

Differential PSK 시스템에서의 Blind 주파수 추정 기법

*신원재 *유영환

세종대학교

*wjshin@sju.ac.kr

A Blind Frequency Estimation Scheme in Differential PSK System

*Shin, Won-Jae *You, Young-Hwan

Sejong University

요약

본 논문은 차등 위상 편이 변조(DPSK) 시스템에서 파일럿 없이 주파수 추정하는 기법을 제안한다. 제안하는 주파수 동기 오차 추정 방식은 파일럿을 사용하지 않고 DPSK 변조 방식에서 연속되는 신호의 차등 위상신호를 전송하는 특성을 사용하는 블라인드 기법이다. DPSK 신호의 위상 차분은 주파수 오차 추정을 실행 할 때 페이즈를 증가시켜 왜곡으로 작용하게 되는데, 본 논문에서는 간단한 상관기와 제곱기로 이러한 특성을 제거하여 주파수 추정 성능을 증가 시킨다. 알고리즘의 검증은 수식 과 컴퓨터 시뮬레이션으로 수행한다.

1. 서론

무선 인체 통신(WBAN)은 인체 내외부의 노드나 장비 등을 사용하여 인체를 중심으로 3 m 내외의 거리를 무선으로 통신하는 네트워크로 최근 많은 주목을 받고 있는 연구 분야이다[1]. WBAN 통신은 센서를 부착하거나 삼키는 형태로 사람의 건강 상태를 확인하는 의료용과 멀티미디어 기기와 무선으로 통신하는 비 의료용으로 구분된다. 의료 분야에서는 인체의 생체 신호 전달을 목적으로 하기 때문에 비 의료 분야에 비해 높은 신뢰성이 요구되는 반면, 비 의료 분야에서는 고속의 데이터 전송이 요구된다.

WBAN 시스템의 물리계층은 협대역, 광대역, 인체통신의 세 가지 물리 계층으로 나뉘며 각각의 주파수 대역과 활용도에 따른 규격을 포함하고 있다. 각 물리계층마다 다른 기저대역 변조 방식이 채택 되었는데 예로 GMSK(Gaussian minimum shift keying), DPSK(differential shift keying), on-off signaling, CP-2FSK(continuous phase 2 frequency shift keying) 등등의 변조방식이 있다. 이중 협대역과 광대역 물리계층의 기저대역 변조 방식으로 DPSK(differential phase shift keying) 기법이 공동으로 포함되어 있다[1].

일반적으로 단일 반송파 시스템은 시간에 따라 채널이 변화하는 경우 또는 멀티패스 등과 같은 현상으로 인해 오차가 생길 경우 위상의 복원의 어려움이 따를 경우 신호 검출의 어려움이 따른다. 이를 해결하기 위해 고안된 DPSK 방식은 PSK방식의 일종으로서 앞 심벌과의 위상차를 비교하여 차동적으로 변조하는 방법이다. 이 방법을 이용하면 현재의 심벌을 결정할 때 그 전자의 심벌을 기준으로 삼기 때문에 현재의 심벌과 그 전자의 심벌 두개의 신호를 비교하여 그 심벌의 에러 여부를 판별할 수 있다. 하지만 에러가 발생하는 경우 현재 심벌뿐만이 아니라 그 다음 심벌까지 에러가 전달이 되는 경우가 발생하는

단점이 존재한다. 따라서 송수신단간의 주파수 오차가 발생하여 에러가 발생하는 경우 심각한 BER 성능의 감소를 초래 할 수 있다. 하지만 WBAN 시스템은 기타 방송 시스템이나 셀룰러 시스템처럼 파일럿이 규격에 명시되어 있지 않으며 프리앰블만을 제공한다. 따라서 초기 주파수 동기화 이후에 잔여 주파수오차가 존재하거나 도플러 효과로 인한 주파수 오차가 발생하는 경우, 이에 대응하기가 수월하지 않다.

따라서 본 논문은 파일럿을 사용하지 않는 블라인드 주파수 동기화 오차 추정기법을 제안하며 그에 따른 시스템 모델과 알고리즘을 본문에 소개한 뒤 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 도출한다.

2. 본론

본 논문에서는 수식의 간결화를 위해 전송단에서 rectangular pulse shaping 펄터와 DBPSK 변조방식을 사용한다고 가정한다. 이때 기저대역 k 번째 수신신호는 다음의 수식과 같다.

$$r(t) = s_k e^{j(2\pi f_0 t)} + n(t), \quad (k-1)T \leq t \leq kT \quad (1)$$

여기에서 s_k 는 k -번째 정보 심벌, f_0 는 주파수 오차, T 는 심벌 간격 그리고 $n(t)$ 는 평균이 0 인 복소 가우시안 잡음이다. WBAN 표준에 따르면 s_k 는 다음과 같이 정의된다.

$$s_k = s_{k-1} e^{j\phi_k}, \quad \text{initial: } s_{-1} = j \quad (2)$$

여기에서 ϕ_k 는 비트 스트림에 따라 0 일 때 $\pi/2$, 1 일 때 $3\pi/2$ 로 정의되며 이에 따른 수신신호는 다음과 같은 수식으로 나타 낼 수 있다.

$$r_k = \int_{(k-1)T}^{kT} [s_k e^{j(2\pi f_0 t)} + n(t)] \left(\frac{\sin(\frac{\theta}{2})}{\frac{\theta}{2}} \right) e^{j(k\theta)} + n_k \quad (3)$$

여기에서 $\theta = 2\pi f_0 T$ 이며, 일반적으로 주파수 오차가 작다고 가정하면 $\sin(\theta/2)/(\theta/2) \approx 1$ 로 근사화 시킬 수 있으며 이로 인하여 상기 수식은 다음과 같이 요약 할 수 있다.

$$r_k = s_k e^{j(k\theta)} + n_k \quad (4)$$

상기 수식을 바탕으로 일반적인 주파수 추정 식은 인접 심볼간의 상관으로 구할 수 있다.

$$\Delta_k = r_k^* r_{k+1} = e^{j\phi_{k+1}} e^{j\theta} \quad (5)$$

하지만 상기 방식의 상관값으로 각을 취할 경우 ϕ_{k+1} 는 랜덤하게 $\pi/2$ 혹은 $3\pi/2$ 의 값을 갖기 때문에 정확한 주파수 오차 추정이 이루어 질 수 없다. 따라서 $e^{j\phi_{k+1}}$ 로 인한 위상회전을 상쇄 시켜 주기 위해 다음과 같이 위상을 보정하는 알고리즘을 제안한다.

$$A_k = \Delta_k^2 e^{-j\pi} = e^{j2\theta} \quad (6)$$

상기 수식과 같이 인접한 심볼들을 상관한 뒤 제곱하여 $-\pi$ 만큼 위상회전을 수행하는 위상보정 알고리즘을 적용하면, s_k 로 인하여 발생한 위상회전을 제거 할 수 있다. 따라서 최종 제안하는 주파수 오차 추정기의 수식은 다음과 같이 나타 낼 수 있다.

$$\hat{\theta} = \frac{1}{2} \angle \{A_k\} = \frac{1}{2} \angle \left\{ (r_k^* r_{k+1})^2 e^{-j\pi} \right\} \quad (7)$$

그림 1은 SNR에 따른 주파수 추정기의 BER 성능이다. 정규화된 주파수 오차가 0.3 일 때 제안하는 주파수 추정기법의 성능은 완벽히 추정했다고 가정할 때와 거의 비슷한 성능을 보이며 추정 및 보상을 하지 않을 때와 비교하면 약 2dB 정도의 성능차이를 보인다. 또한 정규화된 주파수 오차가 1.3으로 높은 값일 때 제안하는 기법과 완벽히 추정할 때의 성능차이가 추정 및 보상을 하지 않을 때와 제안하는 기법의 성능차이가 2dB 정도 차이 나지만 추정 및 보상하지 않을 때와 굉장히 큰 차이가 나는 것을 알 수 있다. 그림 2는 제안하는 주파수 오차 추정기의 추정 범위를 나타낸다. 수식 7의 상관기의 범위에서 알 수 있듯이 주파수 추정기의 범위는 $-\pi/4 \sim \pi/4$ 인 것을 알 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 DPSK 기반 시스템에서 파일럿을 사용하지 않는 주파수 추정기를 제안하였다. 제안하는 기법은 WBAN 표준의 DPSK 신호의 특성을 위상천이의 상쇄를 하기 위해 이용하며 이로 인해 높은 성능의 주파수 추정을 수행하며 컴퓨터 시뮬레이션으로 확인 하였다.

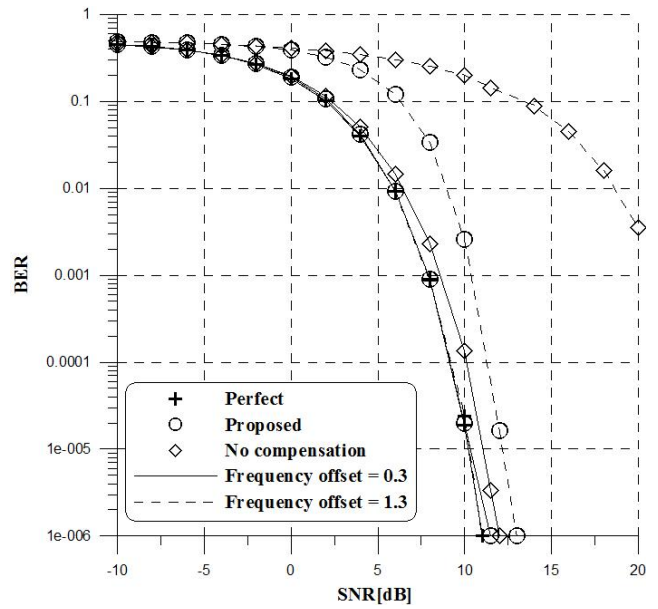


그림 1 SNR에 따른 주파수 오차 추정기의 BER 성능

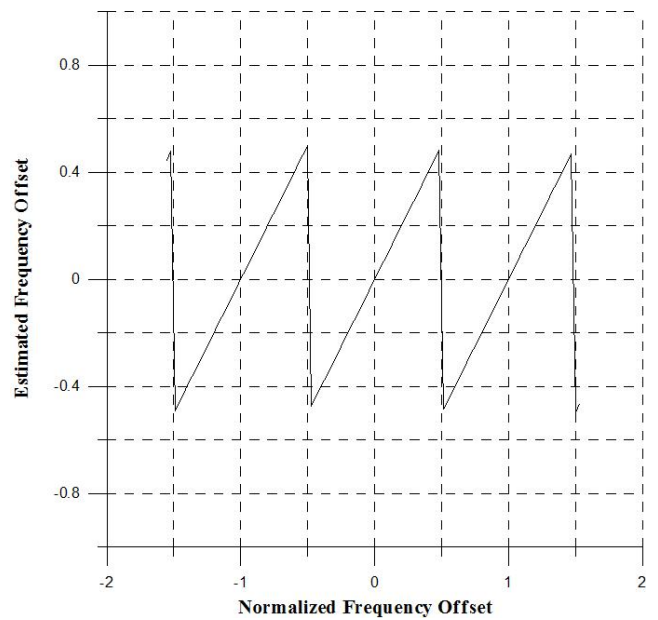


그림 2 제안하는 주파수 오차 추정 기법의 추정범위

ACKNOWLEDGMENT

This research is supported by Seoul R&BD Program (SS100009) and This work was supported by the Materials & Components development program funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea)

참고 문헌

[1] IEEE Std, 802.15.6, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks-Part 15.6: Wireless Body Area Networks," Feb. 2012.