

DS-SS체계에서 비간섭성동기검출과 자료복조의 한가지 방법

성재균, 전금성

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《최신과학기술에 기초하여 나라의 경제를 현대화, 정보화하기 위한 투쟁을 힘있게 벌려야 합니다.》(《김정일선집》증보판 제22권 22페이지)

DS-SS(Direct Sequence-Spread Spectrum)체계의 수신동기 및 자료복조에는 간섭성복조와 비간섭성복조방법이 있다.[1-3] 간섭성복조에서는 송신신호와 수신신호사이의 주파수편차와 위상편차를 추정하고 주파수혼합기에서 보정해주는 방법으로 송신신호와 수신신호의 위상차를 제거한다. 그러나 이 방법에서는 위상차를 추적하는 과정이 필요하며 따라서 고속동기획득과 자료복조를 진행해야 하는 신호처리에서는 적합하지 않다.

이 문제를 해결하기 위하여 비간섭성복조방법[1]이 제안되었는데 이 방법은 송신신호와 수신신호의 주파수 및 위상차를 추정하지 않고도 위상차에 의존하지 않는 동기획득 및 자료복조를 진행할수 있다.

론문에서는 비간섭성복조방법을 리용하여 각이한 통로상태에서 반송주파수편차와 기호동기편차의 영향에 대한 모의를 진행하였다.

1. 비간섭성복조

수신기에 들어오는 신호는 상사처리단에서 저잡음증폭, 혼합, 중간주파증폭, 리파과정 등을 거쳐 A/D변환된 후에 신호처리단에 입력된다.

신호는 동위상성분과 직교위상성분으로 표시할수 있다.

$$r_c(t) = s_i(t)\cos(\theta) + n_c(t) \quad (1)$$

$$r_s(t) = s_i(t)\sin(\theta) + n_s(t) \quad (2)$$

여기서 $s_i(t)$ 는 통로전달과정에 감쇠된 송신신호이고 θ 는 송신기와 수신기의 위상차이며 $n_c(t)$, $n_s(t)$ 는 동위상성분과 직교위상성분잡음이다.

한편 동위상성분과 직교위상성분을 비간섭성검출기기로 통과시키면 다음과 같은 결과를 얻는다.[2]

$$\begin{aligned} z_m(t) &= \left[\cos(\theta) \int_T s_i(\tau) c(t-\tau) d\tau \right]^2 + \left[\sin(\theta) \int_T s_i(\tau) c(t-\tau) d\tau \right]^2 + N(t) = \\ &= \left[\int_T s_i(\tau) c(t-\tau) d\tau \right]^2 + N(t) \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 $c(t)$ 는 t 시각의 PN 렬값이며 $N(t)$ 는 비간섭성검출과정에 입구잡음 $n_c(t)$, $n_s(t)$ 에 의하여 생긴 항이다.

식 (3)에서 보는바와 같이 송신기와 수신기의 위상차는 비간섭성검출방법으로 없앨수 있다. 그림 1에 정합러파기를 리용한 비간섭성동기획득신호처리블록도를 보여주었다.

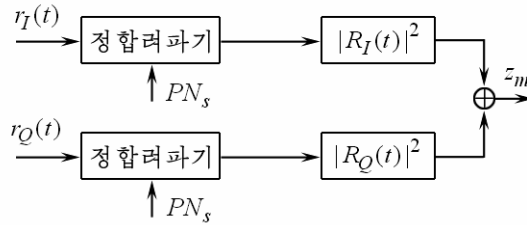


그림 1. 정합러파기를 리용한 비간섭성동기획득신호처리블록도

2. 비간섭성동기복조

BPSK변조된 DS-SS송신신호는 다음과 같이 표현할수 있다.

$$S_{\text{송}} = PN_s(t) \cos w_0 t \quad (4)$$

이때 수신신호는 다음과 같다.

$$S_{\text{수}} = A \cdot PN_s(t) \cos(w_0 t + w_{\text{도}} t + \theta) + n(t) \quad (5)$$

여기서 A 는 거리감쇠에 의한 진폭, $w_{\text{도}}$ 는 도플러주파수, θ 는 위상차, $N(t)$ 는 잡음이다.

식 (5)를 다시 쓰면 다음과 같다.

$$S_{\text{수}} = A \cdot PN_s(t) [\cos w_0 t \cos(w_{\text{도}} t + \theta) - \sin w_0 t \sin(w_{\text{도}} t + \theta)] + n(t) \quad (6)$$

식 (6)으로 주어진 수신신호를 동위상성분과 직교위상성분으로 분리하면 다음과 같다.(그림 2)

$$\begin{cases} r_I(t) = [S_{\text{수}}(t) \cos w_0 t]_{\text{저역통과}} = B \cdot PN_s(t) \cos(w_{\text{도}} t + \theta) \\ r_Q(t) = [S_{\text{수}}(t) \sin w_0 t]_{\text{저역통과}} = -B \cdot PN_s(t) \sin(w_{\text{도}} t + \theta) \end{cases} \quad (7)$$

다음 $r_I(t)$, $r_Q(t)$ 는 $PN_s(t)$ 신호에 정합된 수자정합러파기를 통과한다. 이때 $PN_s(t)$ 의 변화에 비해 $\cos(w_{\text{도}} t + \theta)$ 의 변화가 상대적으로 느리다고 가정하면

$$\begin{cases} R_I(\tau) = C(\tau) \cdot \cos(w_{\text{도}} t + \theta) \\ R_Q(\tau) = C(\tau) \cdot \sin(w_{\text{도}} t + \theta) \end{cases} \quad (8)$$

로 된다. 따라서 z_m 은 다음과 같이 된다.

$$z_m \approx C^2(\tau) [\cos^2(w_{\text{도}} t + \theta) + \sin^2(w_{\text{도}} t + \theta)] = C^2(\tau) \quad (9)$$

식 (9)에서 보는바와 같이 z_m 추정에서 $w_{\text{도}}$ 와 θ 가 들어있지 않다. 실천적으로 $w_{\text{도}}$ 가 큰 경우에는 위의 가정이 파괴되지만 박자추정고리를 리용하여 일정한 범위안으로 주파수편차를 보정해줄수 있다.

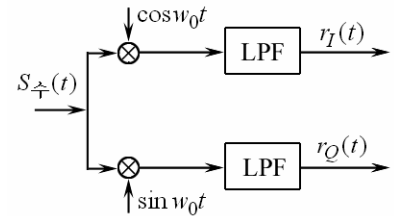


그림 2. 수신기에서 동위상성분과 직교위상성분의 분리

3. 모의실험 및 결과분석

모의에서 부호박자속도는 4MHz, PN코드의 길이는 512로 설정하고 백색가우스잡음통로와 라이스통로, 레일리통로에서 여러가지 반송주파수편차와 표본시간편차에 대한 BER 특성을 고찰하였다.

우선 반송주파수편차와 표본시간편차가 없는 경우 각이한 통로상태에서 체계의 BER 특성은 그림 3과 같다.

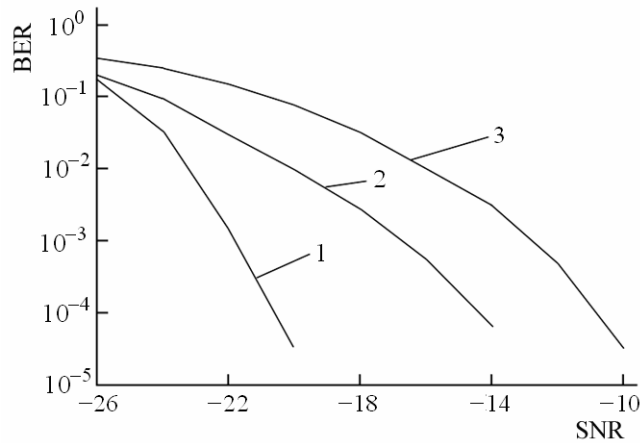


그림 3. 각이한 통로상태에서 체계의 BER특성(반송주파수편차와 표본시간편차가 없는 경우)

1-백색가우스통로일 때, 2-라이스통로일 때, 3-레이리통로일 때

다음 각이한 반송주파수편차가 있을 때 백색가우스, 라이스, 레일리통로에서의 BER특성을 그림 4, 5, 6에 보여주었다.

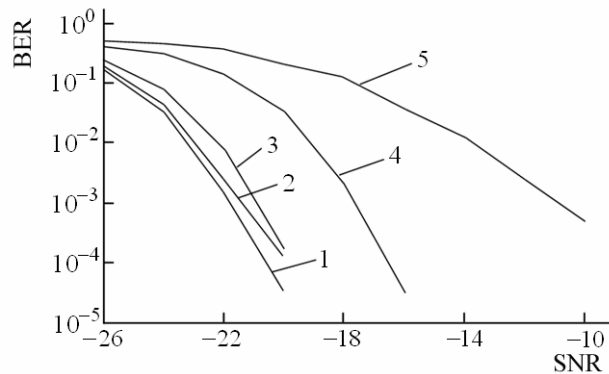


그림 4. 가우스백색잡음통로에서 반송주파수편차가 있을 때 BER특성

1-반송주파수편차가 없을 때, 2, 3, 4, 5-반송주파수편차가 각각 1, 2, 4, 5kHz일 때

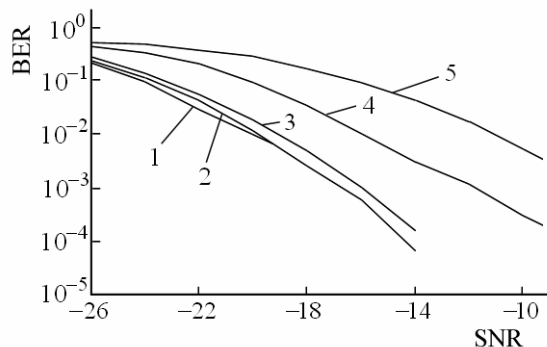


그림 5. 라이스통로에서 반송주파수편차가 있을 때 BER특성

1-반송주파수편차가 없을 때, 2, 3, 4, 5-반송주파수편차가 각각 1, 2, 4, 5kHz일 때

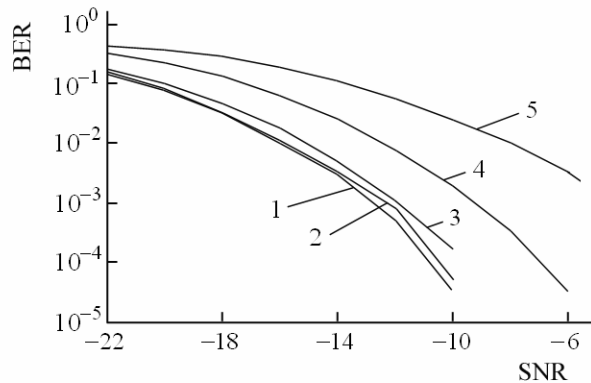


그림 6. 레일리통로에서 반송주파수편차가 있을 때 BER특성

1-반송주파수편차가 없을 때, 2, 3, 4, 5-반송주파수편차가 각각 1, 2, 4, 5kHz일 때

그림 4, 5, 6에서 보는바와 같이 반송주파수편차가 작은 경우(2kHz아래)에 체계의 성능에 거의 영향을 미치지 않지만 반송주파수편차가 대략 5kHz이상에서는 성능이 급격히 떨어진다는것을 알수 있다.

다음 표본시간편차가 체계의 BER특성을 평가하였는데 일반적으로 주기적으로 동기시점을 교정해주는 체계에서는 그림 7에서 보는바와 같이 표본시간편차가 체계의 BER특성에 영향을 거의나 주지 않는다는것을 알수 있다.

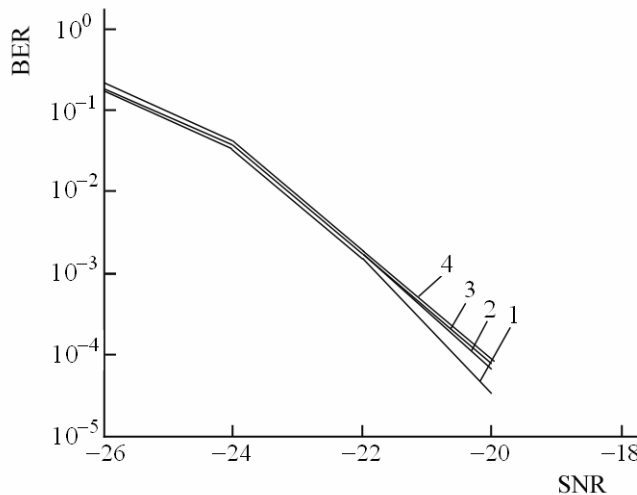


그림 7. 표본시간편차가 있을 때 체계의 BER특성

1-표본시간편차가 없을 때, 2, 3, 4-표본시간편차가 있을 때

백색가우스, 라이스, 레일리통로에서 BER특성

맺는 말

DS-SS체제에서 반송주파수편차와 표본시간편차가 존재할 때 각이한 통로에서 비트 오류률성능에 대하여 분석하였다.

참 고 문 헌

- [1] Simon Haykin; Digital Communications Systems, Willey & Sons, 404~410, 2014.
- [2] Masaaki Harada, IEICE Commun., 2, 6, 239, 2013.
- [3] Le-Nam Tran et al.; IEEE Trans. Wireless Commun., 7, 5, 1490, 2008.

주체109(2020)년 2월 5일 원고접수

A Method of Noncoherent Synchronization and Demodulation in DS-SS System

Song Jae Gyun, Jon Kum Song

We proposed a method to the system configuration based on the noncoherent synchronization and demodulation in DS-SS(Direct Sequence –Spread Spectrum) system.

Keywords: direct sequence, noncoherent synchronization, carrier frequency offset