

EDGE 시스템에서 블라인드 변조 검출기의 알고리즘에 관한 연구

박홍원*, 문홍열**, 우성현***, 김진희****

Study on algorithm of blind modulation detector in EDGE systems

Hong-Won Park*, Hong-Youl Moon**, Sung-Hyun Woo***, Jin-Hee Kim****

Abstract

In this study, an algorithm for blind modulation detection in EDGE systems is presented. EDGE introduces an 8PSK modulation to provide high-speed data rates in addition to the existing GSM system. A transmitter may switch dynamically the modulation and coding schemes for transmission of data according to the channel quality. To decode the data correctly, the receiver has to detect using only training sequence which modulation is being used. Basically the property of one radio block composed of four bursts to detect effectively the modulation scheme even under severe conditions is used. More specifically, the reference value calculated for received burst is accumulated with previous reference value to minimize statistically the false detection probability in one radio block. Also each burst data having different modulation from the modulation of the fourth burst is set to zero to improve the decoding performance because the reference of the fourth burst has the highest reliability.

초 록

본 연구에서는 EDGE 시스템에서 변조 검출을 위해 사용되는 블라인드 변조 검출기의 알고리즘이 제시되었다. EDGE는 기존 GSM에 8PSK 변조를 도입함으로써 데이터 전송률을 높인 시스템이다. 송신단에서는 채널상태에 따라 적절한 변조 및 코딩 기법을 다이내믹하게 바꾸면서 데이터를 전송한다. 수신단에서는 데이터 복조를 위해 송신 시에 사용된 변조 방식을 알고자 훈련신호 만의 정보를 이용하여 변조 방식을 검출해야 한다. 기본적으로 열악한 채널 환경에서도 효과적으로 검출하기 위하여 4개의 버스트로 구성되는 1 radio 블록의 특성을 이용한다. 구체적으로, 1개의 radio 블록 내에서 이전 버스트에서 구한 기준값에 현재 버스트에서 구한 기준값을 축적하여 통계적으로 검출 오류를 최소화시킨다. 또한 통계적으로 가장 신뢰성이 높게 결정이 되는 4번째 버스트의 변조 방식과 다른 변조로 결정된 이전 버스트 데이터는 제로 패딩을 통해 복조 확률을 높이고 있다.

키워드 : 블라인드 변조 검출기(blind modulation detector), 채널품질제어(link quality control), 변조 및 코딩기법(modulation and coding scheme)

접수일(2009년12월21일), 수정일(1차 : 2010년 5월 4일, 2차 : 2010년 6월 15일, 게재 확정일 : 2010년 7월 1일)

* 다목적5호체계팀/hwpark@kari.re.kr

** 다목적5호체계팀/hymun@kari.re.kr

*** 다목적5호체계팀/mach@kari.re.kr

**** 다목적5호체계팀/kimjh@kari.re.kr

1. 서 론

EDGE(Enhanced Data rates for GSM Evolution)는 GSM(Global System for Mobile communications)과 IS-136(Interim Standard-136) 시스템의 차기 단계의 표준 기술로써, 기존 GSM과 비교 시 데이터 전송률과 스펙트럼 효율성을 높이며 모바일 사용에 대한 새로운 응용과 용량을 증가시킨 방식이다. EDGE는 패킷교환방식 및 회선교환방식의 음성과 데이터 서비스 전송을 위해 새로운 변조 기술과 코딩을 도입한 시스템이다[3]. GSM에서 사용하는 변조 방식은 GMSK로써 1개의 비트가 1개의 심볼로 구성된다. 반면에 EDGE에서 사용되는 8PSK 변조는 3개의 연속적인 비트가 하나의 심볼로 매핑이 되는 방식이다. 따라서 GSM과 EDGE는 동일한 심볼 전송율을 갖지만 변조 비트율은 다르다. 즉, EDGE 데이터 전송률은 GSM에 비해 3배가 높다. 단 심볼 간의 거리는 GMSK 변조의 경우보다 더 짧게 되어 8PSK 등화 시 심볼 검출 오류 확률은 커진다.

EDGE 표준에서 사용되는 9가지 변조 및 코딩 기법(Modulation & Coding Scheme, MCS)은 채널 환경이 열악한 경우 GMSK 변조에 해당하는 MCS 1~4의 MCS를 전송하며, 채널 환경이 좋은 경우 8PSK 변조에 해당하는 MCS 5~9를 전송하여 채널 환경에 효율적으로 대처한다. 즉, EDGE 시스템의 송신단에서는 MCS1부터 MCS9까지 중에서 채널 환경에 적절한 MCS를 선택하여 데이터를 전송한다. 그러나 수신단에서는 시그널링 부담을 줄이고자 변조 정보를 수신단에 제공하지 않으므로, 수신단에서는 수신된 버스트만 이용하여 현재 버스트에 사용된 변조 기법을 판단해야 하는 검출기가 필요한데 이것을 블라인드 변조검출기라고 한다[2].

블라인드 변조검출기는 심볼 단위로 봤을 때 GMSK와 8PSK의 훈련신호가 외형상으로 일치하기에 송신 시 두 변조 방식의 위상 차이를 이용하여 검출하게 된다. 본 논문에서는 블라인드 변조 검출 시 GMSK와 8PSK 변조의 위상 차이를 이용하는 것에 추가적으로 4개의 버스트로 구성

되는 radio 블록 구조 및 축적 기법을 이용하여 더욱 효율적으로 변조 방식을 검출하는 알고리즘을 기술한다.

2. 본 론

2.1 GMSK와 8PSK 변조 방식

GMSK 변조 신호는 ± 1 의 심볼들이 $\pi/2$ 씩 회전이 되는 형태인 반면에 8PSK 변조는 zero-crossing 문제를 해결하기 위하여 전송하고자 하는 심볼들을 $3\pi/8$ 씩 회전하여 변조를 수행한다. 그림 1은 GMSK와 8PSK의 변조된 후의 신호 다이어그램을 각각 보여준다.

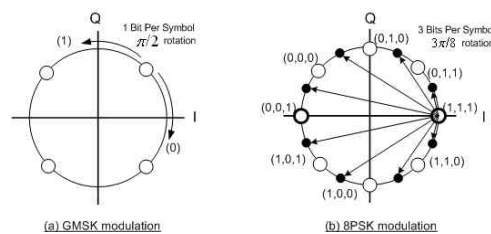


그림 1. GMSK와 8PSK 변조된 신호의 I/Q 다이어그램

2.1.1 노멀버스트 구조

GSM/EDGE에서는 기본적으로 신호를 전송할 때 노멀 버스트(Normal Burst, NB)를 사용한다.

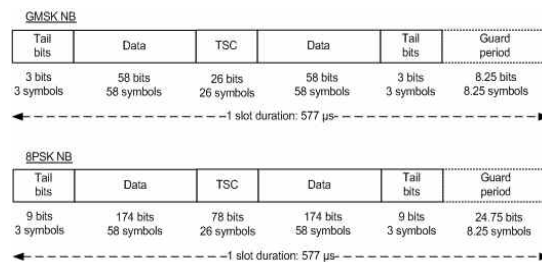


그림 2. GMSK와 8PSK 노멀버스트 구조

그림2는 노멀 버스트의 구조이다. 하나의 버스트는 가드구간을 포함하여 156.25 심볼로 이루어져 있으며, 버스트 중간에 삽입되어 있는 훈련신

호는 자기상관특성이 매우 우수한 26 심볼로 이루어져 있다. 이 훈련신호는 채널충격응답, SNR 등의 계산을 통해 수신된 버스트의 채널 상태 추정이나 버스트의 등화 등에 도움을 주기 위한 신호이다. 그리고 훈련신호의 특성상 GMSK와 8PSK 변조 신호는 그림3의 경우처럼 외형상 동일한 형태를 보인다.

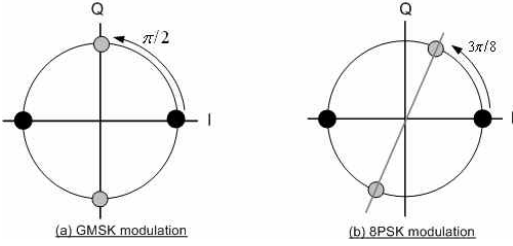


그림 3. GMSK와 8PSK 변조된 훈련신호 다이어그램

2.2 블라인드 변조 검출기의 기준값 계산

변조 검출 시 비교 기준값으로 훈련신호를 이용하여 채널충격응답의 최대에너지 값과 SNR을 이용하는 2가지 방법을 적용하였다.

2.2.1 채널충격응답 계산 방법

훈련신호의 자기상관 특성을 이용하여 수신신호와 이미 알고 있는 훈련신호 중간의 16개의 심볼 간의 상호상관을 취함으로써 충격응답을 추정하는 방법이다. 가장 간단한 채널 추정 기법이며 수식은 다음과 같다.

$$\hat{h}_l = \frac{1}{16} \sum_{n=0}^{15} c_n \cdot r_{n+l} \quad (1)$$

n 은 심볼 위치이며, c_n 은 훈련신호의 가운데 16 심볼을 나타내며, r_n 은 수신된 훈련신호를 나타낸다. \hat{h}_l 으로부터 채널 길이 내에서 최대 에너지 크기를 가지는 값을 구한다.

2.2.2 SNR 계산 방법

SNR 추정 알고리즘은 기본적으로 다음과 같이 간단히 구할 수 있다.

먼저 신호의 파워(P_s)는 채널충격응답(\hat{h}_l)으로부터 구하는데 채널충격응답의 Postcursor과 Precursor의 길이를 L_1 과 L_2 라고 할 경우 신호의 파워는 다음과 같이 표현이 된다.

$$P_s = \sum_{l=-L_2}^{L_1} |\hat{h}_l|^2 \quad (2)$$

다음으로, 훈련신호 구간의 수신 심볼을 알고 있으므로, 수신신호를 복원 할 수 있다. 복원 가능한 심볼의 수는 $26 - L_1 - L_2$ 이며 이것은 잡음의 파워 추정에 사용할 수 있는 심볼의 수와 동일하며 복원된 신호의 수식은 다음과 같다.

$$\hat{r}_k = \sum_{l=-L_2}^{L_1} \hat{h}_l \cdot c_{k-l}, \quad L_1 \leq k \leq 26 - L_2 - 1 \quad (3)$$

마지막으로 잡음의 파워(P_N)는 재 복원된 신호와 수신신호의 차이에 대한 파워를 구함으로써 추정하는데 다음과 같이 표현이 된다.

$$P_N = \frac{1}{26 - L_1 - L_2} \sum_{k=L_1}^{26-L_2-1} |r_k - \hat{r}_k|^2 \quad (4)$$

SNR은 P_s/P_N 으로 계산된다.

2.3 블라인드 변조 검출기 알고리즘

2.3.1 제안한 알고리즘

본 논문에서 제안하는 변조 검출기의 기본적인 구조는 그림 4와 같다. 그림 4에서 표기된 채널충격응답 최대에너지와 SNR의 2가지 기준값 중 채널충격응답의 최대 에너지 값을 비교 대상으로 하는 경우를 예로 들어 설명을 한다. 각 버스트 수신 시 버스트 중간의 훈련신호의 부분을 2개의 경로를 통해 변조 시의 위상 회전을 반대로 회전시켜서 보상해주는 GMSK derotator와 8PSK derotator를 각각 거친 후 상관기를 통해 채널충격응답을 구하고 채널충격응답의 최대 에너지 값을 이용하여 GMSK 경로와 8PSK 경로에

서 상호 크기를 비교하여 첫 번째 버스트의 변조를 결정한다.

두 번째 버스트의 경우, 첫 번째 버스트에서 구한 값과 두 번째 버스트에서 구한 에너지 값을 합한 후 양쪽 경로의 값을 비교하여 변조를 결정한다.

세 번째 버스트의 경우도 앞의 경우와 마찬가지로 첫 번째 버스트부터 세 번째 버스트까지 구한 값을 비교하여 변조를 결정한다.

네 번째 버스트의 경우 한 개의 radio 블록 특성 상 블록 내에서는 동일 변조를 이용하므로 앞의 세 버스트가 동일한 변조로 판명이 되는 경우 네 번째 버스트의 변조 검출은 생략하고 자동으로 앞 세 버스트와 동일한 변조라고 판단하여 변조 검출로 인한 시간을 줄일 수 있다. 세 버스트가 동일 변조가 아닌 경우 마찬가지로 이전에 축적된 값과 현재 버스트에서 구한 값의 합을 비교하여 변조 결정을 하면 된다. 복호기 단계에서는 변조 결정 확률이 가장 높은 네 번째 버스트와 다른 변조로 결정된 버스트에 제로 패딩을 함으로써 복호기의 성능향상에 도움을 준다.

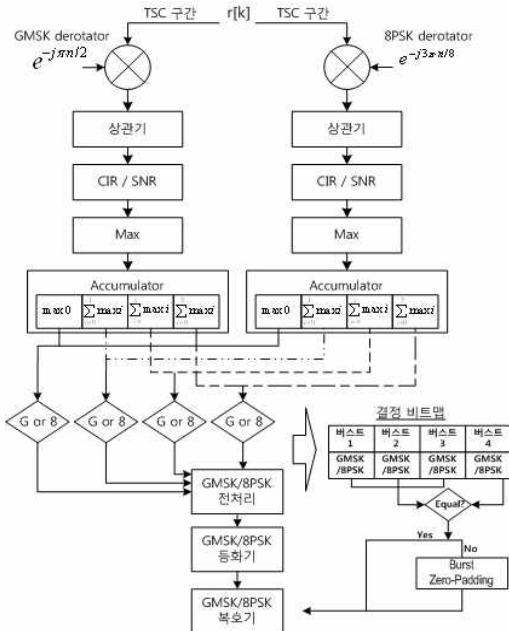


그림 4. 제안한 블라인드 변조 검출기 구조

4. 결 론

블라인드 변조 검출기의 성능은 전적으로 개발자에 의존하므로 공개된 이전 문헌이 없다. 따라서 본 논문에서는 앞서 설명한 채널충격응답의 최대 에너지 값과 SNR을 변조 결정 시의 기준값으로 각각 사용하였으며, 제안한 알고리즘의 성능을 입증하기 위하여 페이딩 채널에 대해서 모의실험을 하였다.

특히, 다양한 이동 속도에 대해 페이딩 채널에서의 성능을 검증하고자 TU50(Typical Urban, 50Km/h), HT100(Hilly Terrain, 100Km/h) 그리고 EDGE에서 요구하는 이동 속도가 가장 빠른 채널인 RA250(Rural Area, 250Km/h) 채널에 대하여 테스트를 수행하였다.

수신단에서의 검출오류에 대한 모의실험 결과를 그림 5부터 그림 7까지 보여준다. 9가지의 MCS 중에서 대해서 GMSK 변조된 신호에 대한 검출 오류율을 검증하기 위해서 MCS1을 사용하였으며, 8PSK 변조된 신호에 대한 검출 오류율을 검증하기 위해서는 MCS5를 각각의 채널에 사용하였다. 각각 전송했을 경우 그림의 전설에서 괄호안의 CIR과 SNR은 기준값으로 사용된 채널충격응답 최대에너지와 신호 대 잡음비를 각각 가리킨다.

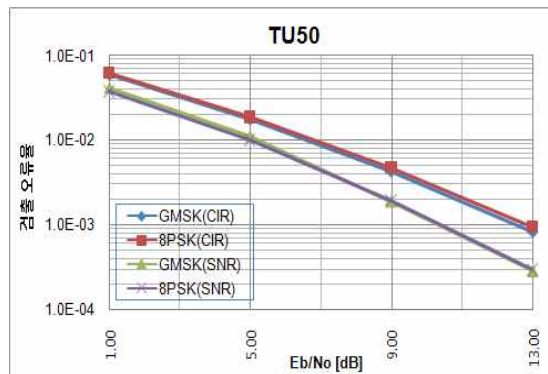


그림 5. TU50 채널에서의 검출 오류율

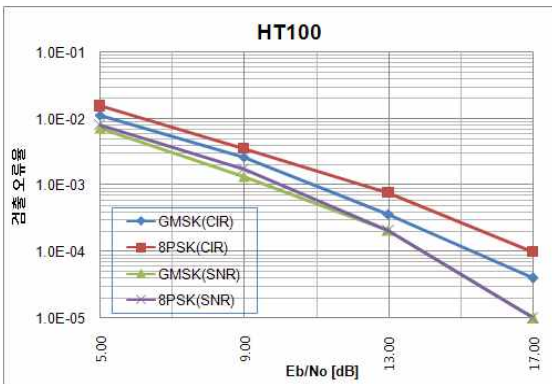


그림 6. HT100 채널에서의 검출 오류율

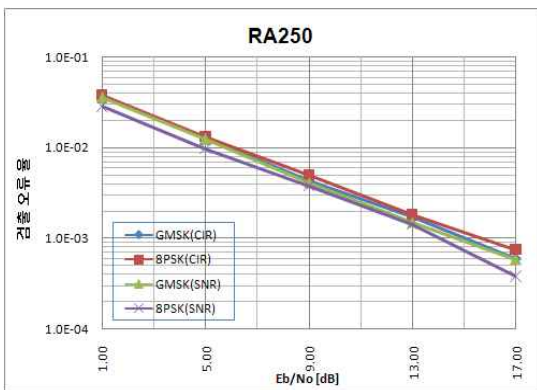


그림 7. TU50 채널에서의 검출 오류율

결론적으로, 변조 결정 시 기준값을 SNR을 적용한 경우의 성능이 채널충격응답의 최대 에너지를 적용한 경우보다 더 우수한 성능을 보인다. 그러나 두 방법 모두 제안된 알고리즘을 적용하는 경우, 전체적으로 다양한 페이딩 채널에서 안정적인 변조 검출을 할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 실제 모델 개발에 적용할 경우, 연산량에 여유가 없을 경우 채널충격응답의 에너지를 이용하는 방법이 더 선호될 것으로 보이며, 연산량에 문제가 없다면 SNR를 이용하는 알고리즘이 더 선호될 수 있을 것으로 판단한다.

본 연구에서 제안한 블라인드 변조 검출기가 기본적으로 송신 신호의 위상 회전의 차이와 송신 신호의 코딩 구조를 이용하기 때문에 GMSK와 8PSK 변조 방식을 이용하는 EDGE 시스템 외에도 향후

GMSK, 8PSK, QPSK 그리고 QAM 변조 방식 등 송신신호의 위상 차이가 있는 이러한 여러 변조 방식을 혼용하여 사용하는 시스템에도 적용이 가능할 것으로 기대한다.

참고 문헌

1. 3GPP, "GSM/EDGE Radio Access Network; Modulation (Release 5)," TS45.004 V5.1.1, pp. 5~7, 2003
2. E. Seurre, P. Savelli, P.-J. Pietri, "EDGE for Mobile Internet", Artech House, pp. 92, 2003
3. A. Furuskar, S. Mazur, F. Muller, H. Olofsson, Ericsson Radio Systems, "EDGE: Enhanced Data Rates for GSM and TDMA/136 Evolution", IEEE Personal Comm., pp. 57, June 1999
4. 박홍원, "EDGE 시스템에서 강인한 블라인드 변조 검출기의 알고리즘에 관한 연구", CICS2009 정보 및 제어 학술대회논문집, pp.341-342