

아날로그 및 디지털 신호에 대한 자동 변조 인식 알고리즘

서승한^o, 진영환, 윤여중, 서영주, 임선민, 안계민, 은창수, 장 원*, 나선필*
 충남대학교 정보통신공학과
 국방 과학 연구소*

Automatic Modulation Recognition Algorithm for Analog and Digital Signals

Seunghan Seo^o, Younghwan Jin, Yeojong Yoon, Youngju Seo, Sunmin Lim, Jaemin Ahn, Changsoo Eun,
 Won Jang*, Sunpil Na*
 Dept. of Infocom Eng, Chungnam National University
 Agency for Defense Development*
 shseo@seolhwa.cnu.ac.kr

요 약

본 논문은 아날로그 신호 및 디지털 신호에 대한 자동 변조 인식 알고리즘을 제안하고, 기존에 제안된 의사 결정 이론(Decision-theory) 알고리즘과 제안된 알고리즘의 성능을 비교, 분석하였다. AM, FM, SSB의 아날로그 신호와 MFSK 계열 및 MPSK 계열의 디지털 신호를 변조 인식 대상 신호로 하고, 변조 인식 과정은 이들 변조 신호에 대한 특성값(key feature)을 추출하여 수집한 신호의 변조 형식을 결정하게 된다. 각 알고리즘의 성능은 일정 시간 지연에 대한 변조 인식률을 기반으로 모의 실험을 통해 분석하였다.

1. 서론

일반적으로 무선 통신에 적용되는 변조 신호들은 매우 넓은 범위의 주파수 영역에서, 서로 다른 변조 형식과 주파수를 갖고 송수신된다. 민간이나 군용에서는 이러한 통신 신호를 모니터링하거나 식별하는 응용이 발전되어 왔는데, 민간에서는 통신 활동의 제어나 허가되지 않은 전송 기기등을 감시할 필요성에 의해 진행되었고, 군용에서는 전자전(Electronic warfare)과 같은 감지 및 탐지 공격, 즉, 전파 방해의 목적을 위해 진행되어 왔다.

변조 인식(Modulation recognition)이 이러한 많은 응용 분야에서 중요한 이유는 변조 신호에 맞지 않은 부적절한 복조기로 신호를 복조하게 되면, 복조된 메시지를 암호화된 형태로부터 해독하는 암호화 해독 과정에 상당한 손상을 줄 수 있기 때문이다. 또한, 정확한 변조 형식을 인지하는 것은 적으로부터 위협을 감지하고, 적절한 방해 전파(Jamming waveform)를 결정할 수 있게 한다. 따라서, 변조 인식은 국가 안보의 관점에서 중요한 요소로 작용한다.

일반적으로, 변조 인식 문제를 해결하는 데 두 가지 접근 방식이 있다. 첫 번째로는 의사 결정 이론에 기반을 둔 기법으로, 변조 형식을 결정할 때 수량적 결과를 반영하는 것이다. 두 번째 방식은 통계적 패턴 인식(Statistical pattern recognition)을 적용하는 것으로, 변조 인식 시스템이 두 개의 하위 시스템으로 구성되어 있다. 이는 수집된 신호로부터 미리 정의된 특성값을 추출하고 이로부터 패턴 형태의 차이를 줄이는 시스템과 패턴을 인식하는 시스템으로 나뉘어 있다. 또한, 변조 인식기는 이러한 두 가지 형태의 접근 방식과 더불어, 두 방식이 혼합된 형태로 구성될 수 있다[2].

본 논문에서는 수집된 수신 신호로부터 미리 정의된 특성값(Key feature)을 산출하고, 이 특성값을 MRC(Maximal Ratio Combining) 기법을 적용하여 변조 형식을 결정하는 알고리즘을 제안한다. 변조 신호는 AM, FM, USB, LSB, PSK2, PSK4, FSK2, FSK4 를 대상으로 하고, MRC 기법이 적용된 알고리즘과 의사 결정 이론이 적용된 알고리즘의

변조 인식 성공률을 비교, 분석 한다.

서론에 이어 2 장에서는 적용될 특성값의 정의와 통계적 특성 및 변조 인식 절차를 기술하고, 3 장에서는 제안된 자동 변조 인식 알고리즘의 구조에 대해 설명한다. 4 장에서는 변조 인식 성공률을 바탕으로 알고리즘의 성능을 분석하며, 5 장에서는 결론 및 향후 연구 내용을 기술한다.

2. 변조 인식 절차(Modulation Recognition Procedure)

2.1 특성값(Key feature)의 정의

일반적으로 변조 인식 절차는 수집된 수신 신호가 순간 진폭(instantaneous amplitude), 순간 주파수(instantaneous frequency), 순간 위상(instantaneous phase)을 포함하고 있는지의 여부를 이용하여 수행된다. 본 논문에 제시된 특성값은 위와 같은 3 가지 정보를 이용하여 정의되고, 총 5 개의 특성값을 변조 인식 절차에 사용한다.

첫 번째 특성값(P)은 반송 주파수(carrier frequency) 주변에서의 스펙트럼 대칭성을 이용한 것으로 이를 식으로 표현하면 다음과 같다[2].

$$P = \frac{P_L - P_U}{P_L + P_U} \quad (1)$$

여기서, P_L 과 P_U 는

$$P_L = \sum_{i=1}^{f_{cn}} |X_c(i)|^2, \quad P_U = \sum_{i=1}^{f_{cn}} |X_c(i + f_{cn})|^2 \quad (2)$$

를 의미하며, f_{cn} 은 반송 주파수에 해당하는 샘플 인덱스이다. 이 특성값은 반송 주파수를 기준으로 비대칭적인 주파수 분포를 갖는 신호일수록 +1, -1에 가까운 결과가 나타난다.

두 번째 특성값(σ_*)은 극성을 갖는 순간 위상값의 비선형 요소(non-linear component)에 대한 표준편차로, 위상 및 주파수 변조 신호와 진폭 변조 신호를 구분하는 기준이