

반송파주파수고속추정의 한가지 방법

강 운 혁

반송파주파수의 고속추정문제는 시분할다중가입방식인 TDMA통신체계에서 특별히 중요한 문제로 나선다.

선행연구에서는 OFDM신호의 도플러주파수추정알고리즘[1]과 분수푸리에변환을 리용하여 반송파를 추정하는 알고리즘[2]을 제안하였다. 제안된 방법들은 QPSK신호에 적용할수 없거나 고속푸리에변환을 리용하는것으로 하여 FPGA자원을 많이 소비하는 결함이 있다.

론문에서는 최대우도추정원리에 기초한 한가지 반송파주파수편이고속추정알고리즘을 제안하였다.

추정하여야 할 편이주파수를 가지는 수신신호는

$$a_k = e^{j(2\pi\Delta f k T_s + \theta)} + \gamma_k, k = 1, 2, \dots \quad (1)$$

이다. 여기서 T_s 는 표본화주파수, θ 는 $0 \sim 2\pi$ 에서 평등분포하는 우연수, γ_k 는 령평균정규분포에 따르는 우연렬이다.

식 (1)의 주파수 Δf 는 다음의 최대우도함수에 최대값을 준다.

$$\Lambda(\Delta \bar{f}) = \left| \sum_{i=1}^N a_i e^{-j2\pi\Delta \bar{f} T_s} \right|^2 = \sum_{k=1}^N \sum_{m=1}^N a_k a_m^* e^{-j2\pi\Delta \bar{f} T_s (k-m)} \quad (2)$$

여기서 $\Delta \bar{f}$ 는 Δf 의 추정값이다.

식 (2)를 $\Delta \bar{f}$ 에 관하여 도함수를 취하면

$$\text{Im} \left\{ \sum_{k=1}^{N-1} k(N-k) A(k) e^{-j2\pi\Delta \bar{f} k T_s} \right\} = 0 \quad (3)$$

이다. 여기서

$$A(k) = \frac{1}{N-k} \sum_{i=k+1}^N a_i a_{i-k}^*, 0 \leq k \leq N-1$$

이다.

식 (3)은 주파수편이가 존재하기 위한 필요조건으로 된다.

창문함수 $k(N-k)$ 를 항등함수로 바꾸면

$$\text{Im} \left\{ \sum_{k=1}^M A(k) e^{-j2\pi\Delta \bar{f} k T_s} \right\} = 0 \quad (4)$$

이 얻어진다. 여기서 $M \leq N-1$ 이다.

FPGA실현을 간단히 하기 위하여 신호대잡음비가 높고 주파수편이가 작다는 조건하에서 다음과 같은 추가적인 변환을 진행한다.

식 (4)의 $e^{-j2\pi\Delta \bar{f} k T_s}$ 을 테일러전개하고 1차근사항까지 취하면

$$\Delta \bar{f} \cong \frac{1}{2\pi T_s} \frac{\sum_{k=1}^M \text{Im } A(k)}{\sum_{k=1}^M k \text{Re } A(k)}$$

가 얻어지고 여기에 근사값

$$\sum_{k=1}^M \text{Im } A(k) \cong M \arg \left\{ \sum_{k=1}^M A(k) \right\}$$

$$\sum_{k=1}^M k \text{Re } A(k) \cong \frac{M(M+1)}{2}$$

을 대입하면

$$\Delta \bar{f} \cong \frac{1}{\pi T_s (M+1)} \arg \left\{ \sum_{k=1}^M A(k) \right\} \quad (5)$$

를 얻는다.

주파수편이를 복소위상으로 얻어내는 알고리즘은 다음과 같다.

단계 1 리산FIR러파기를 리용하여 자기상관함수값을 구한다.

이때 러파기결수는 $1/(N-i)$, $i=1, 2, \dots, M$, $M < N$ 이다.

단계 2 단계 1에서 얻어진 값을 M 번 축적한다.

단계 3 단계 2에서 얻어진 복소값의 위상을 구한다.

단계 4 앞단계에서 얻어진 값에 상수 $\frac{1}{\pi T_s (M+1)}$ 을 곱한다.

주파수편이추정을 위한 Simulink모형은 그림 1과 같다.

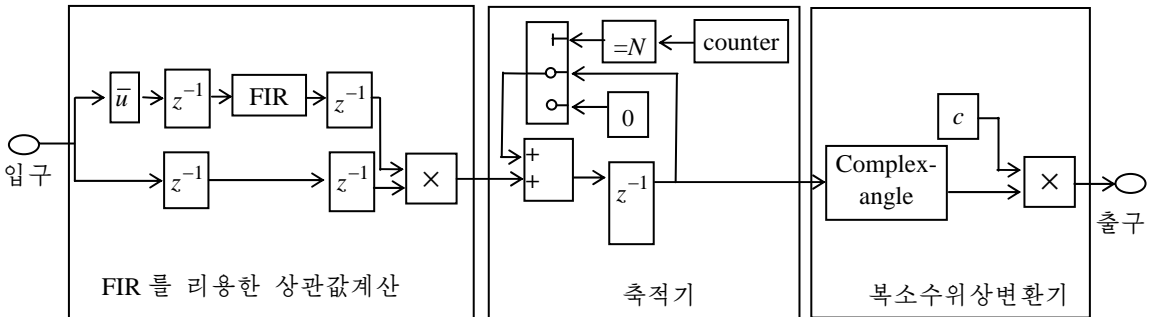


그림 1. 주파수편이추정을 위한 Simulink모형

QPSK신호의 주파수편이보상을 위한 Simulink모형은 그림 2와 같다.

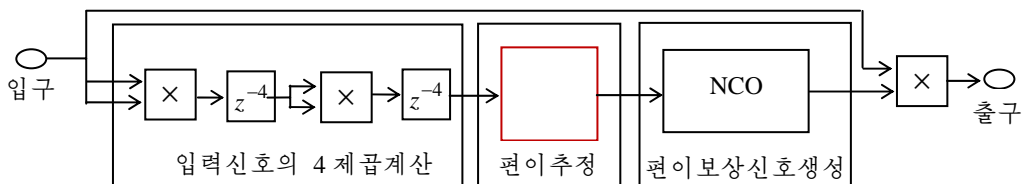


그림 2. QPSK신호의 주파수편이보상을 위한 Simulink모형

모형에서는 입력신호를 4제곱하여 편이주파수신호에 대응하는 신호성분의 세기를 4배로 증가시킨다. 이때 주파수도 4배로 커지므로 주파수성분값을 얻은 다음 1/4을 곱해준다. 신호대잡음비가 낮은 경우에 알고리즘의 반결합조종을 실현하여 정확도를 높일 수 있다.

고속푸리에변환에 기초한 알고리즘을 리용하면 QPSK신호에 대하여 신호대잡음비가 3dB일 때 정확한 추정을 담보하는데 25 000개 정도의 표본이 필요하다. 논문에서 제안한 알고리즘을 리용하면 반결합을 실현하는 경우에도 10 000개 표본이면 충분하다. 주파수추정의 절대시간은 표본화주파수에 의존한다.

맺는 말

논문에서는 한가지 반송파주파수편이고속추정알고리즘을 제안하고 QPSK신호에 대하여 알고리즘을 실현하기 위한 Simulink모형을 작성하였다.

참고 문헌

- [1] D. Kayalvizhi, N. Nagavalli; International Journal of Emerging Technology in Computer Science & Electronics, 13, 2, 332, 2015.
- [2] 郇浩, 陶选如; 电子与信息学报, 136, 3, 577, 2014.

주체107(2018)년 2월 5일 원고접수

A Method for Fast Estimation of Carrier Frequency

Kang Un Hyok

In this paper, we suggested an algorithm for fast estimation of carrier frequency and built Simulink models to implement the algorithm for the QPSK signal.

Key words: carrier frequency estimation, wireless communication