

## SC-FDE통신체계의 동기화실현의 한가지 방법

현병훈, 조연희

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《첨단돌파전은 현대과학기술의 명맥을 확고히 틀어쥐고 과학기술의 모든 분야에서 세계를 앞서나가기 위한 사상전, 두뇌전입니다.》

SC-FDE(Single Carrier Frequency Domain Equalizer)체계와 OFDM체계는 다같이 강한 다중경로환경에서 대용량통신을 보장하기 위하여 제기된 통신방식이다.

SC-FDE통신체계[2]에서는 OFDM체계에서와 같은 높은 PAPR(Peak to Average Power Ratio)문제가 제기되지 않는것으로 하여 최근에 많이 리용되고있다.

론문에서는 SC-FDE체계에서 동작주파수편이보상을 Farrow소수지연보간려파기를 리용하여 동작주파수를 높이지 않고 진행하였으며 주파수편이보상을 거친 보상과 상세보상의 두 단계를 거쳐 진행하여 성능을 높였다.

### 1. 동기화방법

SC-FDE체계에서 반송파주파수편이와 동작주파수편이는 등화의 성능과 체계전반성능에 영향을 주는 중요한 인자이다.

선행연구[2]에서는 주파수영역에서 반송파주파수편이와 동작주파수편이를 동시에 추정하는 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘에서는 수신입구에서 동작주파수를 높이고 보간을 진행한 다음 동작주파수오차보상을 OFDM신호의 경우와 같이 고속푸리에변환(FFT)창문의 위치를 옮기는 방법으로 실현하고있다.

일반적으로 SC-FDE통신체계에서 자료렬은 그림 1과 같은 구조를 가진다.

UW	Data	UW	UW	Data	UW
----	------	----	----	------	----

그림 1. SC-FDE통신체계에서 자료렬

그림 1에서 Data는 통신자료이고 UW(Unique Word)렬은 통신로의 통로추정을 위하여 리용되는 특정렬로서 흔히 Zadoff-Chu렬이 리용된다. 이 렬은 진폭이 상수이고 주파수가 대역폭전구간에서 일정한 간격으로 선형적으로 변하는 신호로서 OFDM신호의 순환앞불이와 같은 역할을 수행한다. 즉 다중경로환경에서 자료의 지연을 흡수하고 스펙트럼특성을 리용하여 동기화와 통로추정을 진행하는데 리용된다. 하지만 SC-FDE통신체계에는 OFDM체계에서와 같이 주파수편이와 위상편이의 정확한 보상을 위하여 Pilot신호들이 섬세하게 구성되여있지 못하고 주파수보상을 위한 NCO의 분해능의 제한으로 하여 주파수편이보상후에 오차가 남아있게 된다.

SC-FDE통신체계의 일반블록도도는 그림 2와 같다.

론문에서는 시간영역에서 동작주파수보상에 Gardner알고리즘을 리용하고 UW렬과 상관법에 의하여 반송파주파수편이를 제거한 다음 주파수영역에서의 등화를 진행하

였다.

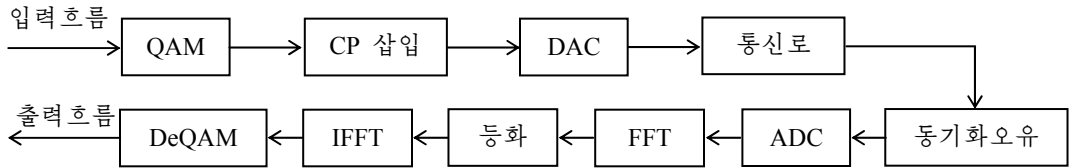


그림 2. SC-FDE통신 체계의 일반블록도

Gardner알고리즘에서는 링통과점출을 리용하여 다음의 식으로 동작주파수오차를 계산한다.

$$e(k) = x((k-1/2)T_s + \hat{\tau})[x((k-1)T_s + \hat{\tau}) - x(kT_s + \hat{\tau})] + y((k-1/2)T_s + \hat{\tau})[y((k-1)T_s + \hat{\tau}) - y(kT_s + \hat{\tau})]$$

여기서  $x(k)$ 는 수신신호의 실수부,  $y(k)$ 는 수신신호의 허수부,  $T_s$ 는 기호간 간격,  $\hat{\tau}$ 은 표본화편차이다.

소수지연보간러파기로는 다음의 단편포물선형 Farrow보간러파기를 리용하였다.(그림 3)

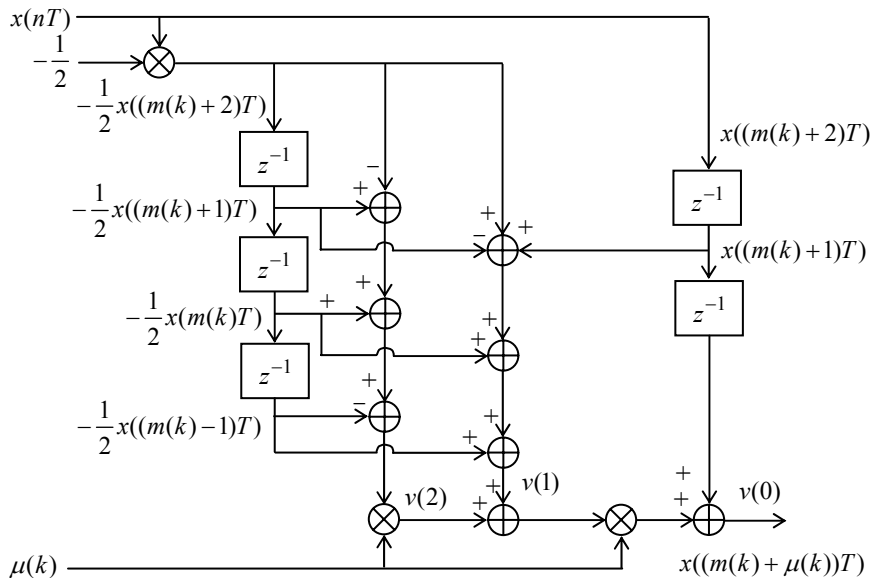


그림 3. Farrow보간러파기

러파기회로에서  $m(k)$ 는 수신단의  $k$ 번째 표본화시점을 나타내는 값이고  $\mu(k)$ 는  $k$ 번째 표본화점의 실지값으로부터의 소수편이를 나타내는 값이다.

주파수편이추정을 보기로 하자.

UW열과 잘 알려진 Luise알고리즘을 리용하여 거치른 주파수편이추정을 먼저 진행하면 NCO분해능의 정확도로 주파수편이가 보상된다. 그러나 자료열구간에서 NCO량자화분해능이상의 위상회전은 남아있게 되고 이것은 QAM차수가 올라감에 따라 체계의 성능에 심각한 영향을 미친다.

거치른 주파수보상에서의 보상주파수의 근사값은 다음과 같이 표시된다.



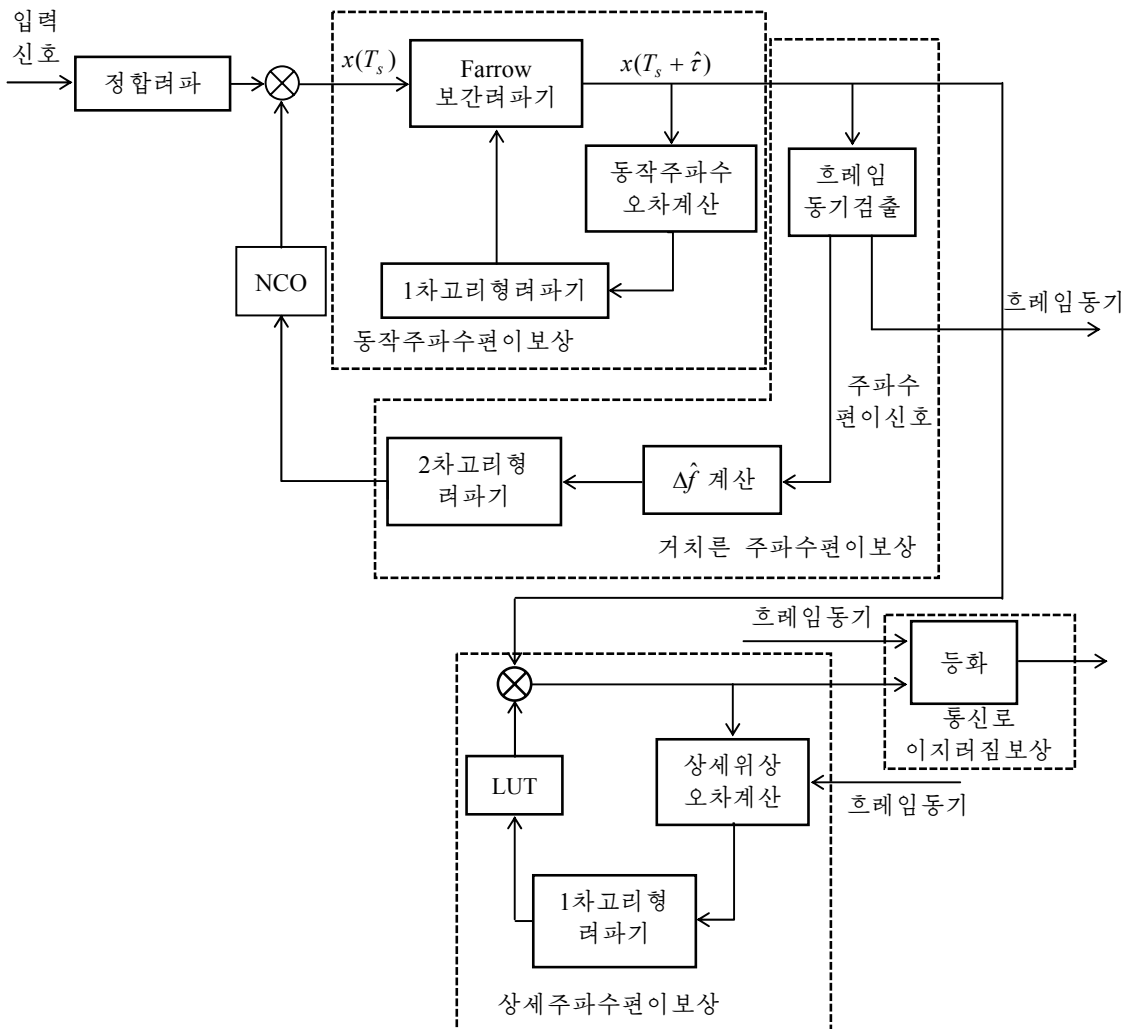


그림 5. 동기화알고리즘의 전체 블록도

다중가입을 위하여 TDMA통신을 진행하는 경우나 통신의 초기자료의 류실을 허용할 수 없는 통신인 경우에는 그림 1의 자료렬의 앞에 동기회복에 편리한 훈련렬을 삽입하고 동기회복알고리즘들이 이 훈련렬구간에서 최종추정값들에 수렴하도록 하여야 한다.

## 2. 모의 실험

다중경로통로는 IEEE 802.16.3에서 리용한 통로모형중의 하나인 SUI-5모형을 리용하였다.[1] 이 모형은 다중경로의 지연이  $5\mu s$ 에서  $-5dB$ ,  $10\mu s$ 에서  $-10dB$ 인 신호들이 들어있는 레일리모형이다.

모의에서는 표준화된 주파수편이는 0.001 25, 표준화된 동작주파수편이는 0.25, 고속 푸리에변환차수는 1 024, UW렐의 길이는 256으로 설정하였다.

BPSK와 16QAM신호에 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하여 모의실험을 진행하고

선행연구결과와의 BER성능비교분석을 진행하였다.(그림 6)

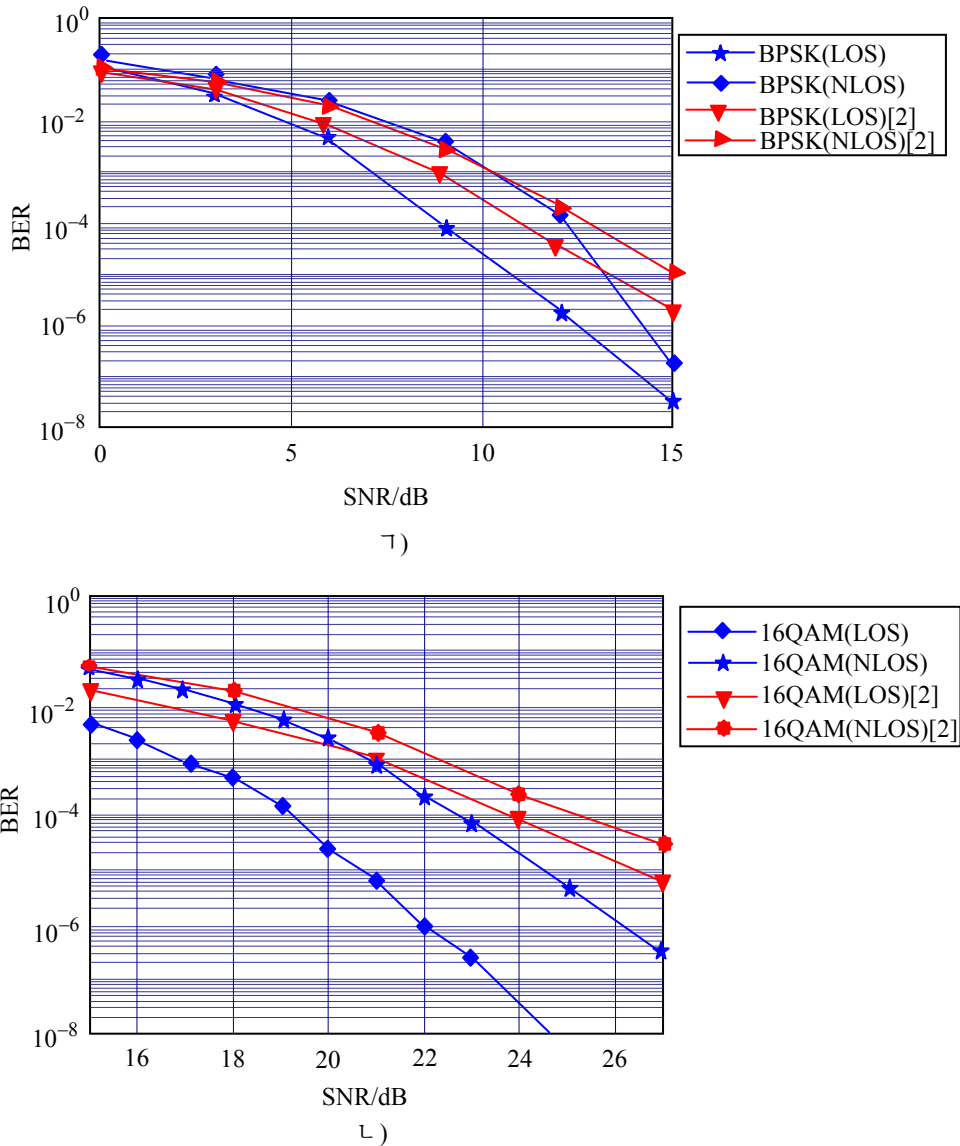


그림 6. 신호대잡음비에 따르는 BER그래프

그림 6의 ㄱ)의 그래프에서 보는바와 같이 BPSK의 경우 LOS(Line Of Sight)통신에서는 0~2dB의 성능이 향상되고 다중경로통신인 경우 11dB이상의 신호대잡음비에서는 성능이 향상되지만 그아래의 신호대잡음비에서는 BER의 성능이 약간 떨어지는 경향성이 있다. 그러나 체계의 성능에 영향을 미칠 정도로 심각하지는 않다.

16QAM변조를 리용한 경우 그림 6의 ㄴ)의 그래프에서 보는바와 같이 선행연구[2]의 경우에 비하여 LOS통신인 경우에 고찰한 신호대잡음비대역에서 4~5dB의 성능이 향상되고 다중경로통신인 경우에는 0~2dB의 성능이 향상된다.

## 맺 는 말

SC-FDE통신체계의 동기화방법에 대하여 연구하고 LOS통신로와 다중경로통신로에서 BPSK와 16QAM신호를 가지고 모의실험을 진행하여 제안한 알고리즘의 BER성능을 평가하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] D. Falconer et al.; IEEE Commun., 4, 58, 2002.
- [2] Ying-Tsung Lin, Sau-Gee Chen; IEEE Trans. Commun., 62, 1, 293, 2014.

주체109(2020)년 8월 5일 원고접수

## A Synchronization Method in SC-FDE Communication System

*Hyon Pyong Hun, Jo Yon Hui*

This paper described a synchronization method of SC-FDE system and showed its improvement in BER performance by computer simulation in LOS and multipath channel.

Keywords: SC-FDE, receiver synchronization, multipath communication