

Bank 구조를 이용한 Novel STOP-&GO 등화기술에 관한 연구

°조경철, 강영창, 김선형
순천향대학교 정보통신공학과 통신 연구실
충남 아산시 신창면 읍내리 산53-1
shkim@asan.sch.ac.kr

A Study of Novel Stop-&Go Equalization Using Bank Structure

°Kyung-chul Cho, Young-Chang Kang, Sun-hyung Kim
Dept. of Information & Communication, Soonchunhyang Univ.
POB 97 Asan city 336-745 Korea

ABSTRACT

A Novel Stop-&Go Algorithm which incorporate a Bank structure for blind equalization is investigated in this paper.

16-QAM and $\pi/4$ -DQPSK modulation used in this paper. A Proposed novel algorithm of characteristic is high speed transfer by implementation of the equalization algorithm with less computations capacity. The computer simulations result reveal that the proposed Novel Stop-&Go shows the comparable performance to the conventional Stop-&Go, while requiring much less computations.

1. 서 론

이상적인 전송채널은 모든 전송 주파수 대역에 걸쳐서 크기 특성이 평탄하고 위상 특성이 선형적이다. 그러나 실제 채널은 여러 가지 원인에 의해 이상적인 특성을 만족하지 못하므로 신호를 전송함에 있어서 왜곡을 발생시킨다. 특히 다중경로 채널을 통한 신호의 전파는 디지털 신호의 심벌간 간섭을 심하게 일으켜 비트 검출 오류의 주된 원인이 된다. 이러한 현상을 극복하기 위하여 수신측에서는 채널 특성을 보상함으로써 수신측에서의 비트 검출 오류를 감소시킬 수 있도록 하는 것을 채널 등화(channel equalization)라고

한다.

신호가 전송되는 채널의 특성은 여러 가지 요인에 의해 가변적이다. 즉, 송수신기의 위치, 거리, 지형, 건물 등에 의해 영향을 받기 때문에 수신기의 채널 등화기는 이러한 채널 특성의 시간적 변화 또는 상황에 따른 변화에 적응하여 채널을 등화 할 것이 요구된다. 이러한 채널 등화 기법을 적응 등화 기법 (adaptive equalization)이라고 한다.

수신 신호로부터 적응적으로 채널 등화를 하기 위해서는 송신측에서 일정기간 동안 수신기가 미리 알고 있는 데이터 열을 전송하고 수신측에서 채널을 거치면서 왜곡된 데이터 펄스의 파형과 원래의 파형을 비교하여 채널의 특성을 파악하게 된다. 이러한 정해진 데이터 열을 전송하는 기간을 훈련모드(training mode)라고 하고, 이 훈련 데이터 열은 주로 의사랜덤 시퀀스로 이루어져 있으며, 그 길이는 보통 등화기의 계수의 개수와 동일하게 설정한다. 훈련기간이 끝나면 훈련 데이터 열 대신에 수신기에서 판정한 데이터를 사용하는데, 이 기간을 결정 지향 (DD : decision-directed 모드)라고 한다. 수신기에서 판정된 수신 데이터의 오류확률이 낮을 경우에 이로 인한 성능저하는 무시할 정도이다.

본 논문에서는 블라인드 적응 등화 알고리즘 중 예닐리 사용되고 있는 Stop-&Go 알고리즘에 Bank 구조 방식을 적용한 것이다. 변복조 방식으로는 16-QAM 방식과 $\pi/4$ -DQPSK를 사용하였으며, 시뮬레이션 결과로 Constellation, SER, MSE 및 계산량으로 나타내었다.

2. Stop-&-Go 알고리즘

Stop & Go 알고리즘은 기존의 결정-지향 방식을 변형시켜 그것의 수렴능력을 향상시킨 것이다. 따라서, 알고리즘의 원리를 이해하기 위해서는 기존의 결정지향 방식에 대해 알아보아야 한다.

결정-지향 방식은 기존의 등화기에 의한 초기수렴이 일어난 후에 평형상태에서 채널의 시간에 따른 변화에 대응하도록 하는 알고리즘이다. 이것은 학습신호를 대신해 양자화된 등화기 출력을 사용하여 오차를 만들어 내고 이를 이용하여 탭 가중치를 조정하게 된다. 결정-지향방식의 탭 가중치 조정식은 다음과 같다.

$$C_{k+1} = C_k - \Delta \hat{\epsilon}_k V_k \quad (2.1)$$

여기서, 추정오차 $\hat{\epsilon}_k$ 는 다음 식으로 주어진다.

$$\hat{\epsilon}_k = \hat{I}_k - \tilde{I}_k \quad (2.2)$$

1984년 Odile Macchi는 그의 논문에서 이 알고리즘의 초기 탭 가중치 설정상태가 눈이 열린 상태(open eye pattern)상태에서 완벽한 채널의 등화를 이룰 수 있음을 증명하였다. 이 논문은 눈이 닫힌 상태(close eye pattern)에서도 채널의 등화를 이룰 수 있는 Picchi와 Prati의 Stop & Go 알고리즘의 기초가 되었고, 그 알고리즘들은 다음과 같다.

$\{sgn \hat{\epsilon}_k = sgn \epsilon_k\}$ 라는 사건을 A라 표기한다.

이 때,

$$p_n = P\{A\} \quad (2.3)$$

$q_n = 1 - p_n = P\{A^c\}$ 라 정의한다.

사건 A일 때 계수조정을 하고, 그렇지 않을 때에는 계수 조정을 하지 않도록 플래그(flag) 신호를 잡아줄 수 있다. 결과적으로 얻어지는 계수 조정식은

$$C_{k+1} = C_k - a f_k \hat{\epsilon}_k V_k \quad (2.4)$$

으로 주어진다. 여기서 f_k 는 0 또는 1을 갖는다.

결정-지향 알고리즘과 유사한 stop & go 알고리즘은 플래그(flag) 신호의 생성에 있어서 ϵ_k 에 대한 지식을 필요로 하지 않는다. 이 알고리즘에서는 다음과 같은 기준오차를 생각하고 이것을 실제 오차 ϵ_k 를 대신하여 사용하게 된다.

$$\tilde{\epsilon}_k = \hat{I}_k - \{sgn(\hat{I}_k)\} \beta_k \quad (2.5)$$

여기서 β_k 는 k 에 따라 변할 수 있는 적절한 실수값

이며 이것은 \hat{I}_k 의 어떤 구간이 적응과정에서 사용될 수 있는지를 알려주게 된다. 이와 같은 $\tilde{\epsilon}_k$ 에 대해 플래그신호 f_k 는

$$f_k = \begin{cases} 1 & \text{if } sgn \hat{\epsilon}_k = sgn \tilde{\epsilon}_k \\ 0 & \text{if } sgn \hat{\epsilon}_k \neq sgn \tilde{\epsilon}_k \end{cases} \quad (2.6)$$

와 같이 주어지게 된다.

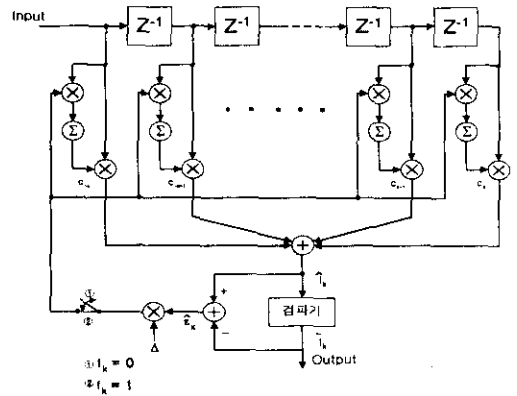


그림 2.1 Stop & Go 알고리즘을 이용한 등화기 구성도

3. Novel Stop & Go 알고리즘

Picchi와 Prati는 DD 방식(Decision Directed mode)을 기초로 등화기 계수 조정을 위한 오차값에 신뢰도를 부여하는 stop & go를 제안하였다. stop & go 알고리즘에서 등화기의 계수 적용은 매 입력 심벌마다 이루어진다. 그런데, HDTV 등과 같이 고속 대용량의 전송 시스템의 경우 심벌 전송률이 상당히 높으므로, 실시간 구현을 위한 고속 알고리즘이 요구되고 있다. 멀티미디어와 같이 대용량의 데이터 전송에서 실시간으로 구현하려면 초고속의 하드웨어가 필요한데, 이러한 문제를 해결할 수 있는 한가지 방안으로 블록 적응 처리 기법을 제안하였다. 일반적으로 입력 신호의 통계적 특성이 시간에 따라 그다지 빠르게 변하지 않는 응용에서 블록 적응 처리 기법은 심벌 단위의 적응 기법과 유사한 성능을 보이면서 계산량면에서 커다란 이점이 있다는 것이 알려져 있다. 그런데 LMS와 같이 training sequence가 있는 경우, 신호의 특성이 시간에 따라 변할 때 매 입력신호마다 계수적용을 해야 되지만, Stop & Go에서는 오직 수신신호만을 사용하여 수신신호의 오랜 시간 동안의 통계적 특성을 이용

하여 계수 적응을 하므로, 블록 적용 처리 기법을 사용하여도 커다란 성능저하는 없다고 볼 수 있다. Stop & Go에서 신호를 블록으로 처리하면, 계수 적응이 한 블록에서 오직 한번으로 처리되게 되므로 계산량 감소 효과를 볼 수 있다. 따라서 Stop & Go의 입력신호를 시간 영역에서 블록 처리하는 Novel STOP & GO 알고리즘을 제안한다.

Novel Stop & Go 알고리즘에서는 수신신호 x_k 를 N 개씩 블록단위로 처리하는데, 수신신호의 k 번째 블록을 다음과 같은 벡터

$$x_k = (x_{kN}, x_{kN+1}, \dots, x_{kN+N-1}) \quad (3.1)$$

로 나타내고, k 번째 블록의 출력신호를 y_k 와 같은 벡터로 나타내면, y_k 는 입력 x_k 와 다음과 같은 필터의 길이가 M인 계수

$$c_k = (c_{0k}, c_{1k}, \dots, c_{(M-1)k}) \quad (3.2)$$

Novel Stop & Go 계수 조정식은 기존의 Stop & Go 의 계수 조정식과 동일한 식을 얻게 된다.

$$C_{k+1} = C_k - \Delta f_k \sum \hat{\epsilon}_k X_k \quad (3.3)$$

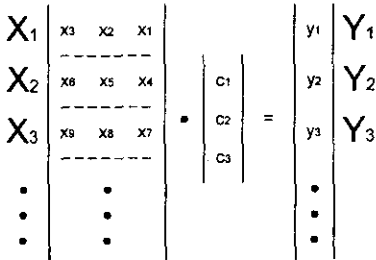


그림 3.1 Novel Stop-&-Go 알고리즘들의 벡터 표현

4. 시뮬레이션 및 결과

이 장에서는 등화 기법에 대해 전산 모의실험을 실시하기 위하여 실제와 유사한 상황을 모델화하여 모의 실험 시스템을 설계하고 구현한 결과를 기술한다.

본 논문에서는 전산 모의실험 시스템을 구축하기 위하여 C 언어를 사용하였다. 모의 실험 대상은 16-QAM 과 $\pi/4$ -DQPSK 방식이며, 사용된 등화기의 종류는 Stop-&-Go 등화기와 본 논문에서 제안한 Novel Stop-&-Go 등화기이다.

먼저 송신데이터는 실제 발생하는 데이터와 유사한 성질을 갖도록 하기 위하여 랜덤(random)함수를 사용하였다. 그리고 변복조방식으로는 16-QAM방식과 $\pi/4$ -DQPSK방식을 사용하였고, 복조는 등화가 이루어진

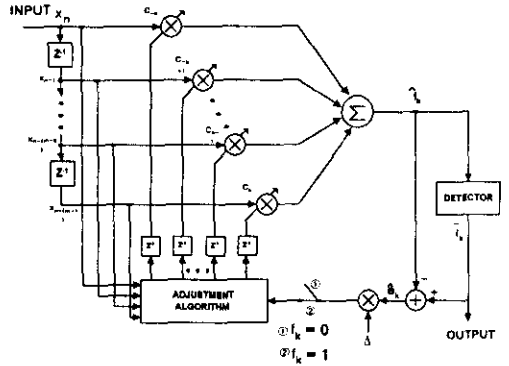


그림 3.2 Bank 구조를 이용한 Stop & Go 등화기 구성도

후에 행하였다. 실제 통신시스템의 전송채널환경과 근사한 환경을 만들기 위하여 AWGN을 포함하고 있는 ISI 채널을 모델링 하였다. ISI구조는 TDL(Tap Delayed Line)구조로 모델링 하였다. 성능의 비교 대상이 되는 기존의 Stop & Go 알고리즘과 Block Stop & Go 알고리즘은 등화를 하기 위해 가장 많이 사용되는 선형필터 구조인 Transversal filter 구조로 모델링 하였다.

ISI 채널 impulse response는 표 4.1에 나타내었다.

표4.1 채널 1의 impulse response

TAP	Re	Im	TAP	Re	Im
0	0.0485	0.0194	5	0.1427	0.0349
1	0.0573	0.0253	6	0.0835	0.0157
2	0.0786	0.0282	7	0.0621	0.0078
3	0.0874	0.0447	8	0.0359	0.0049
4	0.9222	0.3031	9	0.0214	0.0019

다음 그림은 $\pi/4$ DQPSK 및 16-QAM 변복조 방식에서의 등화 이전의 신호점을 나타내고 있다.

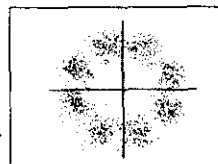


그림 4.1 등화 이전의 $\pi/4$ -DQPSK의 신호점



그림 4.2 등화 이전의 16-QAM의 신호점

본 논문에서 Stop & Go와 Novel Stop & Go의 각각의 Simulation 결과는 다음과 같다.

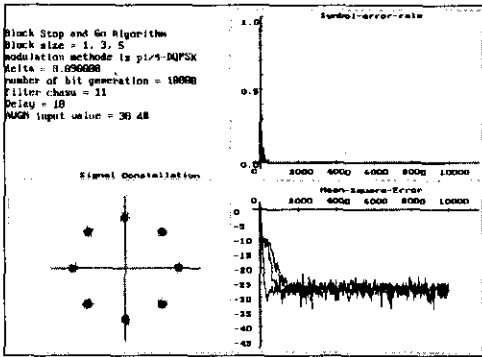


그림 4.3 $\pi/4$ -DQPSK 방식에 대한 Stop-&-Go 및 Novel Stop-&-Go 알고리즘의 등화 후 결과

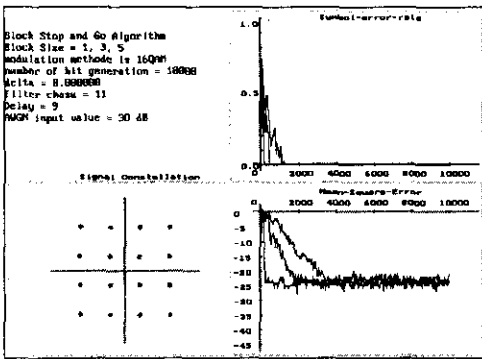


그림 4.4 16-QAM 방식에 대한 Stop-&-Go 및 Novel Stop-&-Go 알고리즘의 등화 후 결과

Novel Stop & Go 의 최대의 장점은 계산량의 감소이다. 블라인드 등화기의 계산량은 크게 필터링에 소요되는 계산량과 계수적응을 위한 계산량으로 요약될 수 있다.

표 4.2 각 알고리즘의 계산량 비교

심벌수	Block 크기	Stop & Go	Block Stop & Go
10000	N = 8	1	0.125
	N = 16		0.0625
	N = 32		0.03125
* Stop & Go 의 알고리즘의 계수적응 계산량을 1로 보았을 때			

위의 표 4.2에서 볼 수 있듯이 Block의 크기가 증가함에 따라 계산량이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 그러나 수렴 속도면에서는 기존의 Stop-&-Go 방식에 비해 그 성능이 떨어진다. 그러므로 block 크기를 채널에 맞게 조절한다면 더 좋은 성능을 얻을 수 있을 것이

다.

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 Stop and Go 알고리즘들의 계산량을 대폭적으로 줄여서 고속 전송이 가능한 새로운 Novel Stop & Go 알고리즘을 제안하였다. 그리고 변복조 방식으로는 16-QAM방식과 $\pi/4$ -DQPSK를 사용하였다. Novel Stop & Go 알고리즘들의 구조는 수신데이터를 Block으로 처리하는 것을 제외하고는 기존의 Stop & Go 알고리즘들의 구조와 동일하다. 모의 실험 결과 본 논문에서 제안한 Novel Stop & Go 는 Block의 길이가 증가함에 따라 MSE에 대해서 약간의 성능저하를 보였으나, 이는 블라인드 등화기의 초기에 constellation의 eye를 충분히 열 수 있는 정도이어서 DD 방식 (Decision Directed mode)과 같이 사용하면 충분한 성능이 보장된다는 것을 알 수 있었다.

본 논문에서 제안한 Novel Stop & Go 방식은 향후 수렴 속도면에서 좀더 보완한다면 채널 왜곡이 심한 채널에서도 하드웨어의 속도를 크게 줄이면서 더 좋은 성능을 보일 것으로 사료된다.

[참고문헌]

- [1] G. Picchi and G. Prati, "Blind Equalization and Carrier Recovery Using a Stop & Go Decision-Directed Algorithm," IEEE Trans. Commun. vol. COM-35, No.9, pp 877-887, Sep. 1987.
- [2] J. C. Lee and C. K. Un, "Performance Analysis of Frequency-Domain Block LMS Adaptive Filters," IEEE Trans. Circuits and Systems, vol. 36, No. 2, pp 173-189, Feb. 1989.
- [3] C. H. Yon and C. K. UN, "Fast Multi-delay Block Transform-Domain Adaptive Filters Based on a Two-dimensional Optimum Block Algorithm" IEEE Trans on Circuits and systems, vol. 41 NO.5 pp 337-345, MAY 1994.
- [4] Z. E. Mazo, "Analysis of decision directed equalizer convergence" B. S. T. J., vol. 59, No. 10, pp. 1857-1876, Dec. 1980.
- [5] G. A. Clark, S. K. Mitra, and S. R. Parker, "Block implementation of adaptive digital filters," IEEE Trans. Acoust. Speech, Signal Processing, vol ASSP-29, pp.744-752. June 1981.