

화이트 스페이스 데이터베이스 접속 프로토콜 표준화 동향

유성진, 박승근
한국전자통신연구원

요약

유한한 자원인 스펙트럼을 효율적으로 사용하고자 화이트 스페이스를 이용할 수 있는 방안에 대한 연구가 진행되고 있다. 화이트 스페이스를 활용하려면 장치가 스펙트럼 정보를 파악할 수 있어야 한다. 이를 위한 방법에는 크게 스펙트럼 센싱을 이용한 방법과 스펙트럼 데이터베이스를 이용하는 방법이 있다. 본고에서는 스펙트럼 데이터베이스를 활용하기 위해 필요한 프로토콜의 표준 동향에 대해서 살펴본다. 프로토콜 표준에 대한 이해를 돕기 위하여 표준이 완성되기까지의 개요, 프로토콜 요구사항 및 프로토콜 표준 내용에 대해서 간단하게 알아보고, 대표적인 기능으로써 스펙트럼 요청 기능에 대한 메시지 형태와 주요 파라미터에 대해 살펴본다.

I. 서론

화이트 스페이스를 우리말 그대로 풀어서 쓰면 비어 있는 공간을 의미한다. 이 용어는 2000년대 중반부터 무선 통신 시스템에서 많이 사용하기 시작하였다. 이 용어를 무선 통신 시스템과 관련하여 사용한 초기에는 면허 사용자 기지국의 송신 신호가 없는 공간이라는 의미로 많이 사용하였다. 현재 이 용어는 면허 사용자 신호가 없는 공간뿐 아니라 면허 사용자 신호가 없는 시간을 나타내는 의미로도 사용한다. 말하자면 화이트 스페이스는 면허 사용자의 송신 신호가 도달 하지 않는 공간 또는 면허 사용자가 신호를 송신하지 않는 시간을 의미한다.

당연한 이야기지만 화이트 스페이스를 사용하려면 화이트 스페이스가 어디에 있는 지 알아야 한다. 여기에서 '어디'는 앞서 설명한 것과 마찬가지로 공간에서의 의미와 시간에서의 의미를 포함한다. 면허 사용자 장치가 자신의 신호를 시간에 관계없이 일정하게 송신하고 화이트 스페이스 사용자 장치의 위치가 고정되어 있다면 이 문제에 대한 해결 방법은 간단하다. 면허 사용자 장치의 송신 전력과 위치 정보만 있으면 화이트 스페이스

를 역으로 계산하여 찾아낼 수 있기 때문이다. 이러한 경우에는 장치에 한 번만 화이트 스페이스의 위치를 설정해 놓으면 계속해서 화이트 스페이스를 활용 할 수 있다. 하지만 보통의 경우에는 면허 사용자 장치는 신호를 계속 송신하지 않고 시간에 따라 송신을 멈출 수 있다. 또한 모바일 기기가 널리 사용되는 요즘에는 면허 사용자 장치의 위치 또는 화이트 스페이스 사용자 장치의 위치가 바뀔 수 있다. 이러한 경우에 화이트 스페이스를 이용하려면 한 번의 설정으로는 부족하고, 계속해서 새로운 화이트 스페이스 정보를 얻어야 한다.

화이트 스페이스 정보를 계속해서 얻는 방법은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 스펙트럼 센싱을 이용한 방법과 화이트 스페이스 데이터베이스를 이용하는 방법이 그것이다. 이 두 가지 방법은 각각의 장단점을 가지고 있다. 화이트 스페이스를 이용하는 시스템의 특성에 따라 두 가지 방법 중 하나를 선택하여 사용할 수 있다. 또는 두 가지 방법이 갖는 장단점을 서로 보완하기 위하여 두 가지 방법을 함께 사용할 수도 있다.

스펙트럼 센싱을 이용한 방법은 화이트 스페이스를 이용하고자 하는 장치가 스스로 무선 채널 환경을 검사하여 무선 채널이 비어 있는 지를 판단한 후 신호를 송신하는 방법을 말한다[1]~[5]. 스펙트럼 센싱을 이용할 경우에는 외부 시스템의 도움 없이 스스로 화이트 스페이스 정보를 실시간으로 얻을 수 있다. 반면에 스펙트럼 센싱은 면허 사용자의 요구사항에 따라 구현이 복잡해 질 수 있다. 이 경우에는 장치의 가격과 소모 전력이 오를 수 있다. 각 송신 장치에 센싱 알고리즘 구현이 필요할 경우에는 이는 큰 단점이다.

화이트 스페이스 데이터베이스를 이용하는 방법은 무선 스펙트럼 관리 기관에서 제공하는 화이트 스페이스 정보를 데이터베이스에 저장하여 이를 각 장치에 제공하는 방법을 말한다[6][7]. 화이트 스페이스를 이용하는 장치들은 데이터베이스에 접속하여 장치의 위치에 해당하는 정보만을 가져와서 해당 스펙트럼을 활용하게 된다. 이 방법은 장치에 복잡한 알고리즘을 구현할 필요가 없다. 하지만 데이터베이스에 저장되어 있는 정보가 실시간 정보가 아니고 어느 정도 예측된 정보이기 때문에 정확성이 떨어질 수 있다. 그리고 데이터베이스에서 정보를 얻기

전에는 화이트 스페이스를 사용할 수 없기 때문에 초기에 데이터베이스에 접속하기 위한 별도의 방법이 필요하다.

이와 같이 화이트 스페이스 데이터베이스를 이용하는 방법은 최신의 정보를 얻어올 수 없어서 스펙트럼 사용 효율면에서는 센싱 방식에 비하여 떨어지는 단점이 있지만 장치를 단순하게 만들 수 있다는 장점이 있다. 또 면허 사용자에 대한 보호는 화이트 스페이스를 이용하기 위해서 최우선으로 해결 되어야 할 문제인데 스펙트럼 정보를 보수적으로 도출하여 사용할 경우 데이터베이스를 이용하는 방식이 면허 사용자를 더 잘 보호할 수 있다. 스펙트럼 정보를 중앙에서 관리할 수 있다는 점도 데이터베이스 방식이 갖는 장점이다. 현재는 이러한 장점이 단점보다는 더 크게 부각되어 센싱 방식 보다는 데이터베이스를 이용하는 방식이 더 관심을 받고 있다.

데이터베이스를 이용할 경우에는 모든 장치가 하나의 프로토콜을 이용하는 것이 효율적이다. 물론 화이트 스페이스 데이터베이스에 접속하기 위해서 각 통신 시스템 별로 접속 프로토콜을 새로 설계할 수도 있다. 하지만 이런 경우에는 시스템 특성에 맞게 프로토콜을 구현해야 하기 때문에 데이터베이스의 구현이 복잡해진다. 또한 새로운 시스템이 만들어지면 이에 따라 데이터베이스를 수정해야 하기 때문에 데이터베이스 운영 측면에서도 번거로운 일이다. 또 통신 시스템을 구현하는 입장에서도 별도의 데이터 접속 프로토콜을 설계하고 검증하는 일은 가능한 줄이는 것이 좋다.

공통의 데이터베이스 접속 프로토콜에 대한 요구를 해결하기 위하여 IETF(Internet Engineering Task Force) 표준화 기구에서는 이에 대한 국제 표준화 작업을 진행하여 2015년 5월 표준을 완성하였다. 본고에서는 데이터베이스 접속 프로토콜이 표준화 되기까지의 과정을 살펴보고 프로토콜 요구사항 및 프로토콜 표준 내용에 대해 기술한다. 프로토콜 표준 내용과 관련하여 데이터베이스 접속 프로토콜을 통해서 어떠한 기능을 지원할 수 있는 지 간단하게 정리한다. 그리고 이러한 기능 중 가장 중요한 기능인 스펙트럼 정보 요청 기능을 제공하는 데에 필요한 메시지와 이를 이루고 있는 파라미터에 대해 살펴본다.

II. PAWS프로토콜 표준화 개요

화이트 스페이스 데이터베이스 접속 프로토콜 표준화는 IETF라는 국제 표준화 기구에서 진행하였다. IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)와 3GPP(3rd Generation Partnership Project)가 Wi-Fi나 LTE 시스템을 위하여 주로 물리 계층이나 데이터 링크 계층과 같은 하위 계층

의 접속 기술 표준화를 많이 한 반면, IETF는 HTTP(Hypertext Transfer Protocol)와 같이 주로 상위 계층의 프로토콜을 표준화한다. IETF에서는 표준화 주제에 따라 다양한 WG(Working Group)을 운영하여 각 주제에 맞는 표준화 작업을 수행하고 있다. 표준 작업의 수행 결과물은 RFC(Request for Comments) 형태로 완성하는데, IETF는 표준화 결과물인 RFC 문서를 인터넷 상에 공개하고 있다.

화이트 스페이스 데이터베이스 접속 프로토콜은 IETF 내의 PAWS(Protocol to Access WS database) WG에서 표준화 작업을 수행하였고 그 결과물로서 RFC7545 문서를 발표하였다[9].

IETF에서 데이터베이스 접속 프로토콜 표준화에 대한 논의가 처음 시작된 것은 2011년 초반이었다. 논의 초반에는 정식 WG이 생성이 되지 않아서 관심이 있는 사람들끼리 전자 메일을 통하여 데이터베이스 접속 프로토콜 표준화에 대해 논의하기 시작하였다. 이 논의를 바탕으로 2011년 6월에 IETF에 PAWS WG가 만들어졌으며 정식으로 표준화 활동을 시작하였다. WG이 생성될 당시에는 2013년까지 프로토콜을 완성하는 것을 목표로 하였다.

하지만 프로토콜 표준화는 당초 계획보다 많은 시간이 소요되어 당초 계획대로 프로토콜 표준화를 완성하지 못했다. 대신 2013년 5월에는 프로토콜의 유스케이스와 요구 사항에 대한 문서를 완성하여 발표하였다[8]. 표준 완성은 원래 계획보다 약 두 배의 기간이 걸려서, 2015년 5월에 프로토콜 표준 문서를 완성하였다. 이처럼 표준화가 지연된 것은 프로토콜 기능 및 파라미터와 관련하여 고려해야 할 사항이 많아졌다는 내부 요인과 화이트 스페이스 관련 시장의 성장이 생각보다 더디게 진행되었다는 외부 요인이 복합으로 작용하였기 때문이다.

〈그림 1〉은 데이터베이스 접속 프로토콜 표준화 과정을 시간순으로 보이고 있다.



그림 1. PAWS 프로토콜 표준화 개요

III. 유스케이스 및 요구 사항

프로토콜을 설계하기 위해서는 설계하고자 하는 프로토콜의 목적을 명확하게 파악하고 있어야 한다. PAWS WG에서는 이를 위하여 별도의 문서를 발표하였다. 이 문서는 데이터베이스 접속 프로토콜과 같이 표준으로써의 기능을 하기 위해서 작성한 문서는 아니고, 데이터베이스 접속 프로토콜 이해를 돕기 위한 추가적인 정보를 제공하는 문서이다. 이 문서에는 해결할 문제, 유스케이스(Use Case) 및 요구 사항을 담고 있다[8].

PAWS 프로토콜의 설계할 때 고려해야 할 사항을 크게 다섯 가지로 나누어 기술하고 있다. 이중에서 프로토콜을 설계할 때 가장 중점을 두었던 부분은 모든 나라에서 적용 가능한 프로토콜을 만드는 것이다. 이를 위해서 Wi-Fi나 LTE 등의 다양한 통신 방식과 TV 방송 대역, 무선 통신 대역 등의 스펙트럼 대역에 구애 받지 않는 프로토콜 표준을 만드는 것을 중요한 목적으로 삼았다[8]. PAWS WG 활동 초기에는 주로 TV 화이트 스페이스가 각광을 받고 있었으며, IEEE 802.11af, IEEE 802.22와 같은 표준화가 관심을 모으던 시기였다. PAWS에서는 이러한 것들에 한정된 프로토콜을 개발하고자 한 것이 아니라, 모든 통신 방식 및 모든 스펙트럼에 적용 가능한 프로토콜을 만들고자 하였다.

범용성 외에도 장치가 데이터베이스에 접속하려면 데이터베이스 접속 주소를 알아야 하는데 이에 대한 해결책도 이 프로토콜을 통하여 제시하고자 하였다[8]. 또 각 나라의 기술 기준에 따라 장치 등록이 반드시 필요할 수도 있는데 이를 위해 장치 등록 기능을 지원하고자 하였다[8]. 데이터베이스에서 정보를 요청하기 위한 프로토콜 및 데이터 모델에 관련한 사항도 PAWS 표준에서 다루고자 하였다[8].

유스케이스에서는 장치가 화이트 스페이스 스펙트럼을 사용할 때 데이터베이스에 접속하여 스펙트럼 정보를 가져오는 과정을 몇 가지 예를 들어 설명하고 있다. 화이트 스페이스 스펙트럼을 이용하는 다양한 시나리오를 설정해 놓고, 각 시나리오에서 장치들이 데이터베이스에서 정보를 이용하여 통신하는 과정을 동작 순서대로 설명을 하고 있다.

<그림 2>는 문서에 정의된 여러 가지 유스케이스 중 마스터-슬레이브 유스케이스를 표현한 것이다[8]. 여기서 마스터 장치는 슬레이브 장치를 제어할 수 있고 데이터베이스에 직접 접속이 가능한 장치를 의미한다. 마스터 장치 근처의 슬레이브 장치들은 정해진 무선 통신 방식을 이용하여 마스터 장치에 접속한다. 슬레이브 장치가 마스터 장치에 처음 접속할 때는 화이트 스페이스에 대한 정보를 모르고 있는 상태다. 따라서 마스터 장치는 화이트 스페이스를 이용하지 않고 다른 방법으로 자신의

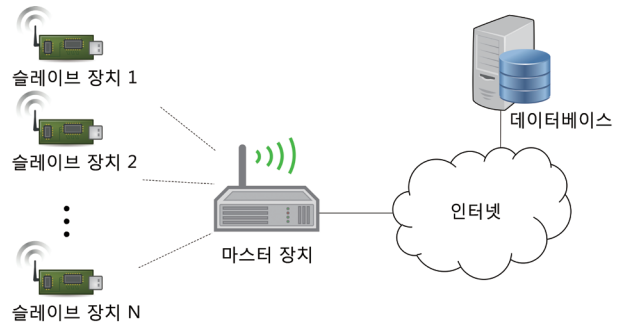


그림 2. 마스터-슬레이브 유스케이스[8]

위치 정보와 전송 전력 정보 등을 데이터베이스에 전송하고 데이터베이스로부터 화이트 스페이스 정보를 얻는다. 이렇게 화이트 스페이스 정보 얻은 후에 마스터 및 슬레이브 장치는 화이트 스페이스 스펙트럼을 이용하여 통신을 시작할 수 있다.

프로토콜 설계 할 때 고려 사항과 유스케이스를 결정한 후 이를 바탕으로 데이터베이스 접속 프로토콜의 요구사항을 정리하였다. 이 요구 사항은 크게 데이터 모델에 관한 것, 프로토콜에 관한 것 그리고 운영에 관한 것으로 나누어 기술하고 있다.

데이터 모델에 관한 요구 사항은 반드시 표현 가능해야 하는 정보에 대한 내용을 말한다. 같은 정보라 하더라도 그 정보를 표현하는 방법은 다양하다. 표준 회의 논의 결과에 따라서 데이터 표현 방식을 새롭게 설계할 수도 있고, 기존의 방식을 이용하여 설계 할 수 있다. 이 요구 사항에서는 데이터 표현 방식이 어떻게 결정되던지 간에 반드시 표현 가능해야 하는 필수 정보에 대한 사항이 담겨 있다. 예를 들어, 이러한 정보에는 장치 위치 정보나 전송 전력 정보 같은 것들이 있다[8].

프로토콜 관련 요구 사항은 주로 프로토콜에서 지원해야 하는 기능에 대해서 기술하고 있다. 이러한 기능에는 보안 기능, 장치 인증 기능, 장치 등록 기능 및 스펙트럼 사용 정보 전달 기능 등이 있다. 다른 기능들도 중요하지만 특히 보안 관련 기능은 데이터베이스에서 스펙트럼 정보를 얻기 위해서 각 장치가 위치 정보등의 개인 정보를 제공해야 하기 때문에 반드시 필요한 기능이다.

운영에 관한 사항은 표준 프로토콜에 반영할 사항은 아니지만 장치나 데이터베이스가 기본적으로 가지고 있어야 할 기능을 말한다. 이에 따르면 각 장치는 데이터베이스에 접속할 수 있으며 위치 정보를 알 수 있어야 하고 룰셋(Rule Set)을 이해해야 한다[8]. 여기서 룰셋이라는 것은 각 나라 마다 정해진 화이트 스페이스 관련 기술 기준에 따른 규칙의 집합이다. 데이터베이스 접속 프로토콜을 전세계 모든 나라에서 사용 가능하도록 하기 위해서는 각 나라 마다 서로 다른 기술 기준에 대한 차이점

을 프로토콜에 반영해야 하는데, 이때 룰셋을 이용한다. 따라서 각 장치는 기본적으로 이 룰셋을 이해할 수 있어야 한다.

IV. PAWS 프로토콜

PAWS WG에서 화이트 스페이스 데이터베이스 접속 프로토콜 논의를 시작할 때 한 참여자는 이러한 질문을 하였다. 굳이 새로운 프로토콜을 만들지 말고 그냥 기존에 잘 사용하고 있는 HTTP를 쓰면 되는 것이 아니냐는 질문이다. HTTP 프로토콜은 인터넷에서 광범위하게 사용되는 가장 성공한 프로토콜 중 하나로서 안정성이 이미 검증된 프로토콜이니 안정성이 떨어질 수도 있는 새로운 프로토콜을 만들지 말고 그냥 HTTP를 그대로 사용하자는 의미에서 던진 질문일 것이다.

표준화가 완료된 현재 시점에서 이 참여자의 말은 반은 맞고 반은 틀린 말이다. 이 참여자의 의도대로 되었다면 프로토콜 표준은 훨씬 빨리 완성 되었을 것이다. 이 참여자의 질문은 아마도 화이트 스페이스 접속 프로토콜이라는 WG 명칭을 잘못 이해한 것으로부터 비롯된 것 같다. WG 명칭에 접속 프로토콜이라는 말이 있으니 HTTP와는 다른 새로운 프로토콜을 개발할 것이라고 예상한 것이다. 하지만 PAWS WG에서는 HTTP와 같은 역할을 하는 프로토콜을 새롭게 개발하지는 않았다. 오히려 그 참여자의 말대로 HTTP를 그대로 이용하였다.

그렇다면 PAWS WG의 표준화에서는 어떠한 내용을 논의하였는지 살펴보자. PAWS 표준 회의에서의 논의 내용은 크게 정보를 전달하는 방법, 정보의 종류 그리고 정보를 표현하는 방법으로 나눌 수 있다. 여기서 정보를 전달하는 방법은 이미 널리 사용하고 있는 HTTP를 이용하기로 쉽게 합의하였고, 이에 대한 논의는 길지 않았다. 논의의 주된 내용은 전달할 정보의 종류와 그 정보를 표현하는 방법에 관한 것이었다. PAWS WG에서는 정보의 종류를 결정하기 위해서 프로토콜에서 제공해야 할 기능들을 먼저 정의하였다. 그 다음 해당 기능을 위해 필요한 정보의 종류를 결정하였다. 정보를 표현하는 방법 역시 완전히 새로운 표현법을 개발한 것은 아니고, JSON-RPC(JavaScript Object Notation - Remote Procedure Call)를 기반으로 하고 있다.

이러한 논의의 결과물인 PAWS 표준에는 프로토콜 기능, 프로토콜 파라미터, 메시지 인코딩 및 HTTPS(Hypertext Transfer Protocol over Secure Socket Layer) 바인딩과 관련된 내용을 담고 있다[9]. 여기서 프로토콜 기능 및 프로토콜 파라미터가 정보의 종류에 관한 것이고 메시지 인코딩은 정보를 표현하는 방법에 관한 것이다. 정보를 전달하는 방법에 관한 것은

HTTPS 바인딩 부분에 기술되어 있는데, PAWS가 HTTP를 이용하여 데이터를 전송할 때 지켜야 할 사항에 대해서 기술하고 있다. 보안에 관한 사항도 이미 HTTP에서 적용하고 있는 해결 방안인 HTTPS를 그대로 이용하였다.

앞서 언급한 바와 같이 PAWS에서 논의의 중심은 메시지에 포함할 정보에 관한 사항이다. 이를 정하기 위하여 PAWS 프로토콜에서 지원해야 하는 기능을 총 여섯 가지로 나누고 각각이 필요한 메시지 정보를 논의하였다.

이 기능들은 데이터베이스 발견, PAWS 버전, 초기화, 장치 등록, 장치 인증 및 사용 가능한 스펙트럼 요청이다[9]. 여기서 데이터베이스 발견 기능은 장치가 동작 초기에 데이터베이스 주소를 어떠한 방식으로 얻을 것인가와 관련된 것이다. PAWS 버전 기능은 앞으로 PAWS 프로토콜이 지속적으로 발전할 것을 염두해 두고 버전 번호를 만드는 방법에 대한 것이다. 초기화 기능은 장치에 대한 정보를 데이터베이스에 전달하는 방법을 말한다. 장치 등록 기능은 장치 사용자 정보등을 데이터베이스에 등록하는 것을 지원하기 위한 기능이다. 장치 인증 기능은 마스터 장치가 슬레이브 장치를 대신하여 화이트 스페이스 스펙트럼 정보를 가져올 때 필요한 기능이다. 이 기능은 슬레이브 장치가 화이트 스페이스 스펙트럼을 사용하기 전에 이 슬레이브 장치가 적합한 장치인지 데이터베이스로부터 인증을 받기 위한 기능이다[9].

사용 가능한 스펙트럼 요청 기능은 PAWS 프로토콜에서 가장 중요한 기능이다. 어떻게 보면 다른 기능들은 이 기능을 위한 부차적인 기능이다. 실제로 표준화 과정에서도 이 기능에 관하여 많은 시간 동안 논의하였다. 따라서 이 기능에 관한 사항에 대해 자세하게 알아보자.

〈그림 3〉은 장치와 데이터베이스 간에 사용 가능한 화이트 스페이스 정보를 주고 받는 과정을 도시한 것이다. 앞서 설명한 바와 같이 PAWS는 전송 프로토콜로서 HTTP를 그대로 이용하기 때문에, 기본적으로 장치와 데이터베이스는 요청 및 응답을 통하여 정보를 주고 받는다. 여기서 장치는 요청 메시지를 보내

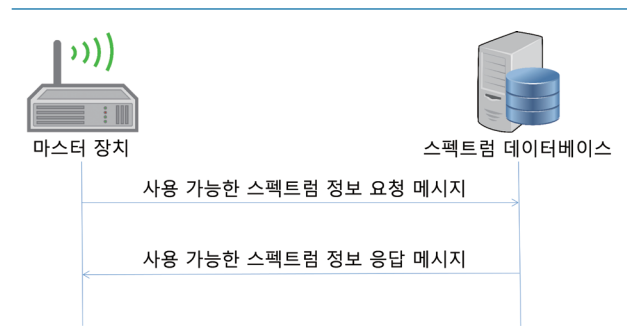


그림 3. 장치와 데이터베이스간 메시지 전송[9]

며, 데이터베이스는 이에 대한 응답 메시지를 보낸다. 기능에 따라 이 요청 메시지의 내용이 달라지며, 따라서 응답 메시지도 달라지게 된다.

사용 가능한 스펙트럼 정보를 얻기 위한 요청 메시지는 (표1)의 내용을 포함하고 있다[9]. 장치 정보에는 장치 제품 번호, 제조사명, 모델명 및 롤셋ID를 포함하여 전송할 수 있다.

장치 위치 정보는 장치가 화이트 스페이스를 활용할 위치에 대한 정보를 의미한다. 위치 정보는 현재의 위치뿐 아니라 앞으로 장치를 사용하게 될 위치에 대한 정보도 포함할 수 있다.

사용자 정보는 장치를 등록하기 위해 필요한 정보로써 이 정보를 이 메시지에 포함하여 전송할 경우 하나의 메시지로 등록 및 사용 가능한 스펙트럼 요청 기능을 동시에 수행할 수도 있다. 이 정보를 이용하면 만에 하나 화이트 스페이스 스펙트럼을 이용하는 장치의 고장으로 오동작하여 면허 사용자에게 피해를 줄 경우에 사용자에게 연락을 취하여 문제 발생을 알려줄 수 있다.

안테나 정보는 장치의 안테나 특성을 나타내는 정보로써 이 정보를 이용하면 장치의 전파의 도달 지역을 보다 정확하게 예측할 수 있다. 이는 곧 보다 정교하게 화이트 스페이스 지역을 결정하여 스펙트럼 사용 효율을 높일 수 있다는 것을 의미한다.

장치 능력 정보는 장치가 동작할 수 있는 스펙트럼에 대한 정보를 담고 있다. 이 정보를 이용하면 데이터베이스는 화이트 스페이스에 대한 정보를 제공할 때 장치가 동작할 수 있는 스펙트럼에 대한 정보만을 담아서 장치에 전달 할 수 있다. 따라서 불필요한 메시지의 양을 줄여서 전반적으로 통신의 효율을 향상시킬 수 있다.

마스터 장치 정보와 위치 정보는 사용 가능한 스펙트럼 요청이 슬레이브 장치에 의하여 마스터 장치에 요청되었을 경우에 필요한 정보이다. 슬레이브 장치가 스펙트럼 정보를 요청할 경우에는 장치 정보와 장치 위치 정보에 슬레이브 장치 관련 정보가 들어가게 되어, 마스터 장치 정보를 위한 파라미터가 별도로 필요하게 된다.

요청 형태 항목은 스펙트럼을 사용할 슬레이브 장치가 특정 장치인지 아니면 다른 슬레이브 장치도 사용할 것인지를 나타내기 위한 것이다. 슬레이브 장치가 많을 경우 일일이 모든 슬레이브 장치를 위한 스펙트럼 정보를 받는 것은 비효율적일 경우가 있다. 이 파라미터를 이용하면 대표 슬레이브 장치를 가정하여 다른 슬레이브 장치를 위한 스펙트럼 정보를 한번에 받아올 수 있다.

기타 항목은 PAWS 표준 문서에는 정의되어 있지 않지만, 각 나라의 기술 기준에 따라 필요한 항목을 추가할 수 있도록 하기 위한 것이다. 이를 통하여 PAWS 프로토콜을 확장할 수 있다.

데이터베이스는 사용 가능한 스펙트럼 요청 메시지를 장치로

표 1. 사용 가능한 스펙트럼 정보 요청 메시지[9]

파라미터	필수 항목 여부
장치 정보	요청하는 장치 종류에 따라 다름
장치 위치 정보	요청하는 장치 종류에 따라 다름
사용자 정보	선택 항목
안테나 정보	선택 항목
장치 능력 정보	선택 항목
마스터 장치 정보	선택 항목
마스터 장치 위치	정보요청하는 장치 종류에 따라 다름
요청 형태	선택 항목
기타	선택 항목

부터 받으면 이에 대한 응답으로 사용 가능한 스펙트럼 정보를 장치에 보낸다. 이 때, <표 2>에서 보이는 바와 같이, 시간 정보, 장치 정보, 사용 가능한 스펙트럼 정보를 반드시 포함하여 보낸다[9].

시간 정보는 세계 각국에서 사용 가능하도록 세계 협정시를 기준으로 하는 데이터베이스의 시간 정보이다. 장치의 상태에 따라 장치의 시간정보가 어긋나 있을 경우가 있는데, 이러한 경우에는 정상적인 스펙트럼 정보를 가지고 있다고 하더라도 사용 가능 시간에 스펙트럼을 사용하지 않고 사용 해서는 안 되는 시간에 스펙트럼을 사용할 수도 있다. 이 정보를 이용하면 각 장치는 자신의 시간을 보정하여 이러한 오류를 방지할 수 있다.

장치 정보는 이 응답 메시지가 어떤 장치를 위한 것인지를 특정하기 위하여 보내는 정보로써 스펙트럼 정보를 요청하였던 장치 정보를 담고 있다.

사용 가능한 스펙트럼 정보에는 스펙트럼 정보를 요청한 장치가 사용 가능한 화이트 스페이스 스펙트럼 정보를 담고 있다. 이 정보가 말로 PAWS 표준에서 가장 중요한 정보이며, PAWS 는 이 정보를 정확하게 제공하고 제공받기 위한 프로토콜이라

표 2. 사용 가능한 스펙트럼 정보 응답 메시지[9]

파라미터	필수 항목 여부
시간 정보	필수 항목
장치 정보	필수 항목
사용 가능한 스펙트럼 정보	필수 항목
데이터베이스 변경 정보	선택 항목
기타	선택 항목

고 말해도 과언이 아니다.

이 외에도 데이터베이스 변경 정보를 보낼 수 있다. 이 정보는 만에 하나 고장이나 데이터베이스 점검 등을 이유로 데이터베이스의 주소를 변경해야 할 경우 필요하다. 이 파라미터에는 장치가 다음에 접속해야 할 데이터베이스의 주소 정보를 담는다. 여러 개의 데이터베이스 서버를 운영할 경우, 이를 통하여 보다 안정적으로 화이트 스페이스 스펙트럼 정보를 제공할 수 있다.

이처럼 프로토콜 기능을 수행하기 위한 각각의 메시지들은 다양한 파라미터로 이루어져 있다. 사용 가능한 스펙트럼 요청 메시지를 이루고 있는 파라미터 중에서 가장 중요한 파라미터를 꼽으라 면 위치 정보를 담고 있는 파라미터를 들 수 있다. 장치의 위치에 따라 사용 가능한 스펙트럼 정보도 완전히 달라지기 때문이다. PAWS에서의 위치 정보는 <그림 4>에서 보이는 것과 같이 한 지점 또는 하나의 영역으로 표현할 수 있다.

특이한 점은 한 지점에 대한 표현이 단순히 위도와 경도의 위치만으로 표현하지 않고 특정 위도와 경도를 중심으로 하는 타원의 형태로 표현할 수 있도록 했다는 점이다[9]. 이처럼 하나의 점이 아니라 타원 형태의 면으로 표현할 수 있도록 한 것은 위치 정보의 불확실성 때문이다. 만약 위치 정보가 완벽하게 정확하다면 하나의 점으로 표현을 해도 충분할 것이다. 하지만 GPS와 같은 장치가 아무리 정확도가 높다고 하더라도 어느 정도의 오차는 가질 수 밖에 없다. 이를 반영하기 위하여 한 지점을 표현 하되 타원 형태의 면으로 표현하도록 하였다. 즉 이 정보는 오차 범위 안에 있는 영역을 표시한다.

위치 정보는 한 지점이 아니라 예시 당초 임의의 영역으로 표현할 수도 있다[9]. 여기서 영역 정보는 여러 개의 지점 정보를 이용해서 보내게 되는데 이러한 지점을 선으로 이으면 이 파라미터를 통하여 표현하고자 하는 영역이 된다. 이처럼 자유로운 다각형 모양을 이용하여 위치 정보를 표현할 수 있도록 한 이유는 장치가 현재의 위치에 대한 스펙트럼 정보뿐만 아니라 앞으로 움직일 위치에서의 정보도 한 번에 받길 원할 수도 있기 때문이다. 이동 장치가 너무 자주 데이터베이스에 접속해야 한다

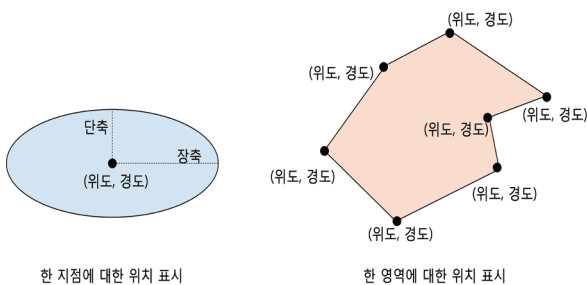


그림 4. 위치정보 표시 방법

표 3. 사용 가능한 스펙트럼 정보

파라미터	필수 항목 여부
롤셋 정보	필수 항목
스펙트럼 스케줄 정보	필수 항목
시간 범위 정보	선택 항목
주파수 범위 정보	선택 항목
스펙트럼 레포트 여부	선택 항목
최대 대역 정보	선택 항목
최대 연속 대역 정보	선택 항목

면 이는 불필요한 제어 신호의 양을 증가 시켜서 결국 전체적인 시스템 성능을 떨어뜨릴 수도 있다. 이 파라미터를 이용하면 장치가 이동할 때 마다 반복적으로 데이터베이스에 접속하는 것을 막을 수 있다.

응답 메시지에 담겨져 있는 파라미터 중 가장 중요한 파라미터는 바로 사용 가능한 스펙트럼 정보를 나타내는 파라미터이다. 이 파라미터는 다시 <표 3>에 보이는 바와 같이 롤셋 정보, 스펙트럼 스케줄 정보, 시간 범위 정보, 주파수 범위 정보, 스펙트럼 레포트를 해야하는 지에 대한 정보 그리고 마지막으로 최대 대역 정보와 최대 연속 대역 정보로 구성된다.

물론 롤셋 정보는 초기화 단계에서 이미 주고 받을 수도 있지만 유럽과 같이 이동 중에 국가가 바뀌거나 할 경우에는 이 파라미터를 이용하여 롤셋에 대한 정보를 제공할 수 있다. 초기화 때 주고 받은 롤셋의 정보와 스펙트럼 정보에 담겨있는 롤셋의 정보가 다를 경우에는 후자의 정보를 따르도록 되어 있다[9].

스펙트럼 스케줄에는 사용 가능한 화이트 스페이스의 스펙트럼 정보를 담고 있다[9]. 스펙트럼 스케줄은 다시 시간 정보와 스펙트럼 정보로 구성된다. 시간 정보는 해당 스펙트럼은 사용할 수 있는 시작 시간과 끝 시간 정보를 담고 있어서, 장치가 스펙트럼을 언제 사용할 수 있는 지 알 수 있게 해준다. 스펙트럼 정보에는 무선 스펙트럼의 시작 주파수와 끝 주파수 정보를 포함하고 있어서 어느 대역에서 스펙트럼이 사용가능한 지를 알 수 있게 해준다.

이 외에도 선택 항목으로써 <그림 5>와 같이 시간 범위와 주파수 범위 정보를 전달할 수 있는데, 여기서 말하는 시간과 주파수 범위는 현재 데이터베이스가 사용 가능한 스펙트럼 정보를 얻을 때 탐색하였던 시간과 주파수 범위를 의미한다[9]. 만약 특정 시간과 스펙트럼 정보가 이 메시지에는 없더라도 이 범위 밖에 있을 경우에는 사용해서는 안 되는 곳이 아니라 사용 가능 여부를 아직 모르는 곳이 된다.

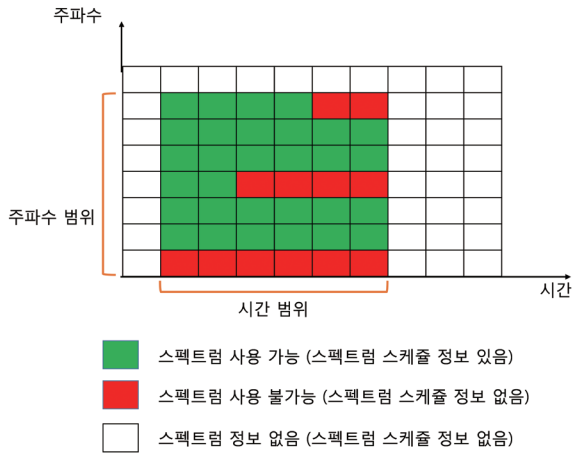


그림 5. 시간 범위와 주파수 범위 예시

화이트 스페이스 장치는 제공된 스펙트럼 정보 중에서 적당한 스펙트럼을 선택하여 통신을 시작한다. 기술 기준에 따라서 각 장치는 실제로 사용할 스펙트럼 정보를 데이터베이스에 보고할 수도 있다. 데이터베이스는 각 장치가 이러한 정보를 데이터베이스에 보고해야 하는 지 여부에 대한 정보도 함께 메시지에 전송한다. 이러한 정보를 바탕으로 데이터베이스는 사용자가 많은 스펙트럼 대신 사용자가 비교적 적은 스펙트럼 정보를 제공할 수 있다. 또 각 장치가 사용할 수 있는 최대 대역폭도 정해서 보내어, 하나의 장치가 너무 많은 스펙트럼을 사용하는 것을 방지할 수도 있다. 이 같은 부가적인 기능들은 효율적으로 스펙트럼을 관리 하는 데에 많은 도움이 된다.

〈표 1〉, 〈표 2〉 및 〈표 3〉에서 볼 수 있는 것 처럼 메시지가 담고 있는 많은 항목들이 선택 항목으로 지정되어 있다. PAWS 표준 전체적으로 봐도 필수 항목보다는 선택 항목으로 지정되어 있는 것이 더 많다. 무선랜이나 LTE와 같은 무선 통신 관련 규격들이 대부분 필수 항목 위주로 기술된 것과는 사뭇 다른 점이다. 무선 통신 시스템의 표준화의 경우에는 많은 논의를 거쳐서 최적화된 하나의 해결책을 찾는 데 목적을 두고 있다. 하지만 PAWS 표준은 최적화된 하나의 해결책을 제공하고자 하는 것을 목적으로 하지 않고, PAWS 표준을 이용하여 각 나라 기술 기준의 다양성을 반영할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 이것은 마치 장난감 레고의 블록 자체는 규격화 되어 있지만 레고 블록으로 어떠한 모양을 만들지는 정해져 있지 않은 것과 같다. PAWS 표준은 레고 블록에 대한 규격화와 유사한 개념으로 이해하는 것이 좋다. 각 나라의 기술 기준이 어떠한지 PAWS 프로토콜을 이용해서 각 나라의 기술 기준에 맞게 데이터베이스 접속 프로토콜을 만들 수 있다. 실제로 PAWS 표준 문서에는 미국의 FCC(Federal Communications Commis-

sion)와 유럽의 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)의 기술 기준에 맞게 PAWS 프로토콜을 적용시켰을 때 기본 프로토콜을 어떻게 변경했는지에 대한 내용을 담고 있다. 이를 보면 FCC와 ETSI가 각각의 기술 기준에 맞게 PAWS 프로토콜을 어떻게 적용하였는지를 알 수 있다.

V. 결론

IEEE 802.22, IEEE 802.11.af 및 IEEE 802.15.4m 등 화이트 스페이스 관련 통신 표준이 있지만 아직까지 화이트 스페이스가 널리 쓰이지는 않고 있다. 화이트 스페이스가 이슈가 되기 시작한 초반에는 화이트 스페이스를 이용하기 위하여 스펙트럼 센싱을 구현하는 것이 부담이 되었다. 이에 대한 대안으로써 데이터베이스를 접속하여 스펙트럼 센싱에 대한 부담을 줄이고자 하는 노력을 해 왔으며, 미국에서는 몇몇 회사가 화이트 스페이스 데이터베이스를 구현하고 관련 정보를 제공하고 있다.

데이터베이스 서비스를 제공하기 시작한 초기에는 표준 프로토콜이 정의되지 않았다. 이 당시에는 각각의 회사가 자체의 프로토콜에 따라서 화이트 스페이스 데이터베이스 서비스를 시작하였다. 여러 회사가 각각의 프로토콜을 이용하는 것은 장비 제조나 데이터베이스 운영 측면에서도 비효율적이기 때문에 데이터베이스 접속 프로토콜에 대한 표준화 작업이 IETF PAWS WG에서 시작되었다. 표준화는 2011년에 시작하였으나 표준화 작업이 당초 예상보다 지연되어 2015년에 들어서야 완성이 되었다.

완성된 PAWS 프로토콜은 나라마다 다른 기술 기준 특성을 모두 반영할 수 있도록 최소한의 항목만을 필수 항목으로 지정하였으며 대부분의 항목을 선택 항목으로 지정하였다. 또한 기술 기준을 적용할 때 필요한 항목이 PAWS 프로토콜에 정의되지 않았을 경우 필요한 항목을 추가할 수 있는 확장성을 제공하고 있다.

이처럼 세계 어느 나라에서나 적용 가능한 PAWS 프로토콜은 단순한 표준에 머무르는 것이 아니라 실제로 구현되고 사용될 것이다. 기존에 화이트스페이스 데이터베이스 서비스를 제공하는 회사들은 각 회사의 데이터베이스에 PAWS 프로토콜을 적용할 것이다. 이미 구글은 자신의 화이트 스페이스 데이터베이스 서비스에 PAWS 프로토콜을 적용하였다[10]. 마찬가지로 다른 회사에서도 PAWS 프로토콜을 따르는 데이터베이스 서비스를 제공하고 있거나 조만간 제공할 것으로 보인다.

화이트 스페이스가 아직 널리 이용되고 있지 않지만 이를 방해하던 문제들에 대한 해결책이 하나씩 늘어가고 있다. PAWS

프로토콜 표준도 이러한 문제 해결책 중 한 가지이다. 약 4년에 걸친 표준화가 이제 막 마무리 되었다. 약간은 더디었던 화이트 스페이스의 활용 증가가 데이터베이스 접속 프로토콜의 표준화를 기점으로 더욱 속도를 낼 수 있을 지 지켜볼 일이다.

Acknowledgement

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (B0101-15-222, 모바일 빅뱅 시대의 주파수 효율 개선 핵심 기술 개발)

참고 문헌

- [1] 임선민, 정화윤, 김상원, 정병장, “TV White Space에서 CR 시스템을 위한 새로운 ATSC 신호 검출 및 데이터 통합 알고리즘”, 한국통신학회논문지, Vol.36, No.8, pp.723-729, 2011.
- [2] 신오순, 신요안, “무선인지 시스템에서 협력 스펙 트럼 센싱 성능 향상을 위한 경관정 결합 방식,” 한국통신학회 논문지, Vol.34, No.2, pp.132-138, 2009.
- [3] Jun Ma, Ye Li, “Soft combination and detection for cooperative spectrum sensing in cognitive radio networks”, IEEE Global Telecommunications Conference, pp.3139-3143, 2007.
- [4] H. Kim, K. G. Shin, “Optimal online sensing sequence in multichannel cognitive radio networks”, IEEE Trans. Mobile Comput., vol. 12, no. 7, pp.1349-1362, 2013.
- [5] G. Scutari, J.-S. Pang, “Joint sensing and power allocation in nonconvex cognitive radio games: Nash equilibria and distributed algorithms”, IEEE Trans. Inf. Theory, vol. 59, no. 7, pp.4626-4661, 2013.
- [6] Ishizu, K., Murakami, H., Harada, H., “TV white space database for coexistence of primary-secondary and secondary-secondary systems in mesh networking”, Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC), pp. 118 - 122, 2012.
- [7] Petrini, V., Karimi, H.R., “TV white space databases: Algorithms for the calculation of maximum permit-

ted radiated power levels”, Dynamic Spectrum Access Networks (DYSPAN), pp.552-560, 2012.

- [8] A. Mancuso, S. Probasco, B. Patil, “Protocol to Access White-Space (PAWS) Databases: Use Cases and Requirements”, IETF RFC 6953, 2013
- [9] V. Chen, S. Das, L. Zhu, J. Malyar, P. McCann, “Protocol to Access White-Space (PAWS) Databases”, IETF RFC 7545, 2015.
- [10] Google Spectrum Database API, <https://developers.google.com/spectrum/>

약 력



유 성 진

2001년 KAIST 전기전자 공학과 학사
2003년 서울대 전기컴퓨터공학과 석사
2003년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원
관심분야: 무선 통신, 스펙트럼 공유



박 승 균

1991년 고려대 응용통계 학과 학사
1993년 고려대 응용통계 학과 석사
2006년 충북대 정보통신 학과 박사
1993년~현재 한국전자통신연구원
주파수공동사용연구실 실장
관심분야: 스펙트럼 관리 및 공유, 디지털통신, EMC