

UWB 무선 전송용 DAA알고리즘 및 센싱기술에 관한 기술특성분석

차재상*, 박기욱**, 전태현***[Ⓒ]

*서울산업대학교 매체공학과

**성균관대학교 전자전기공학과

***서울산업대학교 전기공학과

e-mail : chajs@snut.ac.kr

Analysis of DAA algorithm and spectrum sensing technologies for UWB wireless transmission

Jaesang Cha*, Keewook Park**, Taehyun Jeon***

*Dept of Media Engineering, Seoul National Univ. of Tech.

**Dept of Electronic and Electrical Engineering, SungKyunKwan Univ.

***Dept of Electrical Engineering, Seoul National Univ. of Tech.

요 약

UWB 무선통신시스템은, 현재 초고속 무선 홈네트워크나 위치인식기반의 저속형 통신시스템분야 등에서 다양한 장점을 가지고 있으며 해당 기술에 대한 표준화 및 상용화를 위한 노력들이 각 분야에서 활발하게 진행되고 있다. 최근의 UWB 시스템의 연구 개발에 있어서 중요한 문제점 중의 하나로서 UWB 무선통신과 타 통신시스템간의 전파간섭문제가 대두되고 있으며 이에 대한 해결방안으로서 DAA(Detect And Avoid) 기술이 유력한 기술 중의 하나로 논의되고 있다. 본 논문에서는 이러한 UWB 무선전송용 DAA알고리즘에 대한 소개와 기술적인 특징 및 이를 위해 필수적으로 구현되어야 할 스펙트럼 센싱기술의 특성에 대한 분석이 논의된다.

1. 서론

최근 유비쿼터스 네트워크 개념의 도입과 이에 따른 응용분야별로 다양한 무선데이터 통신에 대한 수요가 증가함에 따라 한정된 주파수 자원의 효율적인 활용이 절실히 요구되고 있다. 이러한 상황에서 신규 주파수 자원의 확보가 불필요하며 동시에 초광대역 무선통신 서비스를 제공할 수 있는 기술로서 UWB(Ultra Wide Band) 통신기술이 대두되었으나 이러한 광대역 시스템의 운영상 문제점도 함께 제기되고 있다. UWB 시스템은 광대역에 신호가 분산되어 있으므로 다른 기존 시스템에 간섭을 일으키며, 평균 전력은 작으나 펄스를 발생하는 순간의 전력이 높으므로 임펄스적 전자파 유기 등에 의해 다른 장비의 간섭이나 장애를 일으키기도 한다.

이러한 상황에서 주파수 간섭을 회피하고, 주파수 이용효율 증진을 위해 DAA개념이 UWB에 접목된 기술이 대두되

었다[1]. DAA 기술은 포화상태에 놓여있는 기존 주파수 자원을 최대한 효율적으로 이용하기 위한 기술로서, 유휴스펙트럼을 찾아내어 활용함으로써 전체적인 주파수 효율성을 향상시킬 수 있는 기술이라고 할 수 있다.

이러한, DAA 기술의 구현을 위해서 우선적으로 해결해야 할 점은 무선 상에 존재하는 관련 주파수 스펙트럼을 센싱하는 기술의 구현이며 이를 기반으로 이용자간 간섭문제를 해결한다[2]. 본 논문에서는 UWB 시스템의 스펙트럼 마스크의 현황 및 특징을 통해 DAA 기술의 필요성을 언급하고, DAA 기술의 알고리즘 및 스펙트럼 센싱 기법의 기술 특성에 대해 분석 한다.

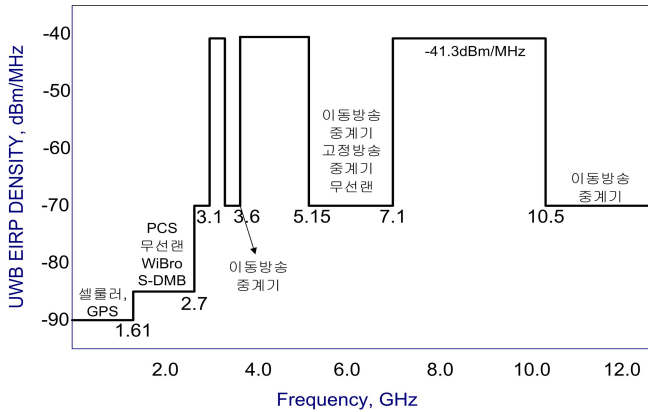
2. UWB의 스펙트럼마스크의 현황 및 특징

UWB 스펙트럼 마스크는 FCC에서 규정하고 있는 주파수별 UWB 송신 방사전력을 의미하며 UWB를 이용하기 위해서는 UWB 스펙트럼마스크의 현황을 파악하여 타 시스템과의 충돌이나 간섭을 회피하는 기술을 적용하기 위한 주파수 분석 결과이다.

***[Ⓒ]교신저자(Corresponding author):

서울산업대학교 전기공학과 전태현 (thjeon@snut.ac.kr(02-970-6409))

UWB 한국포럼에서는 UWB기기에 의한 국내서비스들의 간섭영향 분석 및 평가를 수행해 오고 있으며 연구결과를 바탕으로 국내 주파수대 서비스에 대해 허용할 수 있는 최대 UWB 송신전력 레벨을 정리하여 그림 1과 같이 나타내었다[3].



(그림 1) 국내 서비스를 고려한 UWB 출력 스펙트럼 (안)

그림 1에서 나타나듯이 타시스템에 대하여 간섭문제를 해결하기 위하여 송신출력을 제한하였으나 동일 대역내의 타 시스템에 대한 간섭 및 혼신을 야기 시킬 수 있다는 논란은 끊이지 않고 있는 상태이다.

유럽의 경우 CEPT(유럽 우편 통신 관리 이사국)에서 주파수대에 따라서 UWB송신 전력 레벨을 제한하였다. 3.1~4.95GHz 대역에서는 간섭 회피 기술을 이용하여 타 업무에 간섭영향을 주지 않는다는 조건으로 -41.3dBm/MHz의 FCC rule을 허용하였으며 특히, 4.2~4.8GHz대역에서는 2010년 6월말까지 간섭회피 기술 없이 -41.3dBm/MHz의 FCC rule을 한시적으로 허용하였다

일본은 이동통신 주파수 대역인 3.4~4.8GHz대역에서는 간섭회피 기술이 적용된다는 가정하에 -41.3dBm/MHz의 FCC rule을 적용하기로 하였다. 수동업무가 있는 4.8~7.25GHz 대역에서는 CEPT가 제안한 -70dBm/MHz를 허용하기로 하였다. 7.25~10.25GHz대역에서는 -41.3dBm/MHz의 FCC rule을 적용하기로 하였다. 3.4GHz 이하 주파수에서는 CEPT에서 제안한 송신 마스크 특성에 따라 허용하였다.

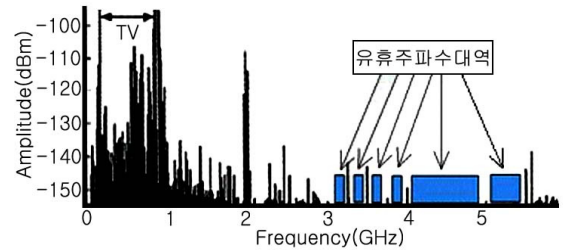
이와 같이, UWB 시스템은 타 시스템과의 간섭문제가 고려되고 있으며, 특히 3~5GHz 대역에서 간섭문제 해결을 위하여 간섭 회피 기술인 DAA 기술이 대두 되었다.

4. UWB의 무선전송용 DAA 알고리즘의 개념 및 특징

DAA는 기존의 무선 통신 주파수 이용자의 사용 주파수 대역을 검출해서 인지한 후, 해당 주파수 대역을 회피하여 전송하는 기술로서, 일반적인 무선 통신 시스템에 추가적으로 주파수 센싱(Spectrum Sensing)기능과 이에 대한 알

고리즘이 추가된 형태를 갖는다.

그림 2는 6GHz이하의 주파수 대역에서의 주파수 사용율을 측정된 결과를 도시화한 것으로서 측정된 시점에서 3GHz이상의 UWB 대역에서도 상당수의 유휴 주파수 대역들이 존재하고 있다.



(그림 2) 주파수 사용율을 측정된 결과의 한 예[4]

DAA는 그림2과 같이 광대역 통신대역에서 주파수 스펙트럼 센싱(Spectrum Sensing)과정을 통해서 유휴주파수대역이 발생되는지의 여부를 수시로 검출한 뒤, 비어 있는 채널을 이용하여 신호를 송신하거나 수신한다. 비어 있는 채널을 송신 채널로 이용한다면, 송신기는 채널 대역폭에 적합한 송신전력, 변조방식, 주파수 등을 선택한다. 또한 수신 채널로 이용한다면 채널 추정(Channel Estimation), 간섭억압 기술을 이용하여 최적의 신호를 복원한다. 이때 비어 있는 채널은 단일 채널 또는 복수 개의 채널을 구성할 수 있으나 주파수 채널 환경이 시간, 지역적으로 변화할 수 있기 때문에 일정한 간격으로 주파수 스펙트럼 환경 검출 결과를 갱신하여야 하며, 해당 주파수를 사용하는 우선 사용자의 경우에는 언제나 간섭을 주지 않고 다른 주파수 대역으로 옮겨서 통신을 수행하여야 한다.

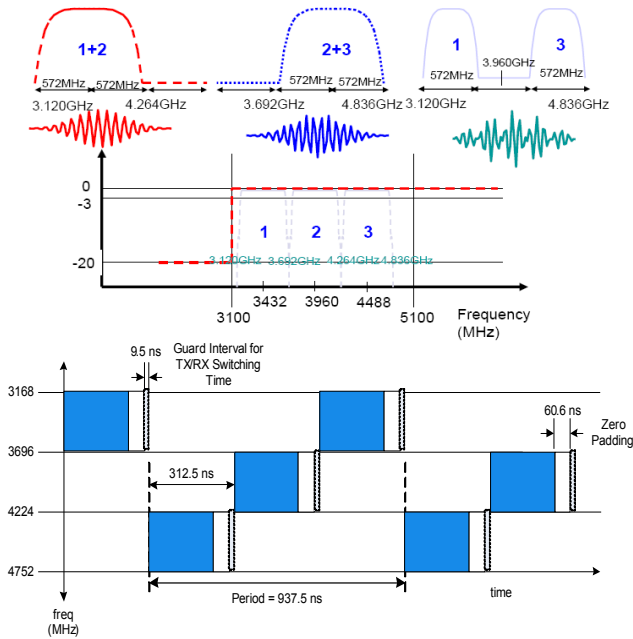
UWB에서 대표적인 DAA 알고리즘으로 동적 주파수 알고리즘과 송출형 UWB 펄스 성형 대역 제어 알고리즘이 있으며 자세히 기술하면 다음과 같다.

가. 동적주파수 알고리즘

동적 주파수 할당(DFS : Dynamic Frequency Selection) 방식은 IEEE 802.11a가 5GHz의 UNII(Unlicensed National Information Infrastructure) 대역에서 레이더의 신호에 간섭을 받지 않고 전송하는 방법으로 고안되었다. 즉, 간섭이 없는 주파수 대역을 검출하고, 사용자의 전파 수신감도나 데이터 요구량 등과 같은 요소로 QoS(Quality of Service)를 제공하도록 주파수 대역을 할당하고 변조 방식 또는 송신 전력 등을 제어해 주어야 한다. 한번 비어 있는 주파수 센싱이 되면 이 주파수 대역을 이용하여 자원할당을 하여 자원을 전송하게 되는 것이다.

동적 주파수 할당 방식은 최초 연결을 위해 사용되지 않

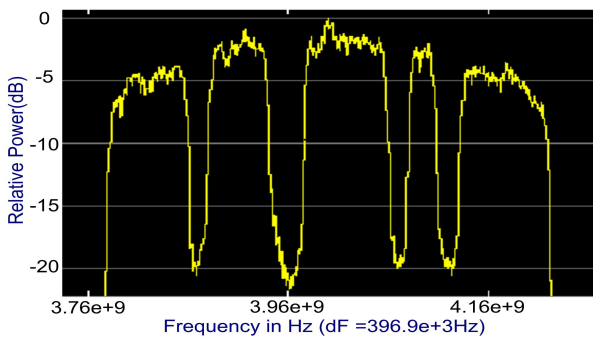
는 White Space 주파수 센싱을 통하여 파악한 뒤 접속을 유지하고 같은 채널상의 Time축 상에 이용 중임을 감지하게 되면 사용되지 않는 주파수를 검출하여 채널을 변경하게 됨으로서 통신채널을 확보한다. 이와 같이 연속적으로 스펙트럼을 검출 후, 비어있는 통신채널을 확보하여 기존 시스템에 간섭이 없는 통신이 가능하다. 다음 그림 3은 채널 1~3을 할당한 MB-OFDM기반의 UWB신호에 동적 주파수 할당 방식을 적용시킨 UWB 개념을 나타내었다.



(그림 3) Cognitive UWB Radio의 예시[3]

나. 송출형 UWB 펄스 성형 대역 제어 알고리즘

UWB 시스템의 가장 중요한 특징 중 하나는 타 시스템에 간섭을 주지 않고 통신을 해야 한다. 2.4GHz의 ISM band, 5GHz의 802.11a HiperLan 등 기존 시스템의 협대역 신호가 UWB 사용 주파수 내에서 사용되고 있다. 따라서 기존 협대역 시스템에 간섭이 없도록 하기 위해서는 사용여부를 스펙트럼 센싱을 통해 비어있는 주파수를 확인 후 이에 대한 UWB의 펄스 성형이 필요하다. 그림 4는 협대역 신호의 간섭을 최소화하기 위해 특정 협대역 주파수를 회피시킨 UWB의 펄스의 예시이다.

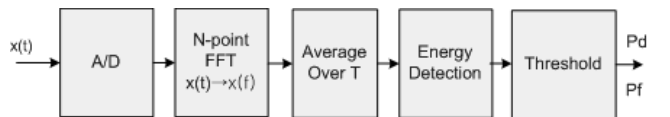


(그림 4) 송출형 UWB 펄스 성형 [5]

광대역으로 퍼지는 UWB 신호 중 주파수 센싱을 통해 사용되고 있는 협대역 신호를 확인 후 기존 시스템에 간섭이 없도록 해당 주파수를 억제 시켜 적응적으로 UWB 스펙트럼을 변화를 주어 타 시스템에 대하여 간섭 문제를 해결한다.

5. UWB의 무선전송용 스펙트럼 센싱의 특징 및 비교분석 가. 에너지 검출 방식 (Energy Detection)

에너지 검출 방식은 비동기(Noncoherent)신호 검출방식으로 FFT(Fast Fourier Transform)에 의해 주파수 성분을 평균화하는 기술로, 하드웨어 구조가 간단하다. 그러나 에너지 검출방식은 이미 설정된 해당 주파수 신호의 세기가 불규칙하게 변하는 간섭신호(Interference)에 대한 대비책이 없어서 정확한 신호 검출이 어려우며, 시간에 따라 신호의 특성이 변하거나 Spread Spectrum 방식과 같은 신호를 검출할 수 없다[6]. 그림 5는 이러한 Energy Detection 방식의 구조를 나타낸 것이다.



(그림 5) 에너지 검출 방식(Energy Detection)의 구조[7]

그림 5에서의 Energy Detection을 수식으로 나타내면 식 (1)와 같이 표현할 수 있다.

$$Y = \sum_N |X(f)|^2 \tag{1}$$

Energy Detection을 통해 도출된 Y값은 미리 준비된 특정 임계치 레벨(Threshold) δ 와의 비교를 통해 최종적으로 에너지를 검출한 확률 Pd 와 오판경보(false alarm) Pf를 나타내며 이는 식 (2)과 같이 표현할 수 있다.

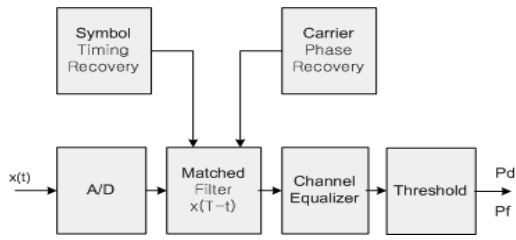
$$\begin{aligned} P_d &= P\{Y > \delta\} \\ P_f &= P\{Y < \delta\} \end{aligned} \tag{2}$$

나. 정합필터 방식 (Matched Filter)

정합필터 방식은 동기(Coherent)신호 검출방식으로 펄스의 폭(주기 T)동안 펄스의 존재 유무를 판별하는 순간에 입력 신호의 성분을 최대로 강조하고, 동시에 잡음 성분을 억제해서 펄스의 존재 유무를 판별하여 에러 확률을 가장 적게 하는 기능을 갖는 검출 방식이다.

정합필터 방식이 짧은 시간에 최적의 신호 동기를 구현할 수 있다. 그러나 무선 광대역 시스템에서 대역에 분포하고 있는 우선 사용자의 송신 신호에 대한 정보를 검출하려면 전용 수신기가 필요하므로 시스템의 하드웨어 구조가 복

잡한 단점이 있다. 그림 6은 Matched Filter 방식의 구조를 나타낸 것이다[8].



(그림 6) 정합필터 방식(Energy Detection)의 구조

그림 4에서의 우선 사용자 신호가 발생하였을 경우 입력 $x(t)$ 는 다음 식 (3)와 같이 표현할 수 있다[8].

$$x(t) = A_c s(t)c(t) + n(t) \quad (3)$$

수식 (3)에서의 우선사용자의 전송신호는 확산신호 $c(t)$ 와 곱해지며 확산신호 $c(t)$ 를 다음 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$c(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n p(t - nT_c) \quad (4)$$

여기서, $\{c_n\}$ 은 ± 1 인 2진 확산코드이며, $p(t)$ 는 지연시간이 T_c 인 구형파이다. 구형파 $p(t)$ 는 일반적으로 칩이라 불리고, 이 신호의 지연시간 T_c 는 칩 간격이라 한다. 역수 $1/T_c$ 는 칩 비율이라 하며, 전송신호의 대역폭 W 와 일치한다. 비트 간격 T_b 와 칩 간격 T_c 의 비는 확산 처리 이득이며 이는 식 (5)과 같이 표현할 수 있다.

$$G_c = \frac{T_b}{T_c} \quad (5)$$

수식 (5)에서 G_c 는 정보 비트당 확산되는 칩의 수를 의미한다. 또한, 확산신호가 부가된 우선 사용자 신호를 복조하기 위해서는 수신신호에 참조신호로 포함되어 있는 확산신호 $c(t)$ 를 다시 곱한다.

이는, 수신단에서 $c(t)$ 와 곱하여 송신단에서의 확산된 신호를 원래 상태로 복구하기 위함이다. 이에 대한 수신신호는 다음 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y(t) = A_c s(t)c^2(t) = A_c s(t) \quad (6)$$

수식 (6)에서 입력되는 잡음 신호는 무시하고, 신호 성분만을 살펴보면, 모든 t 에서 $c^2(t)=1$ 이므로 전송된 우선 사용자 신호의 유무를 식 (2)에 대입하여 검출할 수 있다.

따라서, 스펙트럼 센싱 방식인 Energy Detection 방식 및 Matched Filter 방식을 수학적 모델로 비교 분석함으로써, 다양한 스펙트럼 센싱 기술의 검증 및 개발이 가능할 것이다.

6. 결론

본 논문에서는 최근 급속하게 대두되고 있는 UWB 무선 전송용 DAA알고리즘과 스펙트럼 센싱 기법의 기술특성 분석을 하였다. 현재 UWB의 가장 큰 당면 과제중 하나는 타 시스템과의 간섭문제를 해결하고 주파수 이용효율을 증진 시키는 것으로서, 그 해결 방법으로 DAA알고리즘 및 스펙트럼 센싱 기술의 이용이 대두되었지만, 아직까지도 구체적인 표준규격 및 상용화레벨의 기술개발이 확립되지 않은 단계이다.

따라서, 본 논문을 통해 소개된 UWB 시스템에서의 DAA알고리즘 및 스펙트럼 센싱의 기술특성 분석을 통해 향후 UWB 시스템에 대한 상용화기술이 안정적으로 개발된다면, UWB 시스템은 간섭문제 해결 및 보급화가 이뤄질 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1]Lansford,J,"UWB coexistence and cognitive radio" Joint UWBST & IWUWBS.2004 pp:35-39
- [2]Johann Chiang, "Use of Cognitive Radio Techniques for OFDM UltraWideBand Coexistence with WiMax
- [3]차재상, 이일규, 송홍중, 광진교, 광경섭 "CR-UWB 무선 전송 기술의 배경 및 기술개요", 방송공학회지 제11권 제1호, 2006년 3월
- [4]유남철, "무선인지(Cognitive Radio)개념 및 기술 동향", 전자부품연구원, 2006년 02월
- [5]Honggang Zhang, Kamy Y. Yazdadoost, Keren Li, Ryuji Kohono "SSA-UWB and Cognitive Radio",NICT, Nov 2004
- [6]문경환, 이일규, 이정석, 광진교, 성향숙, 위규진, 차재상,"Cognitive Radio 센서로 이용되는 Energy Detection 및 Matched Filter 기법의 기술특성 분석에 관한 연구", 한국방송공학회 학술대회, 2006년 11월
- [7]강범주, "스펙트럼 센싱 기술", 방송공학회지 제 11권 제1호, 2006년 3월
- [8]Jae-Sang Cha, Nam-young Hur, Kyoung-Hwan Moon, Chong-Hyun Lee, "ZCD-UWB System using Enhanced ZCD codes", Joint UWBST & IWUWBS 2004 Japan, FA2-5, May 2004

본 논문의 연구결과물의 일부는 서울산업대학교의 "신임 교수 연구지원 과제"의 지원결과로 수행되었음