

# 차등 부호 상관에 기반을 둔 UWB 신호 획득

정경화, 김선용  
 건국대학교 전자공학부  
 전화 : 02-450-3463

## UWB Signal Acquisition Based on Differential Sign Correlation

Kyung Hwa Jung, Sun Yong Kim  
 Dept. of Electronic Engineering, Konkuk University  
 E-mail : kimsy@konkuk.ac.kr

### Abstract

본 논문에서는 주파수 자원 고갈에 대한 문제를 해결할 수 있는 실내 UWB (Ultra Wide Band) 무선 채널에 대해 소개하고, UWB 무선 채널에서의 신호를 획득하는 방법에 대해 제안한다. IEEE 802.15.TG3a 표준화 위원회에서 제시하는 채널 모델에 대한 이해를 바탕으로 차등 부호 상관을 적용한 신호 획득에 대해 설명하며 이를 UWB 무선 채널에 적용하여 모의 실험을 통해 성능을 분석한다. 신호 획득의 성능 평가 기준으로 신호대 잡음비에 따른 검파 확률 (Detection Probability) 보여주며, 한 채널 모델에 대해  $m$ -수열의 길이에 따른 성능과 수열의 종류에 따른 성능, 그리고 부호 상관을 적용하는 방법에 따른 성능을 분석한다.

### I. 서론

최근에 무선 통신 서비스에 대한 요구가 증대되면서 주파수 자원 고갈에 대한 문제가 발생하였고, 보다 빠른 무선 멀티 미디어 서비스에 대한 욕구를 채워 줄 새로운 통신 방식에 대한 기대가 증대되었다. 이러한 기대와 욕구를 충족시켜 줄 기술이 UWB 무선 기술이다. UWB 무선 기술은 2002년 2월 미국 연방통신위원회에서 (FCC) 해당 주파수 대역을 민수용으로 허가하면서 많은 연구기관 및 기업 등에서 많은 관심을 가지고 연구를 진행하고 있다 [1].

그러나 UWB 무선 기술은 기존의 무선 기술과 간섭 영향을 방지하기 위하여 기존의 무선 기술이 사용하고 있는 주파수 대역에서 UWB 무선 기술의 방사 전력을 보다 엄격하게 제한하고 있다. FCC에서 제한하고 있는 UWB 스펙트럼 방사 규정 그림 1과 같이 UWB 무선 기술의 경우 3.1~10.6GHz 주파수 대역에서 Part15의 비허가 무선 기술의 최대 방사 전력인 -41.25dBm/MHz로 규제하고 있으며, 이는 잡음 수준의 전력임을 알 수 있다 [2].

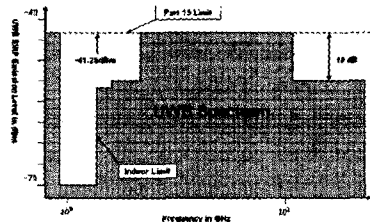


그림 1. UWB 스펙트럼 방사 규정

FCC에서의 스펙트럼 방사 제한으로 인해 UWB 무선 기술의 송신 출력이 미약할 수 밖에 없으며, 미약한 크기의 신호는 획득하기 어렵다.

이상과 같이 UWB 채널에서의 신호 획득은 중요한 과제이며 효과적인 신호 획득을 하기 위하여 본 논문에서는 UWB 채널에 대한 이해를 바탕으로 UWB 채널에 수신되는 신호의 부호 특성을 이용하여 차등 부호 상관을 적용한 신호 획득 방법을 제안하고, 제안된 신호 획득 방법은 신호대 잡음비에 따른 검파 확률을 보임으로 성능 분석을 한다. 수열의 길이에 따른

성능과 수열의 종류에 따른 성능, 그리고 부호 상관 방법에 따른 성능을 모의 실험을 통해 분석한다.

## II. UWB 채널

UWB 채널에서의 효과적인 신호 획득을 하기 위해서는 우선적으로 UWB 채널에 대한 이해가 바탕이 되어야 한다.

UWB 채널 모델은 IEEE 802.15.TG3a 표준화 위원회에서 제시한 클러스터링 (Clustering) 현상에 기반을 둔 수정된 S-V 모델을 (Saeh-Venezuela Model) 사용하고 있다 [3].

수정된 S-V 모델은 실내의 다중 경로 지연 현상을 고려하여 모델링 되었고, 로그-노말 (Log-normal) 분포를 사용하여 다중 경로 이득 크기를 모형화 하였다. 이 모델의 임펄스 응답은 그림 2와 같으며, 클러스터와 레이의 분포는 지수적으로 감소하는 것을 볼 수 있다.

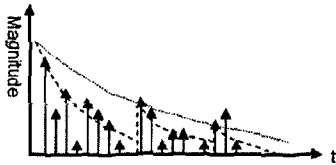


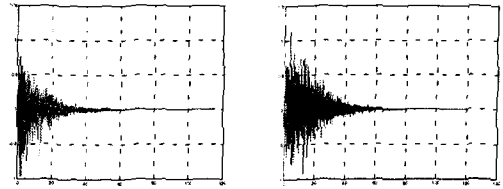
그림 2. S-V 채널 모델

다중 경로를 고려하여 모형화 한 UWB 채널의 이산 임펄스 응답은 (Discrete-time Impulse Response) 식 (1)과 같다 [4].

$$h(t) = X \sum_{l=0}^L \sum_{k=0}^K \alpha_{k,l} \delta(t - T_l - \tau_{k,l}) \quad (1)$$

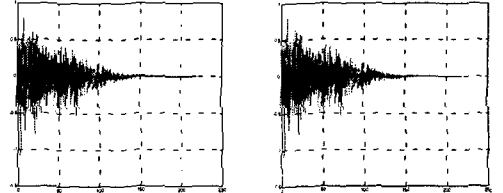
$\{\alpha_{k,l}\}$ 은  $l$ 번째 클러스터에서  $k$ 번째 레이의 다중 경로 이득 계수,  $\{T_l\}$ 는  $l$ 번째 클러스터의 지연,  $\{\tau_{k,l}\}$ 는  $l$ 번째 클러스터 도착 시간의  $k$ 번째 다중 경로 성분의 지연,  $\{X\}$ 는 로그-노말 섀도잉을 (shadowing) 나타낸다.

그리고, 수정된 S-V 모델은 다중 경로에 대해 4개의 채널 모델을 제시하고 있으며, 채널 모델 1은 0~4m LOS (Line Of Sight) 환경이고, 채널 모델 2는 0~4m NLOS (Non Line Of Sight) 환경이다. 채널 모델 3은 4~10m NLOS 환경, 그리고 채널 모델 4는 실험치 지연을 (RMS Delay) 25nsec로 적용한 Extreme NLOS 환경이다. 그림 3은 채널 모델의 임펄스 응답으로 채널 모델 1에서 채널 모델 4로 갈수록 채널의 임펄스 응답은 확산이 되는 것을 볼 수 있는데 이는 페이딩 현상에 따른 것이다.



<채널 모델 1>

<채널 모델 2>



<채널 모델 3>

<채널 모델 4>

그림 3. UWB 채널 모델의 임펄스 응답

## III. 부호 상관 신호 획득

본 장에서는 UWB 채널에서의 신호 획득 방법에 대해 설명한다.

IEEE 802.15.TG3a 표준화 위원회에서 제시한 수정된 S-V 모델에서 다중 경로를 고려하여 모형화한 UWB 채널의 이산 임펄스 응답은 2장에서 식 (1)과 같다고 언급하였다. 이 임펄스 응답에서 사용한 채널의 계수  $\alpha_{k,l}$ 은 식 (2)와 같다.

$$\alpha_{k,l} = p_{k,l} \xi_l \beta_{k,l} \quad (2)$$

$p_{k,l}$ 은  $\pm 1$ 의 동일한 확률을 갖는 신호의 부호를 나타내고,  $\xi_l$ 은  $l$ 번째 클러스터에 대한 페이딩,  $\beta_{k,l}$ 은  $l$ 번째 클러스터의  $k$ 번째 레이에 대한 페이딩을 나타낸다 [4].

$\alpha_{k,l}$ 은  $l$ 번째 클러스터에서  $k$ 번째 레이의 다중 경로 이득 계수로 이는 식 (2)에서와 같이  $p_{k,l}$ 에 의해 영향을 받는데,  $p_{k,l}$ 은  $\pm 1$ 의 동일한 확률을 갖는 신호의 부호를 나타내므로 UWB 채널을 통과하여 수신된 신호의 부호를 결정하게 된다.

차등 부호 상관에 기반을 둔 신호 획득 방법은 송신된 신호의 부호에 관한 정보를 수신단에서도 알고 있기 때문에 알고 있는 부호 정보를 이용하여 수신된 신호와의 상관을 통해 신호를 획득하는 방법이다.

채널을 통과하면서 왜곡과 지연이 생기고 페이딩 현상에 따른 심볼간 간섭이 발생하여도 부호를 가지고 송신된 신호와 수신된 신호의 상관에 따라 신호를 획득하는 차등 부호 상관 신호 획득 방법은 효율적으로 신호 획득을 할 수 있는 방법 중에 하나이다.

이러한 부호 상관에 기반을 둔 신호 획득 방법을

UWB 채널에 적용할 수 있는 것은 UWB 채널에서의 수신되는 신호가  $p_{k,i}$ 계수에 의해 상반되는 부호를 갖게 되기 때문이며 UWB 채널의 특성의 이해를 바탕으로 한 차등 부호 상관에 기반을 둔 신호 획득은 UWB 채널에서 신호를 획득하는데 있어 효과적이다.

#### IV. 모의 실험 및 결과

본 장에서는 앞 장에서 설명한 신호 획득 방법을 적용한 모의 실험을 수행하였으며, 모의 실험을 통해 얻은 성능 평가 기준으로 신호대 잡음비에 따른 검파 확률을 보여주고, 이에 대해 설명한다.

모의 실험은 크게 세 가지 유형으로 나누어 수행하였다. 첫 번째로  $m$ -수열의 길이에 따른 모의 실험을 수행하였으며 두 번째로 수열의 종류에 따른 모의 실험을 수행하였다. 마지막으로 수신된 신호의 부호만을 적용한 것과 부호와 함께 크기를 적용한 방법에 대해 모의 실험을 수행하였다.

임계치는 일반적으로 사용되는 오경보의 발생 확률이 (False Alarm Probability)  $10^{-3}$ 이 되도록 적용하여 결정하였으며, 그림 2와 같이 채널의 임펄스 응답의 클러스터와 레이가 지수적으로 감소하는 특성을 이용하여 채널의 임펄스 응답의 첫 번째 클러스터에서 첫 번째 레이만을 적용하여 검정 통계량을 결정하였다. 모의 실험의 전송율은 110Mbps를 적용하였다. 채널 모델에 따른 모의 실험을 제외한  $m$ -수열의 길이에 따른 모의 실험과 수열의 종류에 따른 모의 실험은 채널 모델 1을 사용하였다.

그림 4는 수열의 길이에 따른 모의 실험 수행 결과로 수열의 길이에 따른 성능을 분석하기 위해  $m$ -수열을 사용하였으며  $m$ -수열의 길이는 32와 64, 그리고 128을 갖는 세 가지 경우를 적용하였다.

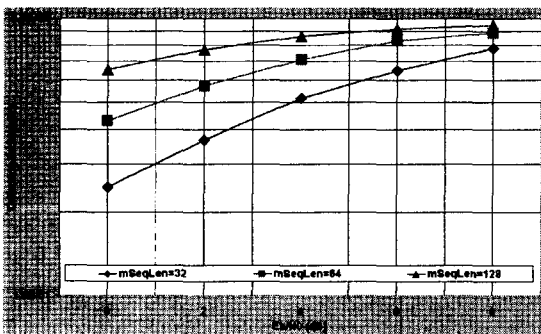


그림 4.  $m$ -수열의 길이에 따른 검파 확률

위의 결과 그림에서 보는 것과 같이 수열의 길이가 증가할수록 신호 획득에 효과적인 것을 볼 수 있다. 그 이유는 동일한 신호를 보낼 때 수열의 길이가 증가할수록 잡음의 전력보다 신호의 전력이 더 많기 때문이며 신호의 전력이 잡음의 전력보다 클수록 신호 획득에 대한 성능이 향상되는 것이 일반적이다.

다음은 수열의 종류에 따른 모의 실험으로 수열의 길이에 따른 모의 실험 결과에서 수열의 길이가 128일 때의 성능이 가장 좋은 것으로 분석되어 수열의 길이는 128을 사용하였다. 수열의 종류에 따른 모의 실험은  $m$ -수열과 전부 +1을 갖는 수열 그리고 교대로 +1, -1을 갖는 수열을 사용하였고 수열의 길이에 따른 모의 실험과 동일한 환경에서 모의 실험을 수행하였으며 이에 따른 결과는 그림 5와 같다.

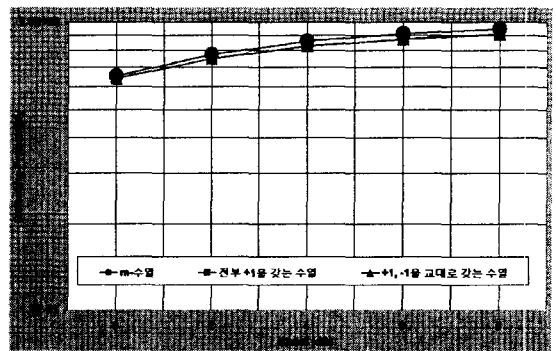


그림 5. 수열의 종류에 따른 검파 확률

그림 5에서 보듯이 수열의 종류에 따른 성능은 큰 차이를 보이지 않고 있다. 비록 수열에 종류에 따른 성능은 크지 않지만  $m$ -수열을 사용하였을 경우가 그 외의 경우보다 성능이 좋다는 것을 볼 수 있다.

마지막으로 부호 상관을 할 때 부호만을 적용하는 경우와 부호와 함께 크기도 고려하여 적용한 모의 실험을 수행하였으며 모의 실험의 환경은 수열의 길이에 따른 모의 실험과 동일하다.

그림 6은 부호 상관 방법에 따른 결과이며, 부호 상관을 적용할 때 부호만을 고려한 경우보다 부호와 함께 크기도 고려한 경우의 성능이 좋다는 것을 볼 수 있다. 부호만을 고려하였을 경우에는 검정 통계량을 결정할 때 있어 오경보의 발생 확률이 정확하게  $10^{-3}$ 이 되게 결정할 수 없기 때문에 오차가 발생하며 이로 인해 획득할 때 있어 성능이 떨어지기 때문이다.

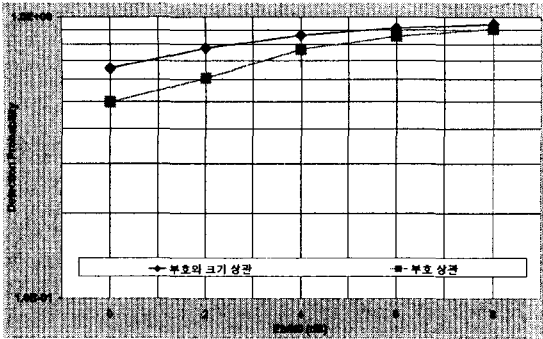


그림 6. 부호 상관 방법에 따른 검파 확률

본 논문의 모의 실험을 통해 수열이 길이에 따른 성능과 수열 종류에 따른 성능 그리고 부호 상관 방법에 따른 성능을 분석하였다.

## V. 결론

주파수 자원 고갈의 문제 해결과 보다 빠른 무선 멀티 미디어 서비스에 대한 욕구를 채워 주고 새로운 통신 방식에 대한 기대에 만족시켜 줄 UWB 무선 기술에 있어서 FCC에서의 스펙트럼 방사 규정으로 인한 미약한 송신 전력은 신호 획득을 어렵게 한다. 그러므로 UWB 무선 기술에 있어서의 신호 획득은 중요하다.

본 논문에서는 UWB 채널에서의 효과적인 신호 획득을 위하여 채널 특성의 이해를 바탕으로 UWB 채널을 통과하여 수신되는 신호의 동일한 확률의  $\pm 1$ 로 구성되는 특성을 이용한 신호 획득 방법으로 차등 부호 상관을 제안하였다.  $m$ -수열의 길이에 따른 모의 실험과 수열의 종류에 따른 모의 실험 그리고 부호 상관 방법에 다른 모의 실험을 수행하고 이를 분석하였다. 분석 결과  $m$ -수열의 길이가 증가할수록 효과적인 신호 획득을 하며 수열의 종류에 따라서는 큰 차이를 보이지 않았다. 마지막으로 부호만을 고려한 부호 상관 방법과 부호와 함께 크기도 고려한 부호 상관 방법을 적용하였을 경우 부호와 함께 크기도 고려한 모의 실험의 성능이 좋다는 것을 확인하였다.

향후 과제로는 UWB 채널에서 신호 획득을 연구하는데 있어 모사실험을 통한 성능 분석을 바탕으로 이론적 성능 분석을 진행하고 있다.

## 감사의 글

이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2002-041-D00380).

## 참고문헌

- [1] 이형수, 김재명, "UWB 무선 기술 및 규제 동향," 한국통신학회지, 제 20권, 제 2호, pp. 13-21, 2003년 2월.
- [2] FCC Notice of Proposed Rule Marking, "Revision of part 15 of the commission's rules regarding ultra wideband transmission systems," ET Docket, 98-153.
- [3] A.A. Saleh and R.A. Valenzuela, "A statical model for indoor multipath propagation", *IEEE J. Select. Areas Comm.*, vol. 5, pp. 128-137, Feb. 1987.
- [4] J. Foerster, "Channel modeling sub-committee report final," *IEEE Working Group 802.15 Document*, Nov. 2002.