

# Direct-Conversion 수신기에서 DC offset 제거에 따른 성능 개선에 관한 연구

김철성\* · 박성진\* · 조형래\*  
\*한국해양대학교

A Study on a Performance Progress of Direct-Conversion Receiver as removing DC offset.

Chul-Sung Kim\* · Sung-Jin Park\* · Hyung-Rae Cho\*  
\*Korea Maritime University  
E-mail : devilians@hanmail.net

## 요 약

본 논문에서는 AWGN 환경하에서 Direct-conversion 수신기 시스템에서 발생하는 DC offset을 제거하여 성능을 개선할 수 있는 방안으로 DC offset이 발생한 신호를 loop를 통해 누적, 평균화 하여 시변 DC offset 발생에 대처할 수 있는 방안을 모색하였다.

## ABSTRACT

This paper presents the analysis of the effect which DC offsets produced in the direct-conversion receiver system under the AWGN circumstance exercise on the system performance. Then, as a method which improve the system performance by removing the DC offsets, we proposed the plan which can copes with the time variant DC offsets occurrences according to taking accumulation and average through the loop signals which DC offsets are produced.

## 1. 서 론

그 동안 많은 논문들이 direct conversion radio transceiver에 연구해왔다. 이는 direct conversion 이 기존의 nonzero-intermediate frequency (IF) receiver에 비해 RF주파수 대역에서 직접 IF대역을 거치지 않고, BaseBand대역으로 주파수 하향 변환을 하는 방식을 사용함으로써 저전력의 소모, hardware의 복잡성과 크기를 소형화와 같은 몇 가지 장점을 가지고 있기 때문이다.<sup>[1][2]</sup>

원치 않는 DC 성분은 수신기 안테나와 local oscillator사이의 기생적인 coupling이 원인이 되어 direct conversion 된후에 발생된다. 이러한 DC 성분이 발생하는 것은 DC offset이라 부른다. 이를 제거하지 않을 경우, detector에서의 SNR은 매우 낮게 될 것이다.

이러한 DC offset을 제거하기 위한 방법은 여

러 가지 제안된바 있다. 본 논문에서는 DC offset을 제거하는 방법으로 입력신호를 누적, 평균화하여 입력신호와의 차를 발생시키고, 이 차의 값을 다시 빼는 방법으로 제거하여 성능을 분석하였다.

## II. Heterodyne receiver와 Direct Conversion receiver

### 1. Heterodyne receiver

heterodyne 수신기는 원하는 RF 신호를 복조하기 전에 하나 또는 그 이상의 IF 주파수로써 변환시킨다. 이러한 과정에서 image frequency가 발생하게 된다. 발생한 image frequency를 제거하기 위해서, 이미지 제거 필터와 IF(Intermediate Frequency)단의 추가적인 요소가 들어가게 된다.

Homodyne장점은 보다 나은 간섭신호에 대한

내성과 보다 나은 선택도를 가진다.

2. Direct Conversion receiver

Homedyne, Direct Conversion, 또는 Zero-IF 라 불리는 Direct Conversion 수신기는 Heterodyne 수신기와는 달리 RF 신호를 중간주파수를 거치지 않고 바로 기저대역으로 변환하는 방식으로 LO 신호를 입력 반송주파수와 동일하게 하는 것이다.<sup>[1]</sup>

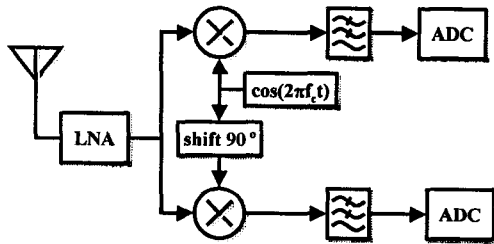


그림 1. direct conversion receiver

서론에서 언급한바와 같이 heterodyne에 비해서 하향변환을 한번만 하기 때문에 hardware, 전력소모면에서 여러 가지 장점을 가지고 있다.

이에 반해 heterodyne에 비해 DC offset 문제가 야기되며, 간섭신호에 대한 내성과 선택도에 있어서 단점이 있다.

III. Direct conversion 수신기에서의 DC Offset

DCR구조는 1차 하향변환으로 BaseBand대역으로 떨어뜨리므로, heterodyne구조에서 문제가 되지 않는 DC-Offset이 시스템에 미치는 영향이 매우 크다.<sup>[2]</sup>

direct conversion receiver에서 안테나로 수신된 신호는 LNA에 의해 증폭되고 변조부에서 바로 기저대역으로 하향변환된다. 변조부의 출력은 불필요한 주파수 성분의 제거하는 채널 선택기와 같은 역할을 하는 LPF로 입력된다. 기저대역 신호는 ADC(Analog-Digital Converter)에서 이진화되고 DSP(Digital Signal Processing)를 통해서 원래의 신호로 복호된다. direct conversion receiving system은 IF가 0이므로, image frequency가 발생하지 않기 때문에 image frequency를 억압하기 위한 IF filter가 필요치 않는다. direct conversion receiving system에서 기저대역 단으로 바로 변환되는 원하는 신호에 겹쳐지는 DC 요소에 의해서 BER은 떨어지게 된다.

DC offset은 발생 경로에 따라서 시불변 offset과 시변 offset 두 가지로 나눌 수 있다.

1. 시불변 offset

시불변 offset은 LNA나 변조부에서 circuit에서의 부조정, draft로 인해 주로 발생되는 DC 성분이다. 즉, LO 신호의 누설 또는 LNA를 통과한 신호가 LO를 통해 누설되어 발생하는데, 이러한 누설 신호가 기판에 의해서 커플링이 되고, RF단과 LO단의 완벽한 Isolation이 이루어지지 않음으로써 발생하게 된다. 이러한 형태의 DC offset은 회로에 고유한 것이고, 시간에 따라 변하지 않는다. 이러한 시불변 DC-Offset은 믹서 다음단의 증폭작용을 포화시키므로써, Decision을 위한 신호의 레벨까지의 증폭을 하지 못하게 한다. LNA나 quadrature 복조기와 같은 각각의 요소가 기저대역단에서 포화를 막기 위해 복수의 이득 형태를 지니고 있기 때문에 다른 DC 값이 각 이득에서 발생한다. RF주파수와 LO주파수가 동일하여 BaseBand의 스펙트럼상에는 DC에서 강한 간섭원이 발생하게 된다. 이러한 현상을 Self-Mixing이라고 한다.

그림 2은 이러한 발생을 설명하고 있다.

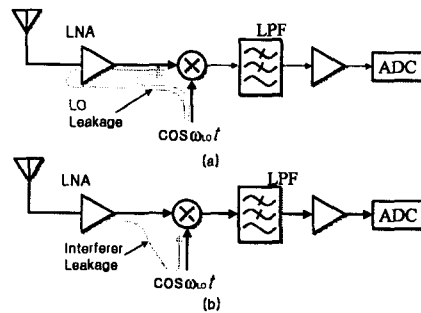


그림 2. Self-mixing (a) 간섭자 (b) LO

2. 시변 DC-Offset

시변 DC-Offset의 경우는 위의 시불변 DC-Offset의 경우보다 더욱 심각하다. 그림 3에서 이러한 시불변 DC-Offset의 발생에 대해서 설명하고 있다.

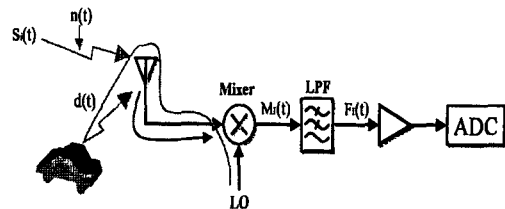


그림 3. 시변 DC-Offset 발생 환경

시변 DC-Offset은 DCR의 LO port와 RF port가 완벽하게 격리되지 않음으로 인해서 LO신호가 RF port로 누설됨으로 인해 발생된다.

이러한 누설 신호는 안테나를 통해 방사되어지고, 이에 다른 이동체에 의해 반사되어 다시 안테나를 통해 들어와 LNA 입력부에 나타난다. 이 신호는 LO 신호와 혼합되어 DC 성분을 발생시키게 된다. 이러한 신호에 의해 발생된 DC-Offset을 시변 DC-Offset이라고 한다.

### III. DC offset의 제거 방법

기존의 논문에 DCR에서 발생하는 시변·시불변 DC 성분을 제거 방법이 여러 가지 제시하였다. AC-coupling 기법, 무통화대대용량 Capacitor를 사용한 제거 기법, DC-free Coding법등이 있다.<sup>[1][2][3][4]</sup> AC-coupling 기법의 경우 믹서 다음단에 LPF대신 HPF를 사용하여 DC offset을 제거하는 방법이다. 이는 수신기의 복잡성, 단면적의 측면에서 보다 간단하고, 적은 공간을 사용함으로써 효과적이라 할수 있으나, DC offset을 제거하면서 정보의 대부분을 손실함으로써 BER 성능의 저하를 가져온다.

본 논문에서는 Quadrature 복조부를 통과하여 DC offset이 발생된 신호를 1 symbol 주기동안 평균화하여 다시 이를 원신호로부터 뺀 후에 이차의 값을 다시 원신호에서 뺌으로서 발생한 offset 성분을 제거하려 한다.

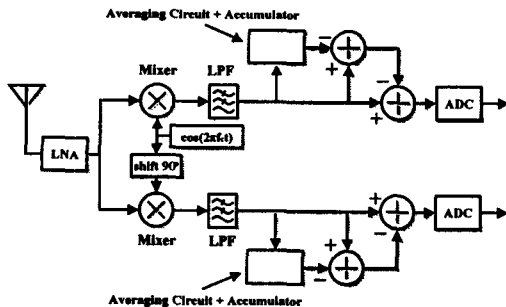


그림 4. 제안한 DC offset canceller 구조

### IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문은 Advanced Designs system라는 시뮬레이션 Tool을 사용하였다.

시변 DC offset이 50%, 5%, 0.5% 발생할 때로 나누어 시뮬레이션을 실시하였다.

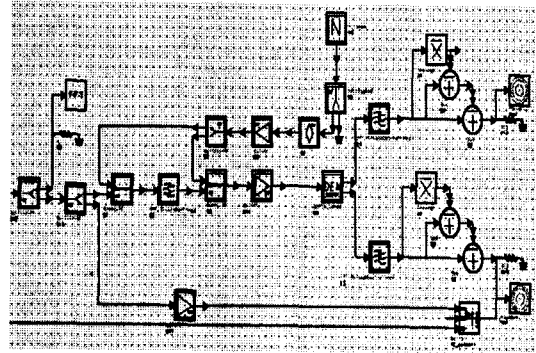


그림 5. DC offset canceller simulation을 위한 구성도

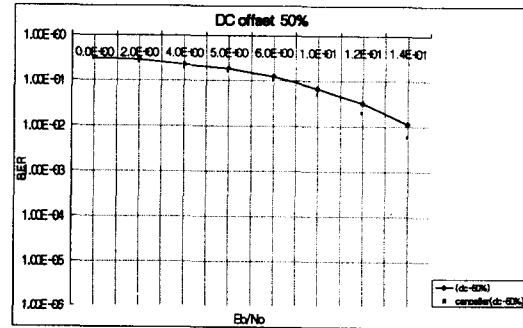


그림 6. DC offset canceller에 의한 BER (DC-50%)

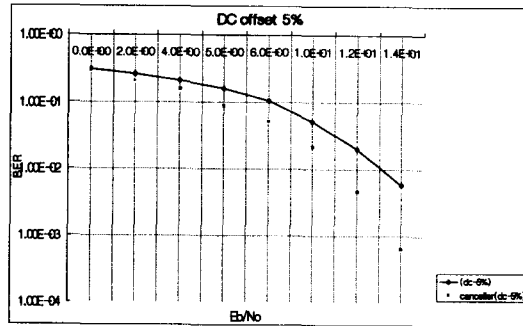


그림 7. DC offset canceller에 의한 BER(DC offset-5%)

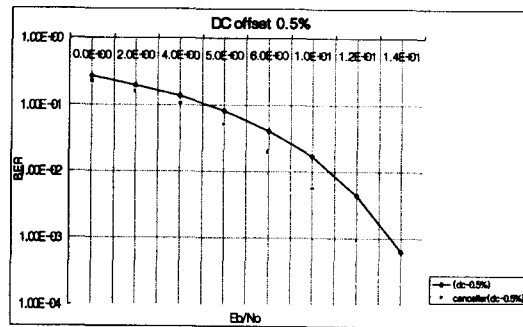


그림 8. DC offset canceller에 의한 BER(DC offset-0.5%)

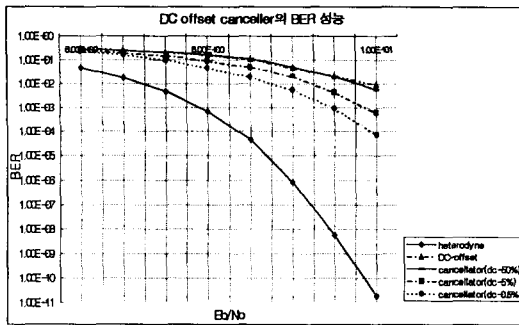


그림 9. DC offset canceller에 의한 BER

## V. 결 론

IV장의 시뮬레이션 결과에서 보이는바와 같이 제안된 DC offset canceller는 DC offset이 발생할 때 이를 제거함을 알 수 있었다. 하지만, 보다 많은 개선할 사항이 있음을 알 수 있다. direct conversion 방식의 수신기를 사용하기 위해서는 보다 효과적으로 DC offset을 제거하여야 할 것이며, 본 논문에 제시한 DC offset 제거법에 대한 타당성을 다각도로 보다 심도 깊은 검증이 필요 하리라 생각된다.

## 참고문헌

[1] Behzad Razavi, "Design Considerations for Direct-Conversion Receivers", IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS-II, VOL 44. 428-435, JUNE 1997

[2] Asad A. Abidi, "Direct-Conversion Radio Transceivers for Digital Communications", IEEE Journal of Solid-state circuits, Vol 30. No. 12, 1995

[3] J.H.Mikkelsen, T.E.Kolding, T.Larsen, "Feasibility Study of DC-Offset Filtering for UTRA-FDD/WCDMA Direct-Conversion Receiver",

[4] Björn Lindquist, Martin Isberg, " A New Approach to Eliminate the DC Offset in a TDMA Direct Conversion Receiver"