

벡터합성방법에 의한 디지털-무선 변환장치의 연구

주 창 복 , 김 성 호

경남대학교 전기전자공학부

Digital-Radio Converter using Vector Synthesis Method

Chang-Bok Joo and Sung-Ho Kim

wireless@kyungnam.ac.kr , riven7@channeli.net

Dept. of Electrical & Electronic Engineering Kyungnam Univ.

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, this proposed Digital-Radio conversion system is called D/R converter, and the principle of this D/R converter, radio signal generation algorithm is explained and the performance characteristics of proposed algorithm is shown in time base by the computer simulation method.

I. 서론

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 시스템의 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. 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 혹은 기저대역에서 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 논문에서는 소프트웨어 무선에 적합한 전송장치를 D/R 컨버터라 부른다. 본 논문에서 수행하게 된 D/R컨버터는 로직회로에 의해 생성되어

지는 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 소프트웨어무선(Software Radio)의 개념을 잘 보여준다[11]. 즉 안테나에서 받아들인 신호를 바로 A/D 변환을 통하여 디지털 신호로 변환시키고, 그 이후의 무선 통신 기능은 모두 디지털프로세서가 수행한다.

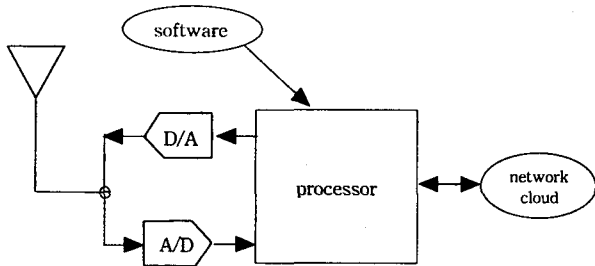


그림 1. 궁극적인 소프트웨어 무선 전송장치
Fig. 1. Goal of software radio system

이러한 시스템의 구현을 위하여 A/D, D/A 변환기와 프로세서 등 디바이스 기술의 발전이 선행되어야 하며, 현재까지의 발전속도로 미루어 수 년 내에 충분한 발전이 이루어지리라 보여진다. 이러한 소프트웨어무선이 구현된다면 안테나가 처리할 수 있는 주파수 범위의 어떠한 통신 규격이라도 소프트웨어의 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 변환

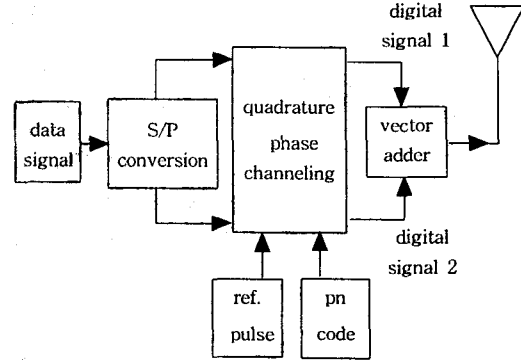


그림 2. 제안하는 D/R 컨버터
Fig. 2 Proposed D/R converter

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 θ 와 진폭 A 를 갖는 송신신호 S 를 페이저로 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

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

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

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

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 로직회로로부터 발생시킬 수 있다.

소프트웨어 무선에서 2개의 일정진폭을 갖는 디지털 신호를 연산처리하여 생성하고 안테나 소자

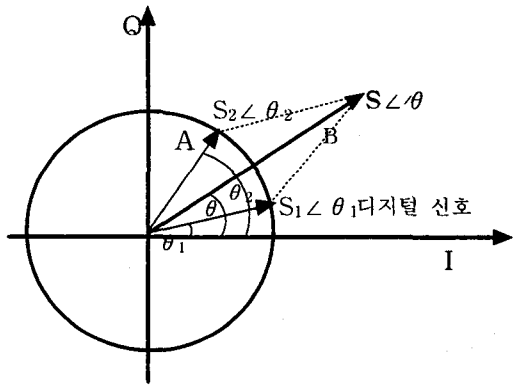


그림 3. 벡터합성의 페이저도
Fig. 3. Phase diagram of Vector add

에 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 송신 신호 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

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

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

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

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

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 기본파 성분을 취하므로써 변조 송신무선신호를 얻을 수 있게 된다.

Ⅲ. 디지털 무선 변환의 동작 확인

디지털 무선 변환 알고리즘의 동작확인을 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 행하였다. 데이터를 1kbps를 캐리어 5kHz로 하는 기존의 QPSK시스템과 본 논문에 의한 D/R컨버터에 의해 생성하고 이들 두 시스템 사이의 시간파형과 위상변화, 신호생성 및 복조신호 등의 등가성을 비교해 보도록 하였다.

여기서 베이스밴드 신호는 나이퀴스트 주파수로 대역제한 시켜 변조신호의 대역을 나이퀴스트 주파수가 되게 한다. 베이스밴드의 데이터 비트 슬롯에 대응되어지는 5kHz의 기준 펄스에 PN코드에 의해 부여되는 위상변화에 따른 실시간 파형 및 주파수 스펙트럼은 그림 4과 같이 된다.

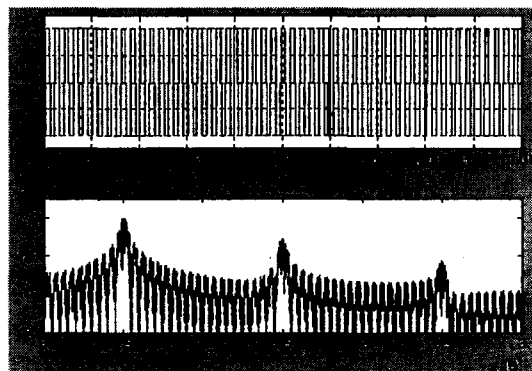


그림 4. 합성 신호파의 파형과 주파수 스펙트럼

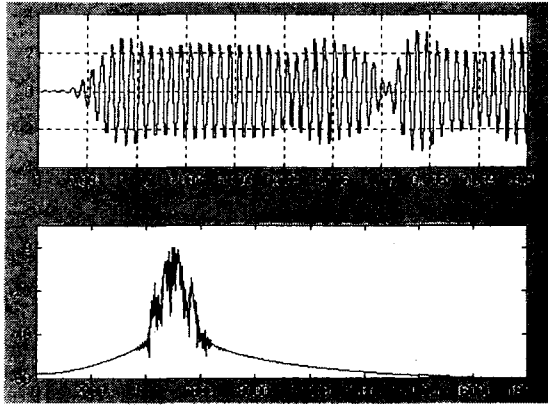
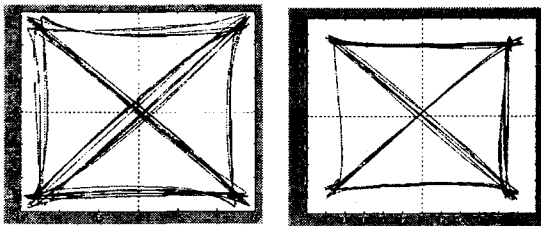


그림 5. 그림4의 BPF출력신호의 파형과 주파수 스펙트럼



(a) 기존 QPSK방식 (b) 본 논문의 방식
그림 6. 복조 베이스밴드신호 성상도

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 운용하는 소프트웨어가 전체 시스템의 동작과 성능을 결정하게 된다.

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

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/corpbprf.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.