

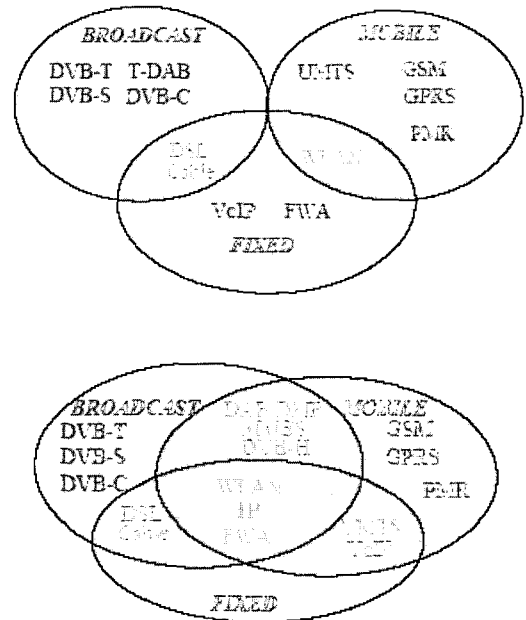
유연한 오픈 주파수 대역

김종현 · 홍현진*
광운대학교 ·
*한국전자통신연구원

I. 서 론

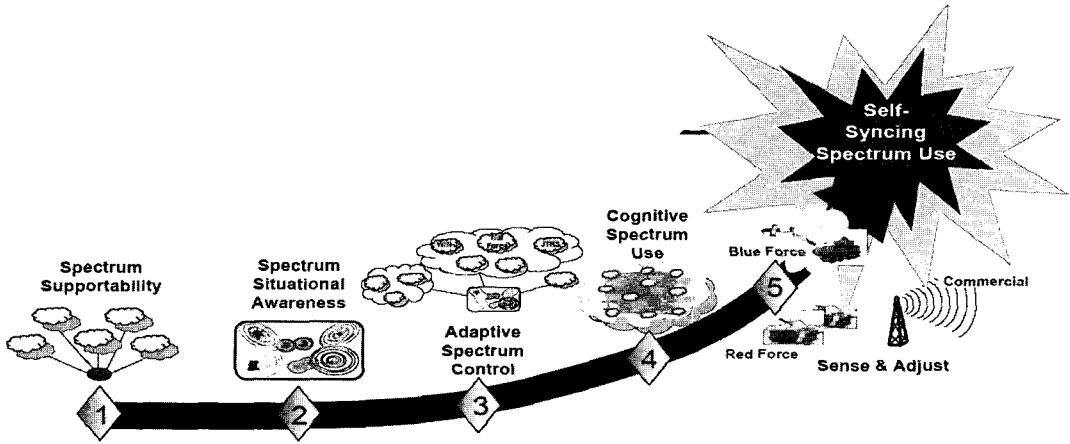
전파를 이용한 기술의 발달로 인하여 다양한 무선 서비스들이 지속적으로 개발되고 있고 이를 통하여 새로운 서비스들이 창출되고 있어서 향후 무선 환경에도 많은 변화를 가져올 것으로 쉽게 예측할 수 있다. 향후 무선 환경의 특징을 서비스적인 측면과 기술적인 측면으로 구분해서 살펴보면, 서비스 측면에서는 무선 서비스의 다양화가 가속될 것으로 예상할 수 있다. 과거에는 무선통신 서비스를 크게 방송 서비스, 고정 서비스 그리고 이동 서비스의 3가지 서비스로 구분하였고 각각 독립적으로 서비스를 제공하였기 때문에 각 서비스에 따른 독립적인 주파수 할당 및 관리가 주를 이루었다. 그러나 최근에 와서는 [그림 1]에서와 같이 방송과 고정 서비스간의 융합 그리고 방송과 이동 서비스간의 융합에 의한 새로운 서비스들이 창출되고 이러한 서비스간의 융합은 다양한 방법으로 어디서나 접속이 가능하다는 편리함과 콘텐츠의 종합 및 분배에서 새로운 가능성 도출할 수 있는 신규 서비스 창출, 그리고 이러한 새로운 콘텐츠와 서비스 공급자들을 위한 새로운 시장 활로 개척의 가능성을 통한 경쟁력 확보와 새로운 서비스 공급에 의한 부가 요금 제거를 통한 비용 절감 등의 장점으로 인하여 앞으로는 이러한 방송, 고정 서비스 그리고 이동 서비스간의 융합이 보다 빠르게 발전해 나아갈 것으로 예상할 수 있다.

기술적인 측면에서는 다른 서비스나 시스템에 영향을 주지 않고 서로 다른 시스템간의 주파수 공유가 가능한 기술이 빠르게 발전할 것이고 이에 따른



[그림 1] 무선 서비스 융합의 발전

주파수 사용 효율이 극대화 될 것으로 예상할 수 있다. 최근 미국 DoD의 스펙트럼 관리 변화(spectrum management transformation)에서도 [그림 2]와 같이 초기에는 독점적으로 특정 대역을 특정 용도로 허가하여 인접 대역에 간섭을 주지 않고 사용하는 전파 이용 방식이었으나, 최근에 와서는 같은 시스템간의 주파수 공유가 가능한 기술로 발전하고 있다. 그리고 이러한 기술적인 발전은 전파 이용 환경의 시공간적 실시간 감시 및 예측을 통하여 전파를 동적으로 할당하거나, 미 사용되는 주파수 공간을 확보하여 동적으로 채널을 할당하는 주파수 공유 기술로



[그림 2] 주파수 이용 방식의 변화

발전하여 전파 자원의 효율적 활용이 극대화될 것으로 예상된다^[1].

실제적으로 미국 FCC의 측정 결과를 보면 할당된 주파수의 70%가 미사용 중이며, 사용 중인 주파수의 경우에도 주파수 점유율이 ms 시간 단위로 변동하기 때문에 이러한 주파수를 효율적으로 사용하기 위해서는 주변 인지형 주파수 공유 기술로 발전해 나아갈 것이며 궁극적으로 자율 판단 무선 통신을 구현할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

또한, 미래 무선 환경에서는 센서 네트워크를 비롯한 다양한 소출력 근거리 무선기기의 수요의 증가가 예상되는 가운데 유한한 주파수의 효율적 이용을 위한 주파수 공유 대역 확대의 필요성이 증대되고 있다. 따라서 본 고에서는 이러한 무선 환경의 변화에 따른 오픈 스펙트럼과 오픈 스펙트럼에서 상호 간섭을 최소화하면서 주파수를 공유할 수 있는 간섭 회피 기술들을 소개하고 미국, 유럽 그리고 우리나라에서 진행되고 있는 오픈 주파수 대역 설정을 위한 활동들을 소개한다.

II. 유연한 스펙트럼 관리

지금까지 우리는 스펙트럼을 불충분한 자원으로 다루어 왔으나 무선 환경의 변화에 따라서 스펙트럼에 대한 패러다임도 변하고 있다. 불충분한 자원을 효율적으로 관리하기 위해서는 먼저 각각의 무선 서비스들에 대한 독점적인 사용 허가를 통하여 스펙트럼을 할당해야만 하였다. 그리고 이러한 스펙트럼 허가 모델은 지금까지도 가장 최상의 방법으로 믿어왔다. 그러나 최근의 디지털 기술들이 빠르게 지능화되어가면서 기존의 독점적 허가 없이도 주파수를 공유할 수 있는 기술들이 개발되므로 불충분한 자원으로의 스펙트럼이 아니라 공유물(commmons)로써 모두가 사용할 수 있는 오픈 스펙트럼(open spectrum)으로의 패러다임의 변화가 일어나고 있다^[2]. 여기서 오픈 스펙트럼이란 기술과 표준들이 기존의 정적인 주파수 할당 대신에 동적으로 스펙트럼을 관리할 수 있는 것을 말하며 이러한 오픈 스펙트럼은 소중한 주파수 자원을 보다 효율적이고 생산적으로 사용할 수 있도록 하며 새로운 서비스와 새로운 시장의 창출을 촉진하는 기폭제가 되고 있다.

오픈 스펙트럼의 구현은 기존의 독점적 허가 대역과 공존할 수 있는 방법으로 비허가 대역, underlay

그리고 overlay 방법 등이 있다.

2-1 비허가 대역

비허가 대역은 비허가 무선기기들을 위한 특정 주파수 대역을 선정하는 방법으로 어떠한 사용자도 전파를 발사하기 위한 독점적인 권한을 부여 받지 않는다. 현재 일부 비허가 무선기기들에 대해서 매우 제한적으로 일부 주파수 대역이 선정되어 사용되고 있으나 향후 보다 많은 대역들이 요구될 것으로 예상하고 있다.

2-2 Underlay

Underlay는 비허가 기기들이 RF 에너지를 광대역으로 분산해서 매우 미약한 신호를 사용하여 기존의 허가를 받은 주파수 대역에서 이들 기기들의 신호가 허가받은 다른 사용자들에게 방해가 되지 않는 조건으로 공존하여 사용하도록 허가하는 방식으로 이 방식은 [그림 3]과 같이 UWB 기술에 의해서 집약되었다.

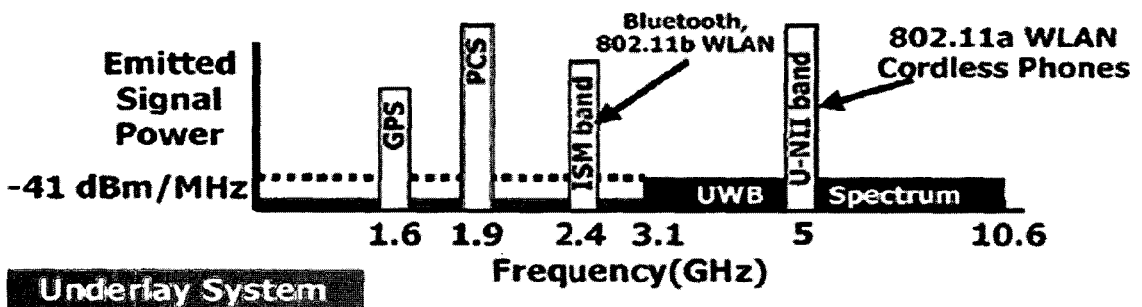
2-3 Overlay

Overlay는 underlay와는 반대로 비허가 기기들이 간섭을 일으킬 수 있을 만한 높은 레벨의 신호를 사용하지만 시간, 주파수, 공간적으로 사용하지 않고 있는 대역을 찾아서 이들 기기들의 신호가 허가받은

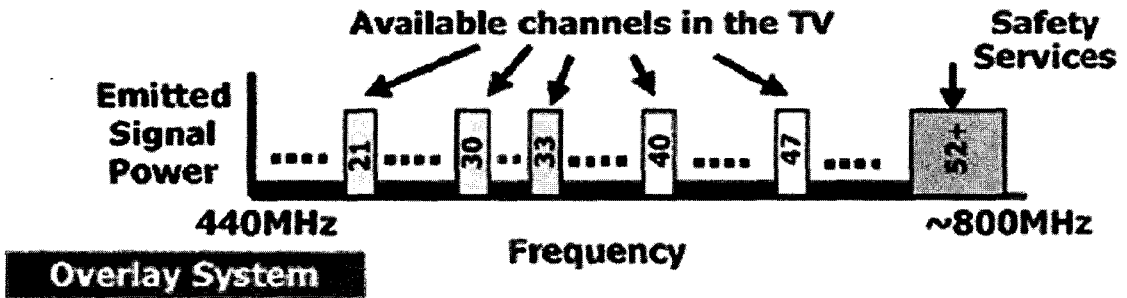
다른 사용자들에게 방해가 되지 않는 조건으로 공존하여 사용하도록 허가하는 방식으로 [그림 4]와 같이 사용하지 않고 비어있는 TV 대역을 비면허 대역으로 활용하는 IEEE 802.22 표준에서처럼 Cognitive Radio(CR)/Agile Radio(AR)과 같은 기술을 적용하여 구현할 수 있다.

스펙트럼 관리 체계에 있어서도 마찬가지로 패러다임의 변화가 일어나고 있다. 과거에는 주파수 관리 체계가 아직도 기존의 서비스들을 위주로 반영하고 있으며 주파수 관리 체계의 변화 폭이 기술 및 시장의 발전에 못 미치고 있었다. 그러나 최근에 와서는 빠르게 변화하는 기술 및 시장에 대처할 수 있는 기술 중립적 그리고 서비스 중립적 추세가 증가하고 있고 시장이 주도하는 주파수 관리제도에 대한 수용이 늘어나고 있는 실정이어서 유연한 주파수 관리 체계에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 유연한 주파수 관리 체계는 다양한 소출력 무선기기들의 개발로 인한 비허가 대역의 증가를 가져오고 빠르고 쉽게 access할 수 있는 주파수 할당 절차를 간소화시켜주며 제한적인 기술적인 조건들만 만족하면 누구나 주파수 대역을 공유할 수 있게 한다^[3].

따라서 유연한 스펙트럼 관리를 위해서는 스펙트럼에 특별한 집속을 요구하는 핵심 서비스들에 대한 명확한 정의와 이들의 수요 예측이 필요하고 특정 주파수 대역에 적합한 서비스 및 기술 중립적인 간



[그림 3] Underlay 주파수 공유 방식



[그림 4] Overlay 주파수 공유 방식

섭 기준의 개발 및 유효 주파수 확보 그리고 정의된 간섭 기준 내에서 이러한 주파수 대역들이 어떻게 사용되는지를 시장이 결정하도록 허용하여야 한다. 이를 위해서 주파수를 공유하는 서비스들이 간섭에 대한 양립을 확실하게 하기 위한 규정이 필요하다^[4].

Ⅲ. 간섭 회피 기술

오픈 스펙트럼의 실질적인 구현은 이를 위한 주파수 공유 기술 및 간섭 회피 기술에 달려있다. 간섭 회피 기술은 이중 또는 유사(동종) 서비스간 간섭 회피를 위해 필요하며 신규 서비스 도입에 따른 기존 서비스로의 간섭 영향을 줄이기 위한 목적과 이중 서비스간 동일 주파수 채널을 공유하기 위한 목적, 그리고 주파수를 효율적으로 사용하기 위한 목적으로 여러 가지 기술들이 도입되고 있다. 현재 고려되고 있는 간섭 회피 기술을 적용한 전송 방식으로는 Frequency hopping spread spectrum(FHSS), Listen before talk(LBT), Detect and avoidance(DAA) 방식 등이 있다.

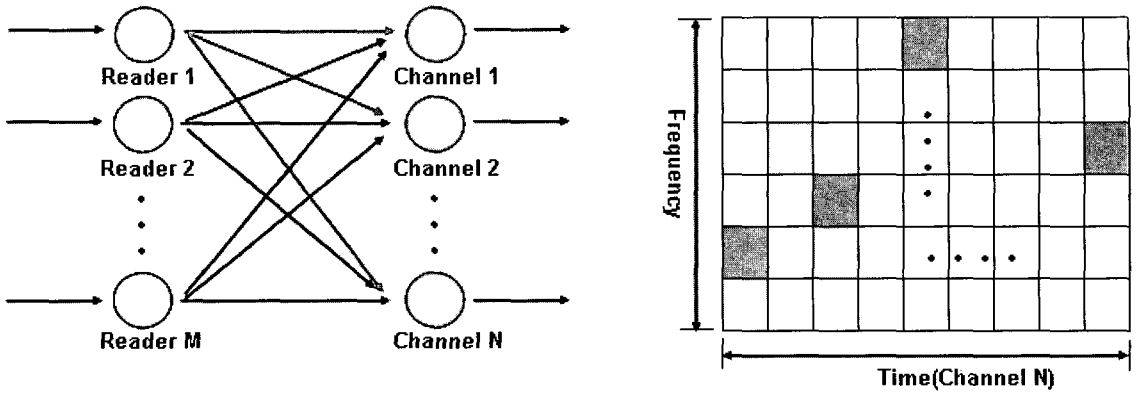
3-1 Frequency Hopping Spread Spectrum(FHSS) 방식

FHSS 방식은 통신 대역내에 일정한 채널 대역폭으로 여러 개의 채널을 할당하고, 일정한 시간 간격으로 random하게 채널을 전환해 가며 통신하는 방식으로 일정한 시간동안 균등한 채널의 점유를 요구하

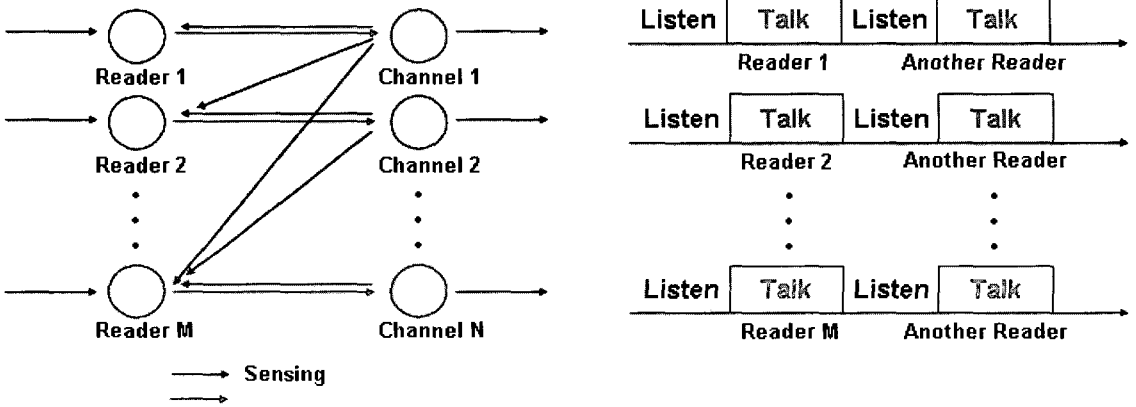
는 기술이다([그림 5]). FHSS 방식을 사용하는 기기의 각 리더기는 0.4초 이하 간격으로 호핑 주파수를 랜덤하게 발생시키며 인접 기기 간 상호 충돌 시 다음 채널로 전환되므로 호핑 주파수의 채널수가 많을수록 간섭 확률이 감소한다. 또한, 여러 개의 리더가 동일한 채널 주파수를 발생시킬 수 있으므로 호핑 주파수 채널이 적은 경우에는 상호 간섭이 발생할 우려가 있으며 따라서 wide band spectrum에 유용하다.

3-2 Listen before Talk(LBT) 방식

LBT 방식은 최근 유럽에서 채택된 방식으로 adaptive frequency agile을 결합한 listen before talk 방식으로 리더가 주파수를 가변하면서 미사용 채널을 찾아서 일정 시간을 사용한 후에 다른 사용자를 위해서 중지하는 방식이다. [그림 6]에서처럼 첫 번째 리더가 채널 1의 신호를 센싱하여 미사용중이면 채널 1을 선택한다. 리더 2도 먼저 채널 1의 신호를 센싱하고 채널 1이 사용 중일 경우에는 채널 2의 신호를 센싱하게 되고 이때 채널 2가 미사용중이면 채널 2를 선택하게 된다. 리더 M의 경우도 마찬가지로 채널 1,2의 신호를 센싱하고 채널 1, 2가 사용 중일 경우, 채널 N의 신호를 센싱하여 미사용 중이면 채널 N을 선택하게 된다. 따라서 이 방식은 채널 수가 적은 주파수를 효율적으로 사용하면서 타 서비스와 공유할 수 있는 장점을 가지고 있으므로 narrow band spec-



[그림 5] Frequency hopping spread spectrum 방법



[그림 6] Listen before talk 방법

trum에 유용한 기술이며 채널의 사용 여부를 확인하고 나서 사용하므로 주파수 간섭 확률이 낮다. 그러나 주파수의 점유 여부를 판단해야 하는 알고리즘이 기술적으로 추가되어야 한다.

3-3 Detect and Avoidance(DAA) 방식

DAA 방식은 3~5 GHz 대역 내에 존재하는 기존 업무에 대해 간섭 영향을 주지 않기 위한 목적의 간섭 저감 방법으로 3~5 GHz 대역을 이용하려는 UWB 기기가 데이터를 전송(송신)하기 전에, 다른 서비스로 부터의 송신 신호를 UWB 수신단에서 검

출하게 된다. 이때, 만약 3~5 GHz 대역을 이용하는 타 서비스의 광대역 신호가 검출될 경우, 데이터를 보내려고 하는 UWB 기기는 검출된 광대역 신호의 대역폭에서 UWB 송신 출력을 타 서비스에 영향을 미치지 않을 정도의 매우 낮은 레벨로 조정하여 데이터를 송신하게 된다([그림 7]). DAA 방식은 원하는 채널에서의 타 서비스 신호의 검출 시간이 필요하므로 데이터 전송 지연이 발생할 수 있는 단점이 있다. 현재, DAA 기술에 대한 구체적인 구현 방법에 대해서는 개발되지 않았으나 향후에는 DAA 기술이 UWB-HDR(IEEE802.15.3a)에서 적용될 것으로 예상

되고 있다.

IV. 오픈 스펙트럼 대역

4-1 미국

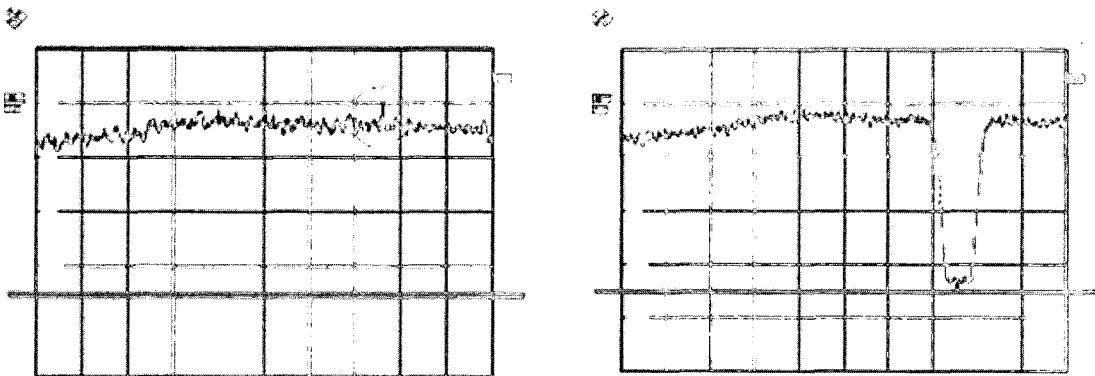
2004년 9월 뉴욕시에서 24시간 동안 30 MHz~3 GHz 대역의 스펙트럼의 이용률을 조사한 결과 이용률이 10 % 미만이었으며(그림 8) FCC 조사에 의하면 할당된 스펙트럼 중 70 %가 미사용 중으로 나타났다^[5]. 따라서 비면허 대역 분배를 통한 광대역 무선기기의 활용도를 높이고, 주파수 이용률을 높이기 위하여 사용하지 않는 TV 대역을 활용한 광대역 무선 서비스 활용 안이 제안되었으며 이를 위해서는 TV 기지국에 발생하는 간섭을 없애기 위해 사용하지 않는 TV의 빈 채널을 인식하는 스마트 라디오 기능이 요구된다.

또한, TV 대역에서 소출력기기 이용 활성화를 위하여 2006년 2월에 G. Allen 상원의원과 T. Stevens 상원의원에 의해서 각각 American Broadband for Communities Act of 2006^[6]과 Wireless Innovation Act of 2006(WINN Act)^[7]이 법안으로 제출되었다. American Broadband for Communities Act of 2006은 방송 사업자들에 의해서 사용되지 않는 스펙트럼을 지역 주민

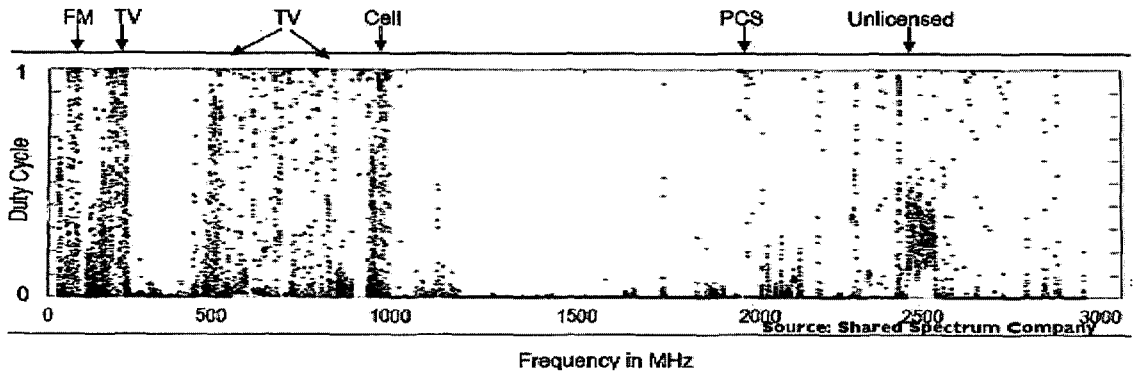
들에게 무선 광대역 홈 네트워킹 서비스를 제공하는 비허가 무선 기기들이 조건 없이 사용하도록 하고 있다. 그리고 이 법안은 제조자들이 방송 사업자들에 의해서 사용되지 않은 방송 주파수 대역에서 운용되는 비허가 기기들을 설계할 수 있도록 허가하고 있다. 따라서 이러한 비허가 기기들은 제조업자들이 소비자들에게 광대역 서비스들을 보다 쉽게 제공할 수 있도록 해준다. 그러나 이러한 무선 기기들은 이들의 주변 환경을 지각하고 어느 주파수 대역이 사용되고 있는지를 식별하도록 설계하고 방송 사업자에 의해서 사용되지 않는 방송 주파수 대역만을 사용하도록 하고 있다. 또한, 이 법안은 FCC가 방송 대역에서 비허가 기기들이 방송국들을 보호하기 위한 기술적 요구 조건들을 만들도록 하고 있다.

Wireless Innovation Act of 2006(WINN Act)은 분배되지 않았거나 사용되지 않은 white space로 알려진 방송 주파수 대역 내에서 특정 영역을 할당하여 무선 광대역 인터넷 접속의 개발을 촉진시키는 목적을 갖는다. 이 법안은 특별히 FCC가 54 MHz에서 698 MHz 사이에서 할당되지 않은 방송 스펙트럼의 비허가 사용을 허용하도록 요구하고 있다.

FCC Part 15에서는 용도를 지정하지 않고 주파수 대역을 규정하여 사용하고 있으며 대상 기기를 의도



[그림 7] Detect and avoidance 방법



[그림 8] 스펙트럼 이용률 측정

적 방사체와 비의도적 방사체만으로 구분하고 있다¹⁸⁾. FCC Part 15의 규정에 따라 비허가 무선 기기들이 FCC certification에 의해서 운용되어야 하며 다른 기기들에 해로운 간섭을 주지 않도록 규정하고 있으며 다른 기기들로부터의 간섭은 인정하도록 되어 있다.

특히 800 MHz~3 GHz 대역 중에서 ISM 대역인 902~928 MHz 대역과 2400~2483.5 MHz 대역을 비면허 무선 기기를 사용하도록 규정하고 이 대역에서 관련 무선 기기들이 함께 공존하도록 출력을 제한을 하고 있다. 기기의 출력 및 동작 방식은 frequency hopping 방식을 사용하는 기기와 디지털 변조 방식을 사용하는 기기로 구분하여 규정하고 있으며 각각의 동작 방식에 따른 기술 기준들을 제시하고 있다.

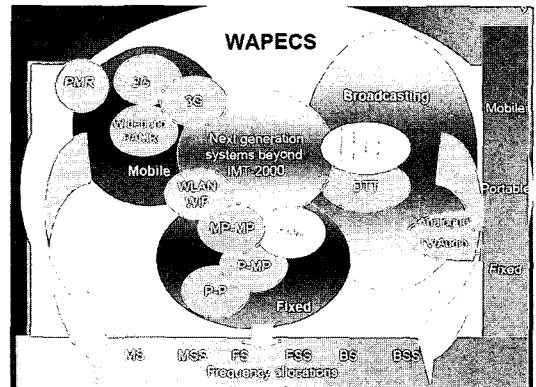
4.2 유럽

European Commission(EC)에서는 2004년 5월 미래의 새로운 전파 통신 환경 하에서 신속하고 유연한 주파수 확보·이용을 보장할 수 있는 유연한 주파수 관리 체계에 대한 연구를 Radio Spectrum Policy Group (RSPG)에 요청한 바 있으며 요구되는 기술 기준만 만족하면 인접한 타 서비스와 양립하여 사용할 수 있는 Wireless Access Platforms for Electronic Communication Services(WAPECS) 대역을 설정하여, 신규 서

비스 개발 시 유럽 공통의 새로운 주파수 대역을 찾지 않고도 손쉽게 서비스 할 수 있도록 하고 있다¹⁹⁾.

여기서 WAPECS는 기기의 사용 기술, 동작 주파수에 관계없이 무선 통신 네트워크와 서비스에 접속할 수 있는 플랫폼을 의미하며 하나 또는 다수의 주파수 대역에서 다양한 플랫폼(mobile, portable, fixed 등의 통신 access)을 통하여 다양한 서비스(broadcasting, multimedia 등)를 사용자에게 제공할 수 있도록 한다([그림 9]).

특히, 융합된 응용을 위하여 WAPECS는 다양한 할당으로부터 주파수들을 포함하는데 예를 들면 방송을 위해 할당된 주파수가 이동 통신 down-link 서



[그림 9] WAPECS 개념도

비스를 지원할 수 있으며 반대로 이동 통신 주파수를 통한 multimedia, interactive 등의 방송 서비스들이 가능하도록 한다. 그리고 WAPECS 대역은 허가 대역과 비허가 대역 모두에 적용된다.

2005년 2월부터 4월까지 유럽 각국의 WAPECS 희망 대역 및 현재 사용 현황을 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다.

4-2-1 방송대역(Broadcasting Bands)

현재 방송으로 할당된 주파수 중에서 T-DAB와 DVB-T 대역으로 사용되고 있는 세가지 대역인 174~230 MHz 대역, 470~862 MHz 그리고 1452~1479.5 MHz 대역이 WAPECS 대역으로 고려되었다.

4-2-2 고정 대역(Fixed Bands)

고정 서비스로 할당된 주파수 대역에 대해서는 다음 대역들이 WAPECS 대역으로 고려되었다.

- 6 GHz 이하 fixed point-to-point;
1375~1400 MHz, 1492~1517 MHz, 1427~1452 MHz, 1350~1375 MHz, 3600~4200 MHz
- Point-to-multipoint;
3400~3800 MHz, 24.5~26.5 GHz

4-2-3 이동 대역(Mobile Bands)

육상 이동 서비스로 할당된 주파수 대역에 대해서는 다음 대역들이 WAPECS 대역으로 고려되었다.

- 380~400 MHz, 410~430 MHz, 450~470 MHz, 870~876 MHz, 880~921 MHz, 925~960 MHz, 1710~1785 MHz, 1805~1880 MHz, 1900~1980 MHz, 2010~2025 MHz, 2110~2170 MHz, 2500~2690 MHz

4-2-4 Short Range Devices(SRD)

SRD로 할당된 모든 주파수 대역 중에서 다음 네 가지 대역만이 WAPECS 대역으로 고려되었다.

- 1880~1900 MHz(DECT), 2400~2483.5 MHz(RLANS)

5150~5330 MHz(RLANS), 5470~5725 MHz(RLANS)

현재 WAPECS 후보 주파수 대역은 각 유럽 국가들 간에 지속적으로 논의 중에 있으며 2009년까지 WAPECS 대역을 시험적으로 운영하고 추후 이 대역을 확대할 계획이다.

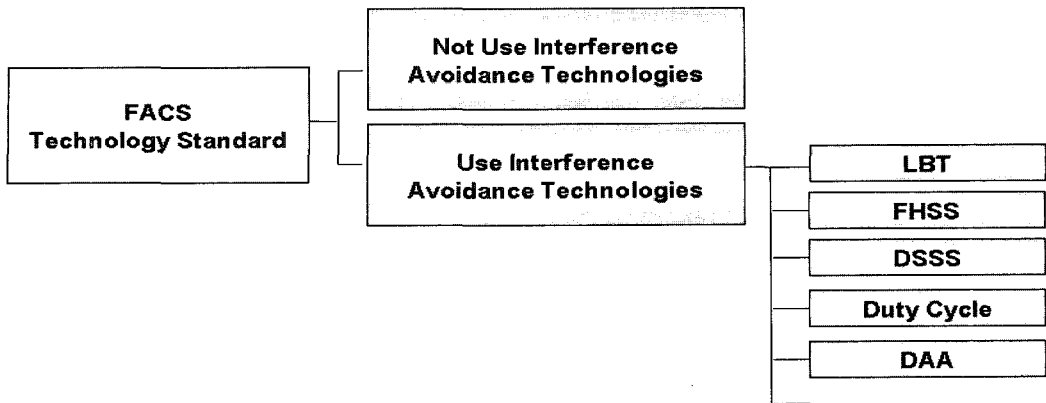
4-3 우리나라

우리나라는 급속히 확대되는 전파 수요의 증가를 대비하고 전파의 효율적인 활용을 위하여 2005년 4월에 정보통신부가 '전파이용 증장기 정책방향'에 대한 공청회를 개최한 바 있다^[10]. 여기서 지금까지 국내의 주파수 이용은 Command & Control 방식이 대부분이었으므로 주파수 용도, 기술적 조건에 대한 규제 완화 및 비 면허 대역의 확대를 통한 주파수 이용의 유연성 확보의 필요성이 제시되었다. 또한, 이를 위해서 용도 미지정 대역인 FACS(Flexible Access Common Spectrum) 대역의 개념을 도입하였다. 여기서 FACS란 서로 다른 전파 형식, 통신 방식을 갖는 소출력 무선 시스템들이 상호간 간섭을 용인하는 조건 하에서 공통으로 사용하는 주파수 대역을 의미한다.

따라서 기기의 용도 및 특성에 상관없이 무선기기가 유연하게 주파수를 사용하도록 하는 용도 미지정 주파수 대역으로 다른 기기들로 부터의 간섭을 허가한다. 또한, FACS에서는 무선 기기들이 스스로 간섭 회피 기술을 가지고 있는지의 여부에 따라서 기술 기준들을 정하도록 할 것을 검토하고 있다([그림 10]).

FACS 대역은 용도 미지정 소출력 비허가 무선 기기를 대상으로 하며, 소출력 기기들의 이용 현황, 산업적 효과, 유용 가능한 주파수 등을 고려하여 VHF, UHF 대역 등 다양한 대역에서 FACS 대역을 설정할 수 있을 것이다.

장래에는 디지털 TV로의 전환으로 인한 700 MHz 대의 여유 주파수 활용, 4G 주파수 분배, 회수/재배치 시행 등으로 주파수 이용 측면에서 큰 변화들



[그림 10] FACS 대역의 기술 기준 개념도

이 일어날 것으로 예상된다. 이에 따라 FACS 대역의 이용 방안도 보다 구체적이고 현실적으로 준비할 것으로 사료된다.

또한, FACS 대역을 확대 검토하는 방안으로 2006년 4월에 60 GHz 밀리미터파 대역을 FACS 대역으로 분배하는 방안을 마련하여 공청회를 실시한 바 있다^[1]. 여기서는 5764 GHz의 주파수 대역에서 10 mW 이하의 소출력인 경우, 주파수 이용 용도를 정하지 않고 정해진 기술 기준만 만족하면 누구나, 어떤 용도로든지 사용하도록 하고 있다.

V. 결 론

유비쿼터스 시대의 새로운 성장 동력으로 소출력 무선 기기가 주목을 받고 있으며 전파 형식, 주파수, 대역폭(통신속도), 통신방식 등 다양한 전파 이용 환경을 상호 접속, 운용 가능하도록 하고 센서 네트워크, 홈 네트워크, 근거리 통신 등 유비쿼터스 환경에 적합한 신규 서비스 및 기기 개발 추진을 통해 유비쿼터스 시대의 무선 서비스 개발이 활성화 될 것으로 기대하고 있다.

또한, 새로운 스펙트럼 공유 기술에 대한 연구 개발이 가속화되고 있어서 이를 위한 기술적, 제도적

방안을 마련하여 용도 미지정 대역인 FACS 대역과 같은 오픈 스펙트럼 대역을 확대하여 나간다면 국내외 기업들의 손쉬운 주파수 활용으로 신기술 연구 개발을 촉진시키고 UHF 대역이 아시아 지역에 할당되어 있지 않은 ISM 대역과 호환이 가능한 대역으로 새로운 무선 서비스의 글로벌 테스트베드로 사용되어 아태 지역의 IT 전파 허브로 부상할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] B. Younes, "DoD Spectrum Management Transformation", 2006 NSMA's Annual Spectrum Management Conferences, May 2006.
- [2] K. Welbach, "Open spectrum, The new wireless paradigm", *Spectrum Series Working Paper*, New America Foundation, Oct. 2002.
- [3] J. Kim, "Technical considerations and applications for open spectrum policy", *International Open Spectrum Access Workshop*, Apr. 2006.
- [4] 김종현, "미래 무선환경에서의 유연한 주파수 이용방안", 주파수정책기술 연구결과 발표회, 2005년 11월.

- [5] Shared spectrum, "New York City spectrum occupancy measurements", *Spectrum Occupancy*, Dec. 2005.
- [6] G. Allen, *American Broadband for Communities Act of 2006*, Feb. 2006.
- [7] T. Stevens, *Wireless Innovation Act of 2006*, Feb. 2006. (WINN Act)
- [8] FCC, "Part 15-Radio frequency devices", Sep. 2005.
- [9] Radio spectrum policy group, "Final report on Wireless Access Policy for Electronic Communications Services(WAPECS)", Nov. 2005.
- [10] 박석지, "전파이용정책방향 연구내용", 전파이용정책 및 주파수 수요조사 설명회, 2005년 4월.
- [11] 정보통신부, "60 GHz대 밀리미터파 주파수 분배 검토", 60 GHz대역 주파수 분배방안 공청회, 2006년 4월.

≡ 필자소개 ≡

김 종 헌



1984년 2월: 광운대학교 전자통신공학과 (공학사)
 1990년 6월: 독일 Ruhr University Bochum 전자공학과 (공학석사)
 1994년 8월: 독일 Dortmund University 전자공학과 (공학박사)
 1995년 3월~현재: 광운대학교 전파공

학과 교수

1999년 1월~현재: ITU-R SG1 연구위원

[주 관심분야] 스마트 선형화기 및 전력증폭기, 스펙트럼공학, 마이크로파 센서

홍 현 진



1986년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)
 1990년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
 2003년: 충남대학교 전자공학과 박사 수료
 1990년 2월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원

[주 관심분야] 스펙트럼엔지니어링, 전파전파, RF 기술