

## II. 벡터합성법에 의한 D/R 컨버터의 원리

그림 1은 통신의 전송장치로써 궁극적 목표인 소프트웨어 무선의 개념을 잘 보여준다[11]. 즉 안테나에서 받아들인 신호를 바로 A/D 변환을 통하여 디지털 신호로 변환시키고, 그 이후의 무선 통신 기능은 모두 디지털프로세서가 수행한다. 이러한 시스템의 구현을 위하여 A/D, D/A 변환기와 프로세서 등 디바이스 기술의 발전이 선행되어야 하며, 현재까지의 발전속도로 미루어 수년 내에 충분한 발전이 이루어지리라 보여진다.

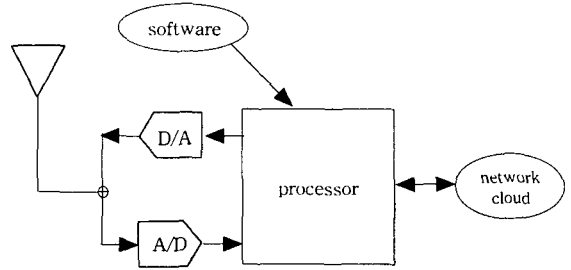


Fig. 1. Goal of software radio system

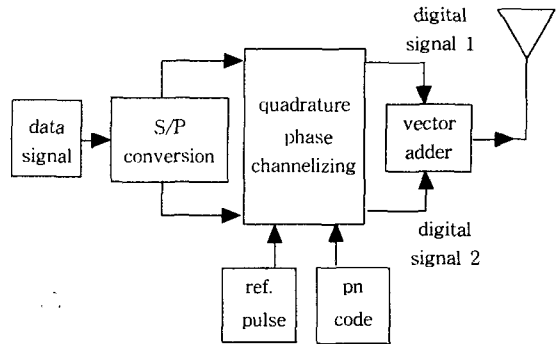


Fig. 2 Proposed D/R converter

이러한 소프트웨어무선이 구현된다면 안테나가 처리할 수 있는 주파수 범위의 어떠한 통신 규격이라도 소프트웨어 처리로 만족시켜줄 수 있을 것이다.

본 논문에서는 그림 2와 같은 구조에 의하여 디지털신호를 직접 무선으로 변환하는 소프트웨어 무선 변환장치인 D/R컨버터를 제안한다.

그림 2와 같은 소프트웨어무선 장치에서는 소프트웨어구동 디지털 연산에 의해 임의의 변조 신호가 캐리어레벨까지 연산되어진다. 다음에 연산 처리된 변조캐리어 신호의 정보를 갖는 디지털 신호는 D/R 컨버터에 의해 직접 무선으로 변환되어진다.

이것에 의해 소프트웨어 콘트롤에 의한 무선신호제어를 가능하게 하는 것만이 아니라 종래의 방법인 디지털-아날로그 소자를 이용하는 구성에 비해 대단히 간단화된 것으로 된다.

여기서 정의하는 디지털 신호는 1과 0의 정 진폭으로 임의의 위상을 갖는 디지털 소자로부터 생성되어지는 신호이다.

### 2.1 디지털 신호로부터 송신신호를 생성하는 알고리즘

위상  $\theta$ 와 진폭  $A$ 를 갖는 송신신호  $S$ 를 페이지로 나타내면 그림 3과 같다. 여기서 신호  $S$ 는 2개의 일정진폭  $A$ 를 갖는 벡터  $S_1$ 과  $S_2$ 의 벡터 합성 신호로 나타내진다. 즉

$$S \angle \theta = S_1 \angle \theta_1 + S_2 \angle \theta_2 \quad (1)$$

$$|S| = B = 2A \cos \frac{(\theta_1 - \theta_2)}{2} \quad (2)$$

$$\arg S = \theta = \frac{(\theta_1 + \theta_2)}{2}$$

식 (1)은 일정진폭  $A$ 를 갖는 두 신호의 벡터 합성에 의해 진폭  $2A$ 이하의 모든 신호를 생성하는 것이 가능한 것을 보여주고 있다. 여기서 일정 진폭을 갖는 신호는 디지털 신호를 생성하는 로직 회로로부터 발생시킬 수 있다.

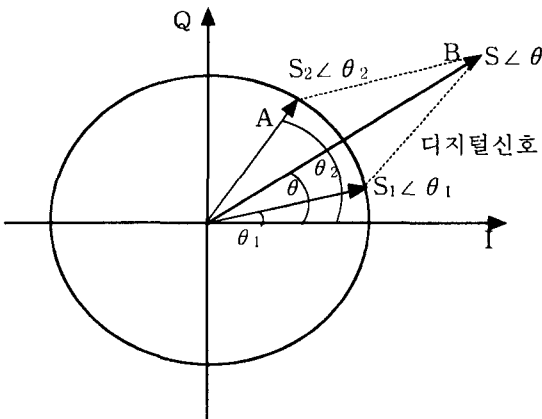


Fig. 3. Phase diagram of Vector add

소프트웨어 무선에서 2개의 일정진폭을 갖는 디지털 신호를 연산처리하여 생성하고 안테나 소자에 급전하면 안테나부에서 식 (1)과 같은 합성에 의해 캐리어레벨의 송신파 신호가 생성되게 할

수 있다.

### 2.2 신호 합성의 예

기본적으로는 상기의 알고리즘으로부터 임의의 변조파를 생성할 수 있으나 디지털신호는 구형파이므로 회로를 구성하는 경우에는 고조파 성분을 고려하여 설계를 할 필요가 있다.

주파수 스펙트럼을 기초로 디지털 신호와 송신신호 관계를 살펴본다.

(1) 무변조 송신신호를 두 디지털 신호합성에 의해 생성하는 경우

송신신호가 무변조 신호인 경우 두 디지털 신호는 위상이 일정한 주기 구형파 신호가 된다.

주기 구형파신호는 푸리에 급수 표현에 의해 기본파와 고조파 성분으로 나타내지고 다음과 같이 진폭 스펙트럼을 갖는다. 즉

$$A_n = \begin{cases} \frac{4}{n\pi} & n: \text{기수} \\ 0 & n: \text{우수} \end{cases} \quad (3)$$

그러므로 2개의 디지털 신호를 선형으로 합성하는 것으로부터 송신신호의 기본파의 진폭과 위상은 다음과 같이 나타내어진다.

$$|S|_{n=1} = B = 2 A_1 \cos \frac{(\theta_1 - \theta_2)}{2} \quad (4)$$

$$\arg S_{n=1} = \theta = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}$$

따라서 두 신호벡터의 합성후 기본파만을 취해내는 것에 의해 무변조 송신 무선신호를 얻게 된다.

(2) 변조 송신신호를 두 디지털 신호합성에 의해 생성하는 경우

송신신호가 변조파로 되는 경우에는, 두 디지털 신호는 진폭 일정한 위상변조 신호로 생각할 수 있다. 따라서 디지털 신호의 주파수 스펙트럼은 변조대역을 갖는 스펙트럼으로 된다.

그러므로 두 변조벡터 신호를 합성한 다음 기본

파 성분을 취하므로써 변조 송신무선신호를 얻을 수 있게 된다.

(3) 고풍력 신호 레벨의 송신 신호 생성 알고리즘  
2개 디지털 신호를 합성하는 경우, 합성 신호의 진폭크기는 합성 위상에 따라 0~2A까지 변화하게 된다. 이러한 진폭레벨 변화폭의 하한을 A이상으로 만들기 위하여 2개의 디지털신호의 합성과 같은 방법으로 3벡터의 합성 방법을 적용하면 고풍력의 무선 출력신호를 얻을 수 있게 된다.

3개의 디지털신호 합성에서는 그림 3에서 합성 신호  $S \angle \theta$ 의 방향에 진폭 A의  $S_3 \angle \theta_3$ 의 디지털 신호와, 다른 2개의 디지털 신호의 합성에 의하여 얻어지게 되며 합성신호벡터는 다음과 같이 된다.

$$S \angle \theta = S_1 \angle \theta_1 + S_2 \angle \theta_2 + S_3 \angle \theta_3 \quad (5)$$

$$|S| = B = A + 2A \cos\left(\frac{\theta_1 - \theta_2}{2}\right) \quad (6)$$

$$\arg S = \theta = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}$$

$$\theta = \theta_3$$

이와 같이 3신호의 합성신호의 진폭 B는 A ~ 3A까지로 되고 2신호 합성의 경우보다 다이내믹 레인지를 크게 하는 것이 가능하다.

### III. 디지털 무선 변환의 동작 확인 (시뮬레이션)

디지털 무선 변환 알고리즘의 동작확인을 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 행하였다. 데이터를 1kbps를 캐리어 5kHz의 QPSK 신호가 되도록 본 논문 에 의한 D/R컨버터 알고리즘에 의해 생성하고 기존의 QPSK시스템 신호와 제안 시스템 사이의 시간 파형과 위상변화 및 신호생성 등의 등가성을 비교해 보도록 하였다.

여기서 베이스밴드 신호는 나이퀴스트 주파수로 대역제한 시켜 변조신호의 대역을 나이퀴스트 주

파수가 되게 한다. 그림 4는 데이터 비트슬롯 기간의 5kHz 기준 펄스에 대해 PN코드에 의해 부여되는 위상변화에 따른 실시간 합성신호 파형 및 주파수 스펙트럼을 나타내 보인 것이다.

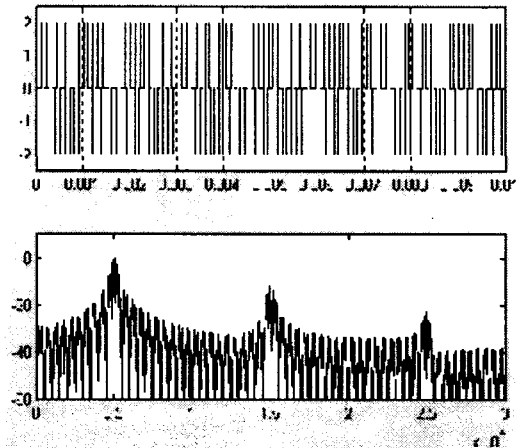


그림 4. 합성된 신호의 파형과 스펙트럼  
Fig. 4 Synthesis vector signal and its frequency spectrum

그림4. 는 서로다른 위상을 가지는 디지털 신호의 벡터를 합성한 후의 파형과 스펙트럼을 보여준다.

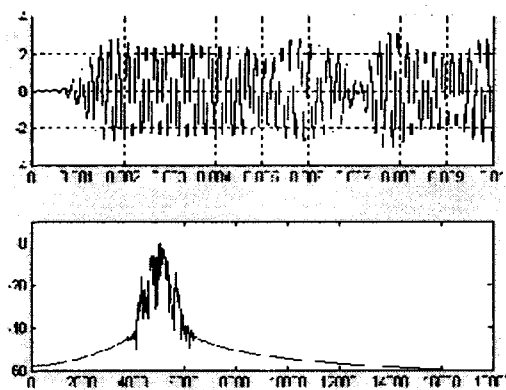


그림 5. BPF를 거친후의 파형과 스펙트럼  
Fig. 5. BPF output signal & its frequency spectrum of Fig. 4

그림 5는 그림 4의 대역통과 필터의 출력 신호와 이 출력신호와의 주파수 스펙트럼을 보인 것이다

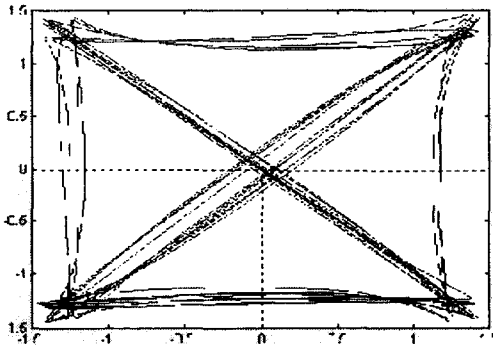


그림 6. (a) 기존의 QPSK 신호의 성상도  
Fig. 6. (a) Constellation of Existing QPSK

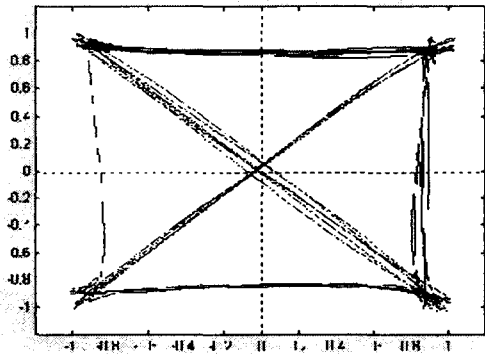
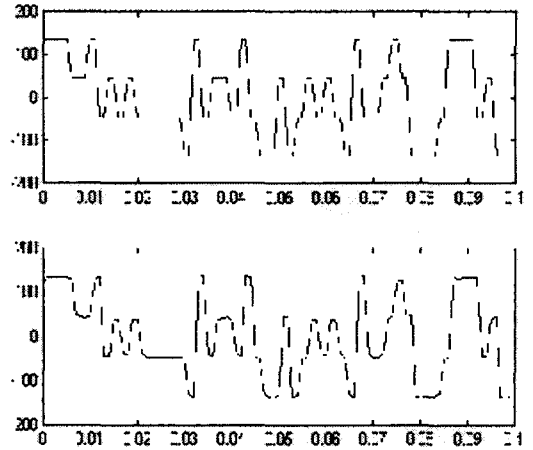


그림 6. (b) 제안한 방법의 성상도  
Fig.6. (b) Constellation of Proposed Method

시간상에서 보면 BPF의 출력 신호파는 진폭레벨이 기존의 QPSK 변조파와 일치하고 있으며, 이것은 주파수 스펙트럼에서 알 수 있듯이 중심 주파수에 일정한 대역폭을 갖는 QPSK 변조파에 다름 아님을 보여주는 것이다.

또한 그림 6에서와 같이 본 논문에서의 방식에 의한 무선신호로부터 복조되어 나오는 신호의 신호성상도도 기존의 QPSK 신호성상도와 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 그러나 이 그림에서와 같이 본 논문에서의 방식에 의한 무선신호의 진폭레벨은 기존의 QPSK 신호레벨에 비하여  $\sqrt{2}$  배의 율로 떨어지고 있다.

그림 7은 무선신호의 위상변화를 비교해 보인 것이다.



(a) 기존 QPSK 방식 (b) 제안한 방식

그림 7. 신호 위상 변화

(a) Existing QPSK system (b) Proposed system  
FIG. 7 Signal phase variation

이 그림에서와 같이 본 논문에서의 방식에 의한 무선신호의 위상변화는 변화점에서 다소 완곡하게 나타나고 있는 것 이외에는 기존의 QPSK 신호의 위상변화와 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

#### IV 결론

기존 통신의 전송장치들은 장치내에서 차지하는 아날로그와 디지털의 비율에서 아날로그 비율이 지배적이며 일반적으로 송, 수신 사이에 캐리어 동기 방식을 채용하기 때문에 통신장치가 복잡하고, 따라서 제조공정이 복잡하고 고가로 되는 것이 일반적이다.

한편, 소프트웨어는 하드웨어에 비하여 유연하기 때문에 무선 시스템에서 하드웨어의 비중을 최소화하고 소프트웨어의 비중을 늘린다면 유연한 무선 시스템의 구현이 가능하게 된다. 그러므로 소프트웨어무선의 궁극적인 목표는 전적으로 유연한 시스템의 구현이며, 이러한 시스템은 디지털 하드웨어로 구성되게 되어 디지털 하드웨어를 이용하는 소프트웨어가 전체 시스템의 동작과 성능을 결정하게 된다.

컴퓨터시뮬레이션 방법으로 QPSK 신호에 대하여 본 논문에 의한 디지털 무선 변환 알고리즘에 의한 신호와 기존의 QPSK 시스템 신호 사이의

시간 파형과 위상변화 및 신호생성 등의 증가성에서 잘 일치하고 있음을 보였다.

그러므로 본 논문에서 제안하는 방식은 기존의 전송장치의 구조를 완전 디지털화는 방식이며, 디지털 로직회로가 갖는 지연시간을 이용하여 디지털신호의 쿼드러처 위상 축의 위상각도에 의한 무수한 채널화를 이룰 수 있는 전송장치로써 송, 수신장치가 소프트웨어로 설계되기 때문에 하드웨어의 구조가 소형, 간단하고 제조공정이 단순화되며 저가로 되는 등의 특성을 지니고 있다고 말할 수 있다.

접수일자 : 2000. 9. 7. 수정완료 : 2000. 10. 25

### 참고문헌

[1] "Software Radio." IEEE Communication Magazine vol. 33, no.5, May, 1995.  
 [2] "Software Radio ;Propelled by DSP." IEEE Communication Magazine vol. 37, no.2, Feb, 1999.  
 [3] Y. Karasawa, T.Sekiguchi and T. Inoue, "The software antenna ; Anew concept of Kaleidoscopic antnna in multimedia radio and mobil computing era." IEICE Trans.Commun., vol. E80-B, no. 8, pp1214-1217, Aug. 1997.  
 [4] M. Cumming and S. Haruyama, "FPGA in the software radio." IEEE Communication Magazine vol. 37, no.2, pp108-112, Feb, 1999.  
 [5] 横井, 外, "ソフトウェア 受信機の 開発に 係わる 調査検討について." 日本 電子情報通信 學會, ソフトウェア 無線研究會, no. SR-1, 1999.  
 [6] 荒木純道, "ソフトウェア無線-Technical Survey." 日本 電子情報通信學會誌, vol. 83, no. 3, pp183-190, March, 2000.  
 [7] IEEE JSAC(Journal on Selected Area in Communications) vol. 17, no. 4, Apr. 1999

[8] SDR Forum web page:  
<http://www.sdrforum.org>  
 [9] SDR '99 presentations:  
<http://www.sdrforum.org/corpbbrf.html>  
 [10] SDR Forum Technical Report 2.1, 1999.  
 [11] 유형석, "Software Dified Radio 기술 및 표준화동향," 한국전자과학회지, vol. 10, no. 3, pp18-28, September, 1999.  
 [12] 유형석, "Software Radio," Proc. Expo Comm. Wireless Korea 99, Session A, May, 1999.  
 [13] H. S. Babbit III, "Software Radios & Standards A Cellular Basestation Perspective," MMITS Forum Mtg. Sep. 1996.  
 [14] 주창복, 김성호 "백터합성에 의한 디지털-무선 변환장치의 연구." KISPS 학술대회 논문집 vol.1, no.1, pp65-68, 2000,8



주창복(Chang Bok, Joo)  
 正會員

1975년 한국 항공대학교  
 전자공학과 졸업  
 (공학사).

1977년 고려대학교 전자  
 공학과 석사과정 졸업  
 (공학석사).

1987년 고려대학교 전자공학과 박사과정 졸업  
 (공학박사).

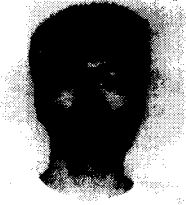
1981년-현재 경남 대학교 전기전자공학부 교수.

1989년 일본 상지대 전기공학과 연구교수.

1992년 미국 일리노이주립대학 시카고교

전기전자 및 컴퓨터공학과 객원교수.

관심분야 ; 무선통신 및 디지털통신 시스템 설계.



김성호(Sung Ho, Kim)

準會員

2000년 경남대학교 전자  
공학과 졸업(공학사).

2000-현재 경남대학교 전자  
공학과 무선통신연구실  
석사과정.

---