

스펙트럼 관리 기술의 정책적 방향과 전망

신 용 섭

정보통신부

I. 서 론

스펙트럼을 이용한 통신은 국민생활 전 영역으로 확대되고 있으며 스펙트럼을 이용한 전자 산업은 고도의 기술 개발을 선도하는 국가 경제의 핵심 산업으로 부상하고 있다. 스펙트럼 자원에 대한 수요가 민간 및 공공 전 분야에 걸쳐 확산됨에 따라 스펙트럼 자원 확보 경쟁이 심화되고 있으며, 향후 유비쿼터스 환경이 도래하면 스펙트럼 부족 현상은 더욱 심화될 것으로 예상된다. 따라서, 전자 및 통신 산업의 필수 생산 요소인 스펙트럼 자원을 적재적소에 배분하여 그 경제적 가치를 극대화하는 것이 전자 관리의 최우선 과제로 등장하게 되었다. 스펙트럼의 광범위한 규제와 계획에 의존하는 현재 스펙트럼 관리 제도는 기술과 시장의 급격한 변화에 적절하게 대응하는 데 한계에 도달하고 있어, 주요 선진국을 중심으로 기술 기반, 시장 기반 전자 관리 제도의 도입이 확산되고 있다.

현재 정보화 사회의 무선 기반 기술 사용 증가와 이러한 기술들이 제공하는 개발에 대한 무한한 기회는 스펙트럼 관리 정책과 국가 스펙트럼 관리 시스템의 중요성을 강조하고 있다^[1]. 스펙트럼이 관리되어야 하는 이유로는 크게 세 가지를 들 수 있다. 첫 번째는 스펙트럼을 사용하는 각 무선 통신 서비스들 간의 간섭으로 발생하는 주파수간 충돌, 시간 충돌, 지리적 충돌(영역과 전력 레벨 포함) 등을 들 수 있는데, 현재는 스펙트럼을 일정 지역으로 제한하는 영역 할당을 통해 간섭을 피할 수 있다. 두 번째는 스펙트럼 자원의 희소성으로 사용할 수 있는 전자 파장 길이의 물리적인 제한 때문인데, 낮은 주파수

에서는 안테나의 길이가 너무 길어질 수 있어 사용이 불편하고, 높은 주파수에서는 송수신기를 제작하는 기술적인 제한을 가지고 있다는 단점을 가지고 있다. 따라서 적절한 주파수에서 주파수를 공유할 수 있는 기술들을 통해 기술적인 단점들을 극복하기 위한 방법으로 스펙트럼 관리가 필요하다. 세 번째로, 스펙트럼의 효율적이고 효과적인 사용을 예들 들 수 있다. 무선 통신의 기술적인 진보는 다양하고 새로운 스펙트럼 응용 서비스를 창출하게 될 것이며, 따라서, 효율적이고 효과적인 스펙트럼 관리는 스펙트럼 자원이 제공하는 기술적 기회들을 효율적으로 사용하기 위해 필수적인 반면 매우 복잡해지고 다양한 사용자들이 스펙트럼 자원을 자유롭게 접근하기 위한 데이터 처리 기술과 공학적 분석 방법이 중요한 요소가 될 것이다.

최근 주파수 이용 효율을 높이기 위한 새로운 무선 기술들로서 Inteference Temperature, UWB, Cognitive Radio(CR), Mesh Network 등에 관련한 연구가 광범위하게 이루어지고 있으며, 이러한 새로운 무선 기술을 이용하면 기존의 스펙트럼 사용 방법이나 관리 정책을 크게 변화시킬 수 있다. 따라서, 이러한 새로운 무선 기술들은 스펙트럼 관리 제도 내에서 그 사용이 가능하게 하도록 스펙트럼 관리 제도의 변화에 대한 요구를 증가시키고 있다. 그러므로 스펙트럼 관리 기관, 스펙트럼 관련 엔지니어들과 경제학자들은 기술의 관계를 이해하고 이러한 기술들이 성공한다면 어떻게 현재의 관리 제도가 개선되어야 하는가를 이해하는 것이 필수적이다. 본 원고에서는 이러한 새로운 기술들에 의한 혼란의 정도를 최소로 줄이고 관리 구조와 조화를 이루게 할 수 있

는 정책적 접근과 기술적 접근 방법을 제안하였다. II장에서는 현재의 스펙트럼 할당 방법과 왜 그것이 기술에서 새로운 진보를 다루는데 부족한지에 대한 문제점을 기술하였다. III장에서는 미래 스펙트럼 관리 모델로서 현재 상충되고 있는 스펙트럼 공유 모델과 스펙트럼 시장 모델에 대해 살펴보고, 이를 바탕으로 새로운 무선 기술에 따른 경제적 이익과 증명되지 않은 새로운 무선 기술들 사이의 경쟁에 대한 어려움들을 포함하여 스펙트럼 관리 변화에 대한 준비를 위한 정책을 제안하고, IV장 결론에서는 스펙트럼 효율성 향상과 관련하여, 본 원고에서 새로운 무선 기술에 대한 스펙트럼 관리 제도를 뒷받침할 기술적 접근 방법을 제안하였다.

II. 현재 스펙트럼 관리 제도와 문제점

II장에서는 현재 스펙트럼 관리 제도의 현황과 문제점을 기술하였다. 현재 대부분 국가의 스펙트럼 할당 모델은 미국의 스펙트럼 할당 모델에 기반을 하고 있으며, 현재의 제도를 이해하기 위한 방법으로 미국의 초기 스펙트럼 정책 과정을 이해하는 것이 필요하다. 최초의 무선 통신 전송은 1920년에 시작되었고, 1921년에 많은 전송 사업자들이 나타나기 시작하였다. 초기에 전송 사업자들은 단순히 무선국(broadcast station)을 건설하고, 스펙트럼의 소유에 대한 개념 없이 전송을 시작하였다. 그렇지만 동일한 지역에서 여러 전송 사업자들이 나타나기 시작하면서 간섭이 중요한 문제가 되어, 이에 대한 해결 방안으로 요구한 주파수에서 가장 먼저 전송을 하고 권리를 소유하는 방법이 제안되었다. 이에 따라, 새로운 전송사업자들이 무선국을 설립하였고 빠른 속도로 동일한 주파수에 대한 무선 통신 시장에 진입하였고, 엄청난 간섭이 발생하였다. 이러한 상황으로부터 미국은 1927년 Radio Act를 통과시키고 Federal Radio Agency를 설립하고, 이는 결국에 1934년

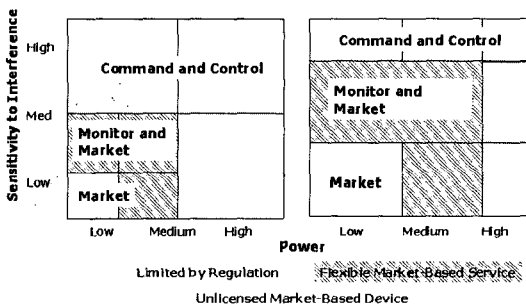
FCC가 되었다. 1930년대부터 미국의 라디오 스펙트럼은 FCC에 대한 신청에 근거해서 광범위하게 나누어졌다. 어떤 지역에서 사용되지 않는 주파수로 방송을 하고자 하는 어떤 회사라도 FCC에서 정한 신청서를 제출해야만 하며, FCC는 이러한 과정들을 대중에게 공포하고, 같은 주파수에 대한 다른 사람들로 부터의 신청서를 요구하여 어느 신청자가 주파수를 이용하여 공익을 위해 가장 적당한가를 결정하여 허가권을 발급하였다. 그러나, 이러한 허가 과정은 주파수의 다양한 사용에 대한 권리의 시장 교환이 허용되는 시스템을 더욱 선호하는 많은 경제학자들에 의해 오랫동안 비판을 받아왔다. 현재 스펙트럼 관리 제도는, 일단 부여된 스펙트럼 허가권이 FCC의 승인 없이 개방 시장에서 자유롭게 거래될 수 없고 두 번째, 스펙트럼 허가권은 원래의 응용 범위에 포함된 것 이상 되는 다른 사용을 허용하지 않는다는 특징을 가지고 있다. 이 스펙트럼 할당의 전통적인 방법은 IMT-2000(3G) 이동 통신 스펙트럼에 대한 경매와 비허가인 공중 주파수 할당을 포함하는 예외적인 경우 말고는 아직까지 전 세계 대부분의 스펙트럼 할당에 사용되고 있다^[2].

스펙트럼 사용 모델은 <표 1>과 같이 크게 세 가지 종류가 있다. 첫 번째는 정부 또는 국가의 통제에 기반을 두고 있는 “명령과 통제 모델”로 전통적인 스펙트럼 관리 접근 방법으로 현재 대부분의 스펙트럼 제도에 적용되는 방법이다. 두 번째는 “시장 모델”로, 1989년 뉴질랜드를 시작으로 확산되고 있으며, 라이선스를 부여받은 경우 정해진 지리적 영역 내에 특정한 스펙트럼 대역에 대해 독점적, 이동 가능하고 유연한 사용 권리를 가지고 있다. 권리는 주로 “해로운 간섭”에 대해서 사용자들을 보호하기 위한 기술적 규칙에 의해 적용된다. 이 때 허용 가능한 스펙트럼은 관리에 대한 판단과 기술과 비즈니스 모델에 근거하여 제한된다. 세 번째는 2000년 이후에 등장한 “공유(communs) 모델”로 수를 제한하지 않는 비

<표 1> 스펙트럼 관리 모델

<Table 1> Spectrum management model.

	명령과 조절 (Command & control)	시장모델 (Market model)	공유 (Commons)
할당 및 지정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관리 중심 - 국가가 할당 및 지정 - 스펙트럼 사용은 서비스 및 기술과 연계 - 간섭 보호를 보장 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사업자 중심 - 시장에 의해 사용 결정 - 거래할 수 있는 권리 (정부는 초기 지정만 책임) - 독점적 권리 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제한적 관리 및 사용자 중심 - 비허가 기기 또는 2차 사용 허가 제도 - 사용자수 무제한 - 스펙트럼 사용을 공유, 간섭에 대한 보호 없음
비고	대부분 국가가 전통적으로 채택하고 있는 방법	1989년 뉴질랜드를 시작으로 경매제도 확산	2000년대에 들어와 미국을 중심으로 채택



[그림 1] 스펙트럼 관리제도 동향

[Fig. 1] Trends in spectrum management.

허가 사용자들이 주파수를 공유하는 개념이다. 스펙트럼 사용 권리들은 간섭으로부터 보호가 될 권리를 가진 기존 허가 기기가 아닌 비허가 기기들에 대한 스펙트럼 에티켓 또는 전력 기술 표준에 의해 통제가 될 수 있다. 궁극적으로 [그림 1]과 같이 여러 모델들이 공존하는 형태의 스펙트럼 관리 제도 모델이 만들어질 것으로 예상된다.

스펙트럼 공유 개념과 시장 개념의 혼합된 제도 발전이 이루어지고 있다. 그러나, 스펙트럼 공유 개념과 시장 개념의 도입으로 인한 최근 허가 과정의 변화에도 불구하고, 스펙트럼 할당 방법의 대부분은 아직까지 이전의 전통적인 방법으로 진행되고 있다. 전세계의 스펙트럼 관리 기관들이 이러한 전통적인

스펙트럼 할당 과정이 가진 단점을 극복하고 스펙트럼 공간을 더 잘 사용하기 위한 새로운 방법을 찾고 있다. 전통적인 스펙트럼 허가 과정 방법이 가진 주요한 문제점들은 첫 번째로 새로운 기술의 혁신적인 사용을 제한할 수 있다는 것과 두 번째, 스펙트럼 사용이 허가된 이후 스펙트럼이 효율적으로 사용되는지 알 수 없다는 것, 세 번째 새로운 서비스를 제공하기 위한 스펙트럼 사용을 변화시키는 것이 금지된다는 것, 마지막으로 저전력 기기들과 같은 비허가 기기에 대해 너무 제한을 하고 있다는 것을 들 수 있다.

Ⅲ. 미래의 스펙트럼 관리 기술 모델 연구 동향

Ⅲ장에서는 [그림 1]과 <표 2>에 나타내었듯이, 현재 스펙트럼 관리 기술 제도인 명령과 통제 방식 관리 제도를 보완하기 위해 제안되고 있는 대표적인 스펙트럼 관리 기술 모델로서 스펙트럼 공유 모델과 스펙트럼 시장 모델에 대하여 설명하고자 한다.

미래 스펙트럼 관리 모델에는 크게 두 가지 방법론이 서로 대치해 있는 국면을 보이고 있다. 주로 경제학자들을 중심으로 전개되고 있는 주파수 거래제도는 시장의 힘을 통해 통제적 규제를 대체하는 스펙트럼 관리에 접근하고 있는 반면, 신기술을 바탕으로 한 엔지니어들에 의하여 주장되고 있는 공유제

도는 인터넷과 공중 도메인과 같이 공유와 공공의 스펙트럼 공간을 지키는 관점에서 스펙트럼 관리에 접근하고 있다. 시카고학과 배경의 경제학자들인 Coase^[3], Hazlett^[4], De Vaney^[5]는 “주파수 관리의 효율을 높이기 위해서는 주파수가 시장에서 거래되도록 해야 한다”고 주장하고 있으며 시장을 형성하기 위해서는 무엇보다 “주파수의 재산권을 명확히 정의 설정해야 하며 이 재산권의 가격 시스템을 출발시키기 위한 방법은 경매에 의한 할당이 옳다”고 주장하였다. 반면에 인터넷을 성공시킨 배경을 가지고 있는 공학자들인 Reed^[6], Werbach^[7]를 중심으로 “주파수를 효율적으로 이용하기 위해서는 주파수를 자유롭게 사용할 수 있어야 한다” 그리고 “스펙트럼 개방 대역을 설정해야 하며 자유로운 이용을 통해 기술이 개발된다”고 주장하고 있다. 양측의 주장은 상반된 의견을 지니고 있는데, 시장 모델에서 주파수를 유한한 자원으로 보는 반면 공유 모델에서는 무한한 자원으로 간주한다. 또, 사적 소유권 바탕의 시장을 통하여 스펙트럼의 효율적 배분을 이루어야 한다는 주장에 대해, 공유 모델에서는 스펙트럼을 모두에게 개방하는 대역으로 설정해 자유로운 이용을 통한 기술혁신을 이루어야 한다고 주장하고 있다.

스펙트럼 관리 모델로서 시장 모델 시스템 주장자들은 주파수의 효율적 사용을 위해서는 스펙트럼을 사유물로 만들어 사업자의 이윤 극대화의 동기에 의한 관리 효율의 극대화가 필요하다고 주장한다. 반면에 스펙트럼 공유 모델 주장자들은 주파수를 개방하여 누구나 이용할 수 있도록 하여 기술 혁신을 가속화 시켜야 한다고 주장하고 있다. 또한 시장 모델 주장자들은 스펙트럼 공유 대역도 시장 질서에 의해 이루어져야 효율적으로 이용될 수 있다고 주장하나 공유 모델 주장자들은 시장 경매에 의한 주파수 배정은 독점권을 인정하기 때문에 대기업에 의한 독점을 낳을 뿐만 아니라 주파수의 자유로운 이용을 불가능하게 하여 자유로이 이용할 수 있는 주파수

대역이 필요하다고 대응하고 있다. 재산권 옹호론자들은 주파수 대역의 개방은 공공재의 비극(tragedy of common)을 낳는다고 주장하고 있고, 개방 대역 주장자들은 기술 개발과 자율 규제와 협조에 의해 공공재의 비극을 피할 수 있다고 주장하고 있으며, 오히려 비공유의 비극을 주장하고 있다. 또한 스펙트럼 공유 모델의 성공적인 예로 자율적 규정과 협조에 의해 운영되는 네트워크인 WiFi를 들고 있다. Reed와 Werbach는 주파수 거래와 개방 대역 설정 제도는 용량과 효율 상의 상충(trade-off)관계에 있으며, 스펙트럼 시장 모델로서 주파수 거래 제도에서는 용량이 천천히 늘어나는 반면에 자원 관리에 있어 효율성이 있다고 보이지만 반대로 공유 모델로서 스펙트럼 개방 제도는 급격한 용량의 증가를 이룰 것이라고 전망된다고 설명하면서 경매와 3G 서비스 스펙트럼 배정 등 배타적 할당을 중단하고 공유 대역을 확장할 것을 주장하였다. 반면 Hazlett^[8]는 주파수에 대한 재산권을 약화하는 것이 아니라 더욱 강화함으로써 공유 대역을 설정할 수 있다고 주장하였는데, 이는 Coase의 재산권 이론에 의하여 주파수 이용자가 완전한 재산권을 행사할 수 있다면 이윤 극대화 동기에 의해 공유 대역이 설정될 수 있다는 것이다.

Faulhaber^[9]와 Manner^[10]도 재산권 설정을 통해 시장의 질서가 도입되면 공유 대역에서 주장하는 요구 사항도 해결될 것이라고, 스펙트럼 공유 모델 진영의 요구 사항이 스펙트럼 시장 모델의 재산권 시스템에서도 구현 가능하다고 주장하고 있다. 특히 Faulhaber는 대부분 라이선스 재산권에 적용 가능한 비간섭 지역권(non-interfering Easement)이 있는 재산권 체계로서 공유 형식의 구조를 제안하였다. 이는 스펙트럼 소유권자에게 간섭을 발생시키지 않는 자의 요청이 있으면 소유권자는 자신의 주파수, 지역, 전력 레벨의 라이선스 사용을 허락해야 한다는 것이다. 예를 들어 전력 레벨이 낮은 UWB는 노이즈 플로어 아래에서 운용되어 간섭을 발생시키지 않아 지역권

에 해당된다고 볼 수 있다. <표 2>에는 두 모델의 장단점을 비교하여 설명하였으며, <표 3>에 스펙트럼 시장 모델과 공유 모델의 특징을 비교하여 나타내었다.

IV. 스펙트럼 관리 기술의 정책적 제안

스펙트럼 정책은 기술적으로 혁신적이고 스펙트럼 사용을 유연하게 할 수 있도록 유연하고 시장 기반 특성을 갖는 새로운 관리 모델로 진화해야만 하며, 스펙트럼 사용 증가에 따른 정책적 규제 장벽을

제거해야 한다. 새로 제안되는 스펙트럼 관리 모델은 특히 간섭 보호와 관련되어 허가된 사용자나 비허가 사용자 모두에게 권리와 책임을 분명하게 정의하도록 해야 한다. 또한 모든 스펙트럼에 단일 관리 모델을 적용할 수 없다. 시장 기반 메커니즘을 통해 독점적인 스펙트럼 사용 권리와 제한된 환경에서 사용되는 명령과 통제 규제와 함께 공유 개념으로서 개방 스펙트럼 사용을 포함하는 균형된 스펙트럼 정책을 추구해야 한다. 현재의 명령과 통제 모델을 더욱 시장-지향적인 독점적 권리 모델과 비허가 기기/

<표 2> 두 스펙트럼 관리 모델의 장단점 비교

<Table 2> Pros. and cons. of two spectrum management model.

	스펙트럼 시장 모델	스펙트럼 공유 모델
장점	<ul style="list-style-type: none"> - 시장이 주파수 가치를 극대화 할 수 있다. 기술과 이용자들의 기호에 신속히 부응할 수 있다. - 가격이 설정되어 가장 높은 가치를 생산하는 이용자에게 할당될 수 있다. QoS 서비스가 가능하다. - 피할당자에게 주파수 이용을 보장한다. - 광범위한 지역에 서비스하기 위한 기반 투자를 유인할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 많은 이용자들이 이용하는데 수반되는 거래 비용을 최소화할 수 있다. - 다른 사용자들을 방해하지 않는 저전력 기기들에 대해서는 무료가 효율적이다. - 낮은 진입 비용은 기술 혁신을 가져올 수 있다.
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 저전력 기기와 같은 기회 비용이 적은 이용자에게 주파수가 배정되지 않을 수 있다. - 이러한 기기들에 높은 요금을 부과할 수 있다. - 높은 거래 비용이 수반되어 주파수가 저 활용될 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 가치를 극대화하기 위한 가격 시스템이 부재하고, QoS 서비스를 제공할 방법이 없다. - 혼신을 막을 자율 규제 방안이 강구되더라도 남용과 공유의 비극을 낳을 수 있다. - 전력과 자율 규제를 관리할 수 있는 행정과 규제 절차가 유연하지 못하다.

<표 3> 미래 스펙트럼 관리 모델의 특징 비교

<Table 3> Comparisons of spectrum management model in the future.

	스펙트럼 시장 모델	스펙트럼 공유 모델
특징 및 목표	주파수 거래를 통한 자원의 효율적 이용 주파수 거래시장의 확립	주파수의 자율적 이용에 의한 기술 혁신 무선 인터넷망의 건설
주파수 관리 정책 제안	경매로 재산권을 양도하여 사유 재산화	공유대역을 설정하여 자유로운 이용 보장
주파수 자원	유한 자원	기술 개발에 의한 용량 증대 가능
사례	미국 영국 독일 등지에서 경매제도 채택	WLAN, UWB, WiMAX
응용 시각	WAN	LAN, PAN
비판	공유 모델은 공공재의 비극을 발생	시장 모델은 독점 사업자를 생산

공유 모델로 이행해야 하지만, 이미 점유된 스펙트럼과 새롭게 할당되는 대역에 대한 정책을 동시에 구현해야 하며, 적절한 이행 메커니즘을 도입하여 기존 서비스들과 사용자들의 퇴보를 막아야 한다.

스펙트럼 관리제도의 목적은 앞서 “투명성(transparency)”, “효율성(efficiency)”, “신뢰성(reliability)”, “평등성(equality)”의 네 가지로 나눌 수 있으며, 이는 혁신적이고 효율적인 무선 통신 기술들과 서비스들의 신속한 채택과 성장을 지원하기 위하여 스펙트럼을 가장 잘 사용하기 위해 필수적인 요소들이다. 스펙트럼 관리 정책의 투명성은 이용자가 스펙트럼을 이용할 수 있는 절차와 조건을 명확하게 공개함으로써 스펙트럼 사용을 가장 최적으로 최고의 가치로 사용할 수 있도록 하는 것을 의미하며, 스펙트럼 관리 정책의 효율성은 유연성을 기반으로 하는 기술 경쟁을 촉진하고 시장 조건에 적합한 유연한 서비스 제도를 구현하는 것을 의미한다. 효율성으로 스펙트럼 사용에 따른 사회에 대한 비용을 반영하는 스펙트럼에 대한 지불을 보장하는 할당 효율성, 스펙트럼을 고부가가치로 사용할 수 있는 단체에 할당 및 지정하기 위한 분배 효율성, 전체 비용들이 주어진 상품 또는 출력의 레벨을 최소화하도록 하는 기술적 효율성, 속도와 비용을 포함하는 스펙트럼 할당 및 지정 과정에 대한 효율성을 보장하는 관리 효율성 등이 있다. 스펙트럼 관리 정책의 신뢰성은 스펙트럼 정책이 인센티브에 기반하여 구현될 때 달성될 수 있다. 마지막으로 스펙트럼의 평등성에는 여성, 소기업과 소규모 단체의 참여, 기존 서비스들에 대한 영향, 시골과 다른 미개발 지역에 대한 서비스 범위 등에 대한 동등한 참여 권리를 포함한다.

본 원고에서는 이러한 스펙트럼 정책 요소들을 가능하게 할 수 있는 정책적 제안들로서 스펙트럼 관리 모델의 조화, 스펙트럼 정책에 대한 사전 시험, 스펙트럼 공존 모델 허용과 미사용 스펙트럼 정리 및 비허가 스펙트럼 대역 확보를 제안하였다.

4-1 스펙트럼 관리 기술 모델의 조화

Ⅲ장에서 설명한 바와 같이 미래 스펙트럼 관리 모델에서는 스펙트럼 시장 모델과 스펙트럼 공유 모델의 두 주장이 교차하는 가운데 Werbach는 재산권 시스템의 권리와 공유 모델의 작동 원리를 좀 더 현명한 방법으로 고안하는 방법을 제안하였다. “Supercommons”라고 하는 이 시스템은 모든 주파수 대역에 권리를 설정하나 이 권리는 주파수 대역을 대상으로 하는 재산권이 아니라 무선 기기에 주어지는 이용권을 말한다. 이 모델에서 스펙트럼 시장 모델과 공유 모델의 차이는 재산권을 어떻게 설정하느냐 하는 차이로 좁혀지게 되며, 시장 모델은 우선적으로 중개 서비스를 사업자에게 권한을 부여하는 반면 공유 모델은 이러한 권한을 단말기 이용자에게 부여하고, 시장 모델은 전송권을 다른 전송 기기와 관련한 책임과 연계시키지만 공유 모델은 이러한 책임이 없다는 것이다. 이 시스템에서는 의무적인 안전 장치와, 스펙트럼을 사용하는 이용자들 간의 다툼을 해결하는 법 제도적 장치가 필요하게 되는데 이렇게 위법 행위에 대한 보상 장치를 마련함으로써 이용자들 사이의 분쟁을 피하면서 동적인 분산 시스템을 구현할 수 있다. 최근까지도 스펙트럼 관리 모델은 재산권과 공유의 대립이라는 문제가 지속적으로 제기되어 왔으나 많은 연구자들이 두 모델 즉, 스펙트럼 시장 모델과 스펙트럼 공유 모델의 결합에 관한 연구를 진행하고 있다. 본 논문에서는 미래의 스펙트럼 관리 제도는 스펙트럼의 공유와 거래가 가능하고 재산권을 포함하는 전용 주파수 라이선스 제도가 조화를 이루어야 한다. 보다 중요한 것은 두 스펙트럼 관리 모델이 스펙트럼 거래 비용의 중요성을 인지하고 미래의 스펙트럼 관리를 위한 최적의 체제를 결정하는 논의를 진행하고 결국 어떻게 효과적인 관리 체제로 스펙트럼을 보다 가치 있게 다루는지에 대한 정책적 접근을 해야 한다는 것이다.

4.2 스펙트럼 관리기술 사전 시험 제도 제안

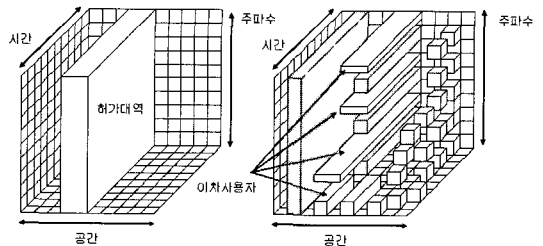
스펙트럼 관리 정책에서는 기존의 스펙트럼 소유자들에게 영향을 주지 않으면서 새로운 무선 기술을 채택하기 위한 최적의 방법을 찾아야 한다. Benkler를 비롯한 일부 연구자들은 새로운 무선 기술들을 주파수 대역에서 허용하기 전에 스펙트럼 관리 기술의 “사전 시험”하는 방안을 제안하였다. 사전 시험 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 하나는 스펙트럼 공유 모델로 알려진 스펙트럼 사용을 공공의 이익의 관점에서 허용하는 것이고, 두 번째는 스펙트럼의 소유자에게 모든 스펙트럼 권리를 주어 거래할 수 있고, 소유자로서 경제적 가치를 적절히 사용할 수 있게 하는 스펙트럼 시장 모델에 관한 것이다. 공유 모델은 또한 무선 통신 기기에 대한 스펙트럼 에티켓뿐만 아니라, 스마트 안테나, 대역 확산 기술의 사용도 필요로 할 수 있을 것이다. 스펙트럼 공유 모델 실험의 장점은 스펙트럼 관리 기관들이 할 수 있는 것보다 훨씬 더 빨리 이용자들이 적응하고 새로운 방식으로 기술 혁신 변화를 시킬 수 있다는 것이다. 스펙트럼 공유 모델 실험에서는 정부는 초기의 기간에 대해 실험을 위한 광범위한 스펙트럼 공유 대역을 만들어야 한다. 이는 대역 내에서 사용되는 장비들을 개발하고 영업하기 위한 인센티브를 장비 제조자에게 허용하는 것이 중요하기 때문이다. 스펙트럼 공유 모델은 최소한의 장비 규칙과 에티켓에 따라서 공공 사용을 위해 개방되어야 한다. 대역을 사용하는 기기 또는 장비는 주파수를 사용하기 위해 “공유의 규칙” 인증을 따라야 하고, 이 기기 인증은 공유 주파수를 사용하기 위해 제조자에 의해 신청이 되어야 한다. 또한, 현재 비허가 기기들이 일정한 양의 스펙트럼을 사용하기 위한 규정에 추가하여 스펙트럼 공유의 사용을 조절하기 위한 전력 제한이나 스펙트럼 기술, 시험에서의 성공 여부에 따른 스펙트럼 재할당 등의 내용을 포함하는 스펙트럼

공유에서 모든 사용자들의 권리를 보호하기 위한 새로운 인증 방법이 만들어져야 한다.

4.3 스펙트럼 공존 모델의 허용

UWB나 CR이 사용되지 않는 스펙트럼을 이용하기 위하여 허가된 주파수 대역을 자유롭게 하고 전송에 대한 프로토콜에 대한 기준을 정하는 2차 사용자를 허용하는 스펙트럼 공존 모델의 필요성이 제기된다. [그림 2]에 설명한 공존 모델의 개념을 나타내었다. 주파수, 시간, 공간으로 이루어진 3차원의 스펙트럼 공간에서 비어 있는 영역에 대해서 간섭을 최소화하는 공간을 찾아 2차 스펙트럼 사용을 할 수 있는 CR을 사용하는 경우의 공존 모델의 개념을 알 수 있다.

스펙트럼을 공유하는 무선 시스템은 각각 1차 시스템과 2차 시스템으로 구분하고, 두 시스템이 이동형인지 고정형인지에 따라서 다양한 형태의 시나리오가 존재할 수 있다. 이러한 공존 모델에 대한 여러 가지 시나리오는 두 시스템의 형태와 무선 환경에 따라서 적절하게 혼합되어 사용이 되어야 할 것이다. <표 4>에는 스펙트럼 공존 모델을 구현하기 위한 기술적 파라미터들을 나타내고 있으며 기술적 파라미터들은 스펙트럼을 공유하기 위해 사용되는 세부적인 기술적인 사항들이다. 공존 모델에 대한 스펙트럼 접근방법은 <표 5>와 같이 크게 네 가지로 나눌



[그림 2] 공존 모델이 사용되는 스펙트럼 공간
[Fig. 2] Spectrum space with coexistence model.

수 있다. 현재 스펙트럼 관리 제도에서 이루어지고 있는 스펙트럼 접근 방법은 주로 고정 할당 또는 중앙 제어, 1차 시스템 등을 들 수 있는데, 앞서 논의한 새로운 무선 기술로서 UWB나 CR과 같은 스펙트럼 공유 기술을 이용한 비허가 기기 등의 2차 시스템에 대한 스펙트럼 접근 방법 필요성이 증가하게 된다.

4.4 미사용 스펙트럼의 정리

새로운 무선 기술에 따라서 검토해야 하는 스펙트럼 정책 변화 중 하나는 어떻게 미사용 대역을 정리하고 다른 사용 용도에 그것들을 할당하느냐 하는 것이다. 서로 다른 관리 영역에서 전 세계적으로 사용되지 않는 스펙트럼에 대한 재할당을 통해 스펙트럼을 보다 효율적으로 사용하는 것에 대한 정책적 검토가 필요하다. 새로운 무선 기술에 따라 전송에 필요한

스펙트럼 양은 줄어들게 되기 때문에 초기에 할당된 스펙트럼의 양을 재정의 할 필요가 있으며, 신규로 할당되는 스펙트럼에 대해서는 스펙트럼의 효율성에 따른 공급과 반환에 대한 제도가 마련되어야 한다.

4.5 비허가 스펙트럼 대역 확보

Underlay 기술로서 UWB를 사용하게 되면 장점 중 하나가 정보를 보내기 위해 모든 기기들의 전력레벨이 낮아질 수 있다는 것이지만, 기존에 할당한 스펙트럼과 공유를 해야 한다는 단점이 있기 때문에 새로운 무선 기술을 이용한 기기와 스펙트럼 사용을 효율적으로 하기 위한 또 다른 방법으로 비허가 주파수 대역에 대한 할당량을 증가시키는 정책적 고려가 필요하다. 비허가 스펙트럼은 잠재적으로 스펙트럼 효율성을 훨씬 더 얻을 수 있으며 스펙트럼 공유

<표 4> 스펙트럼 공유를 용이하게 하는 기술적 파라미터

<Table 4> Technical parameters for spectrum sharing.

주파수 공유	공간 공유	시간 공유	신호 공유
<ul style="list-style-type: none"> - 채널 할당 계획 - 대역 분할 - 주파수 인지 시스템 - 유동 공유 - FDMA - 방사 스펙트럼 특성의 조절 - 유동적 변수 분리 - 주파수 허용 제한 - 요구 할당 다중 접속 - 주파수 다이버시티 	<ul style="list-style-type: none"> - 지리적 공유 할당 - 사이트 분리 - 안테나 시스템 특성 <ul style="list-style-type: none"> · 적응형 안테나 · 안테나 편파 구분 · 안테나 패턴 구분 - 공간 다이버시티 - 공간 분할 다중 접속 - 물리적 분리 및 차폐 	<ul style="list-style-type: none"> - 듀티 사이클 조절 - 유동 실시간 주파수 할당 - TDMA 	<ul style="list-style-type: none"> - 신호 부호화 및 처리 - FEC - 간섭 억제 - CDMA <ul style="list-style-type: none"> · 대역 확산 · 직접 확산 - 주파수 호핑 - 펄스 FM - 간섭 전력/대역폭 조정 - 적응형 신호처리 - 안테나 편파

<표 5> 스펙트럼 접근 방법의 비교

<Table 5> Comparisons of spectrum access method.

스펙트럼 접근 방법	장점	단점
고정 할당	간섭 없음	유연성이 없음
중앙 제어	간섭 없음, 낮은 유연성	추가적인 인프라 구축 비용
1차 시스템(Primary System)	간섭 없음, 낮은 유연성	1차 시스템에 크게 의존
2차 시스템(Uncoordinated System)	높은 유연성	단말기 복잡성, 간섭문제

를 증가시킬 수 있는 가치 있는 방법이지만, 서비스의 품질이 보장되지 않는다는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하고 서비스 품질을 보장하고, 주파수 부족 문제를 경감하고, 스펙트럼 효율성을 증가시키기 위한 방법으로 기존 스펙트럼 허가권 소유주로부터 2차 사용자가 스펙트럼의 임시 접근을 허용하는 실시간 2차 시장이 제안되었다. 허가권 소유자는 서비스 품질 요구사항이 허가권자나 2차 사용자에게 만족이 되는 경우에만 공유를 허용하는 방법이다. 비허가 또는 공익 사용이 가능한 새로운 주파수 대역을 찾아내어 활용하게 되면, 정부가 현재의 허가된 기기들의 동작과 위협한 잠재적인 간섭 없이 비허가 스펙트럼에 대한 현재의 요구를 훨씬 더 만족시킬 수 있을 것이다.

그러나, 비허가 기기들에 스펙트럼 할당량을 늘리게 되면, 동일한 스펙트럼 공간에서 동작할 수 있는 비허가 기기수가 증가하게 되어, 높은 전력을 사용할 가능성이 높아지며, 이는 기기들 간의 간섭량이 증가할 우려가 있다. 따라서, 실제 스펙트럼 관리 정책에서는 상호 배타적으로 비허가 대역과 underlay를 공존시켜야 하는 스펙트럼 에티켓 기술, 스펙트럼 clearing house 기술^[1] 등 새로운 스펙트럼 정책은 둘 다 고려되어야 한다.

V. 스펙트럼 관리의 기술적 제안

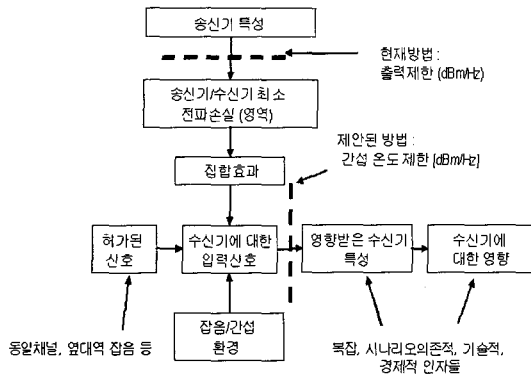
대부분 전통적인 명령과 통제방식에 의존하는 많은 스펙트럼 대역에서 스펙트럼의 물리적인 부족 현상보다는 스펙트럼의 이용에 관한 효율성이 더욱 중요한 가치를 지닌다. 최근 다양하게 시도되고 있는 스펙트럼 측정에서 스펙트럼의 많은 부분이 상당시간 동안 사용되고 있지 않다는 사실을 보여주고 있으며, 사용되지 않는 스펙트럼 공간을 일컫는 “화이트 스페이스(white space)”의 스펙트럼 사용을 추구해야 하는데, 이를 위해서는 정량적으로 스펙트럼

사용과 가용량을 측정하고 특성화할 수 있는 추가적인 정보와 측정방법이 필요하다. V장에서는 기존의 무선 시스템에 대한 간섭을 최소화하는 새로운 기술을 사용하기 위해 필요한 스펙트럼 관리제도의 기술적 요구사항들로서 간섭온도 측정 방법을 개발하고, 동적 스펙트럼 효율성 평가 기법 등을 제안하였다.

5-1 간섭 온도 측정 방법 개발

무선 통신의 기술적 발전은 스펙트럼을 더욱 집중적으로 사용하고 간섭에 더욱 강한 무선 시스템을 구현할 수 있기 때문에, 스펙트럼 관리 기술에서는 간섭 보호에 대한 새로운 패러다임을 구현해야 한다. 또한, 앞서 설명한 underlay 시스템을 도입하기 위한 사전 준비 기술로서 중요한 사항 중 하나가 노이즈 플로어의 법적인 정의 확립과 많은 간섭이 현존하는 무선 통신 기기에 대한 노이즈의 정량적인 양의 측정 방법이다. 일단 허용 가능한 노이즈 플로어가 정해지면, underlay 기술은 그 이하로 전송하도록 허가될 수 있기 때문에, 스펙트럼 관리 제도에서는 모든 장치에 대한 고정된 노이즈 플로어보다 유동적인 기준으로 간섭 온도를 제안하고 있다. 간섭 온도 측정 방법을 사용하면 스펙트럼의 효율적인 사용을 가능하게 하는 유동적이고 유연한 방법을 제공할 수 있다.

간섭 온도 기반 시스템은 임의의 주어진 장소에서 높은 간섭 레벨을 막기 위한 측정 방법으로서 현재와 같이 모든 기기들의 송신 전력을 스펙트럼 관리 기관이 제한하는 시스템과는 매우 다르다. [그림 3]에 스펙트럼 관리 제도로써 간섭 온도 개념을 나타내었다. 첫 번째 각 무선 기기들이 연속적으로 간섭 온도를 자체적으로 측정하고 그 결과에 기반하여 전송 여부를 결정하는 것이다. 여기서 허가된 기기와 비허가 기기는 허가된 기기가 가장 높은 우선 순위를 갖도록 보장하기 위해 서로 다른 파라미터를 사용하는 것이 필요하다. 이 경우 기기들이 전송을 결정하기 전에 주변 환경을 즉시 모니터링할 수 있기 때문에



[그림 3] 스펙트럼 관리 기준을 위한 간섭 온도
 [Fig. 3] Interference temperature for spectrum management.

더욱 효율적이지만 시스템의 정밀도에 따라서 전송 장비의 복잡성이 증가하고 각 기기들의 가격이 증가 하게 된다는 단점이 있다. 두 번째는 근처에 간섭 온도를 측정할 독립적인 측정 기지국을 가지는 것으로 인터넷 스펙트럼 정책 서버와 연계되어 그 지역에서 허가/비허가 여부를 전송하는 단순한 신호나 각 무선 통신 기기의 형태에 따라 최대 전력 레벨을 규정하는 더욱 복잡한 신호를 보낸다. 이 방법은 특정 지역의 비허가 기기들이 주어진 시간에 간섭온도 기지국에 의해 허가되면 허가 기기와 공존하여 동일 주파수들을 사용할 수 있기 때문에 스펙트럼을 훨씬 더 효율적으로 사용할 수 있게 한다.

5-2 동적 스펙트럼 효율성 평가 기법 개발

스펙트럼 부족 현상에 대한 더 좋은 장기적인 관리 해법으로 스펙트럼의 물리적인 특징들에 적용할 수 있는 기술 진보를 포함하는 기술적 중립(technology-neutral) 접근 방법의 사용이 필수적이며, 스펙트럼 사용을 최대화하기 위해 추천하는 방법은 파형이나 역세스 기술과 같은 방법의 개발이 아닌 할당 과정의 재정립을 통한 스펙트럼의 잠재적인 사용자들에게 스펙트럼 공간을 최소화하도록 하는 방법이

라고 가정하고, 동적 스펙트럼 효율성 평가 기법 개발을 제안하였다.

동적 스펙트럼 효율성 평가 기법으로서 제안하는 SVTI 모델(Spectrum Volume Time Interference)은 3차원 스펙트럼 공간으로서 시간, 주파수, 공간을 설정하고 스펙트럼 공간 각각에 대하여 간섭량에 대한 허용조건을 추가하여 할당된 스펙트럼을 평가하는 방법이다^[12]. 여기서, 시간 부분은 스펙트럼이 점유하고 있는 현재 시점의 물리적인 시간이 아닌 스펙트럼을 허가한 기간의 할당 기간으로서의 시간으로 나타낸 것이다. 스펙트럼의 효율적인 사용의 문제는 두 가지 측면을 가지고 있다. 첫 번째는 사용자 측면으로, 주어진 지리적 영역에서 주어진 대역폭 내에 통신 데이터량을 최대화해야 한다는 것이고 두 번째는 스펙트럼 관리자의 측면으로, 서로간의 간섭을 최소화하는 환경으로 많은 사용자가 스펙트럼을 사용할 수 있도록 해야 한다는 것이다. 스펙트럼 사용의 정의에 대한 시도는 여러 연구자들에 의해 시도되었다^[13]. 기존의 점유 스펙트럼은 주파수, 시간, 공간에 대해서 나타냈지만, 이 경우에는 UWB나 CR과 같은 기존 시스템과 공유되는 기술에 대한 점유 스펙트럼을 나타낼 수 없다는 단점이 있다. UWB는 underlay 기술로 현재 사용되는 스펙트럼과 공유되어 사용되는 개념이며, CR은 현재 사용되는 스펙트럼의 비어 있는 공간을 사용하는 overlay 개념을 가진 기술이기 때문에 현재와 같은 3차원에서의 스펙트럼 공간을 이용하여 나타내는 스펙트럼 효율성은 적절하지 않다. 따라서, 현재의 스펙트럼과 공유될 수 있는 새로운 스펙트럼 효율성 평가방법이 요구된다. 이러한 문제점을 극복하는 방법으로 3차원의 스펙트럼 공간에 앞 장에서 논의된 간섭 온도 측정을 바탕으로 한 허용 가능한 간섭 온도량을 설정하는 스펙트럼 효율성 평가 방법을 제안하였다. 이 간섭 온도량은 각 스펙트럼이 차지하는 체적에 대하여 가중치로 적용될 수 있으며, 따라서, 본 원고에서 제안

한 새로운 스펙트럼 효율성 평가방법은 식 (1)과 같이 정의된다.

스펙트럼 효율성

$$= \frac{\text{가중치가 적용된 전체 점유 스펙트럼}}{\text{전체(점유+비허용)스펙트럼}}$$

$$= \frac{\sum \Gamma(n)\beta(n)}{\sum [\beta(n)+D(n)]} \quad (1)$$

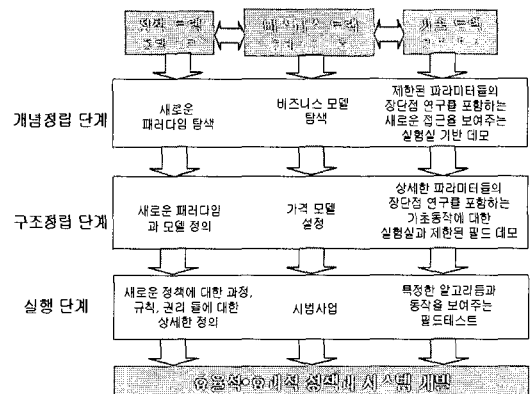
여기서, Γ 가 의미하는 것은 스펙트럼 가치 척도로서 스펙트럼 가치라는 것은 특정한 공간 영역 내에 주어진 서비스에 대한 스펙트럼에 대한 요구의 정도를 나타내는 것을 의미한다. 예를 들면 이동통신의 경우 모든 공간에서 동일한 정도로 스펙트럼이 요구되는 것이 아니라 도심 지역 같은 곳에서 그 요구량이 더 많이 발생하다는 의미로, 따라서 스펙트럼의 가치가 더 부여된다는 것이다. 스펙트럼의 가치는 가격이 될 수도 있으며, 제안한 SVTI 모델에서는 스펙트럼의 가치로 스펙트럼 공간의 간섭 온도 레벨을 제안하였다. 새로운 무선 기술로 인한 스펙트럼 공유기술에서는 수신기에서 측정하는 간섭 온도가 새로운 기준이 될 수 있으며 이에 따라서 무선 기기의 출력 및 스펙트럼의 점유 여부를 판단할 수 있기 때문이다.

VI. 주파수 효율을 위한 스펙트럼 종합 관리 평가 모델 제안

기존의 스펙트럼 관리에서는 스펙트럼 관리 기술과 스펙트럼 관리 정책이 별개로 다루어져 기술과 정책 사이에 일정한 시공간적 격차가 발생하여 스펙트럼이 효율적으로 관리되지 못했다. 그러나, 새로운 무선 기술에 따른 스펙트럼 관리를 효율적으로 적용하기 위해서는 [그림 4]에 나타난 것처럼 스펙트럼 관리의 정책적 측면과 기술적 측면이 유기적으로 고려되어 스펙트럼 전략이 만들어져야 한다. 스펙트럼 효율성 향상을 위한 정책적 제안으로서, 스펙트럼 관리 기술 모델의 조화, 스펙트럼 관리 기술

사전 시험 제도, 미사용 스펙트럼의 정리, 비허가 기기를 위한 스펙트럼 대역 확보, 스펙트럼 공존 모델 허용 등 다섯 가지 제안을 기술하였고, 스펙트럼 효율성 향상을 위한 기술적 제안으로서 간섭 온도 측정 방법 개발, 동적 스펙트럼 효율성 평가 기법 개발을 제안하였다. 본 원고에서 제안하는 스펙트럼 관리 과정은 크게 새로운 스펙트럼 패러다임을 도출하며 실험실 단계에서 기술적인 가능성을 연구하는 개념 정립 단계(conceptual phase), 패러다임을 정의하고 제한된 영역으로 시험을 확장하여 상용화를 준비하는 구조 정립(structure phase), 스펙트럼 규칙과 원리 등 세부적인 실행 정책을 논의하고 필드 시험을 통해 시스템 레벨의 검증은 시행하는 실행 단계(formulation phase) 세 단계로 나눌 수 있다. 이러한 세 단계 과정을 거치게 된 후에 새로운 무선 기술을 적용할 수 있는 정책과 기술이 모두 고려된 스펙트럼 관리제도로서 전략이 만들어져야 한다. 또한 각 정책과 기술의 단계에서는 스펙트럼 관리 기술의 경제적 가치를 산출하기 위한 비즈니스 트랙과의 연계 과정도 필요하다.

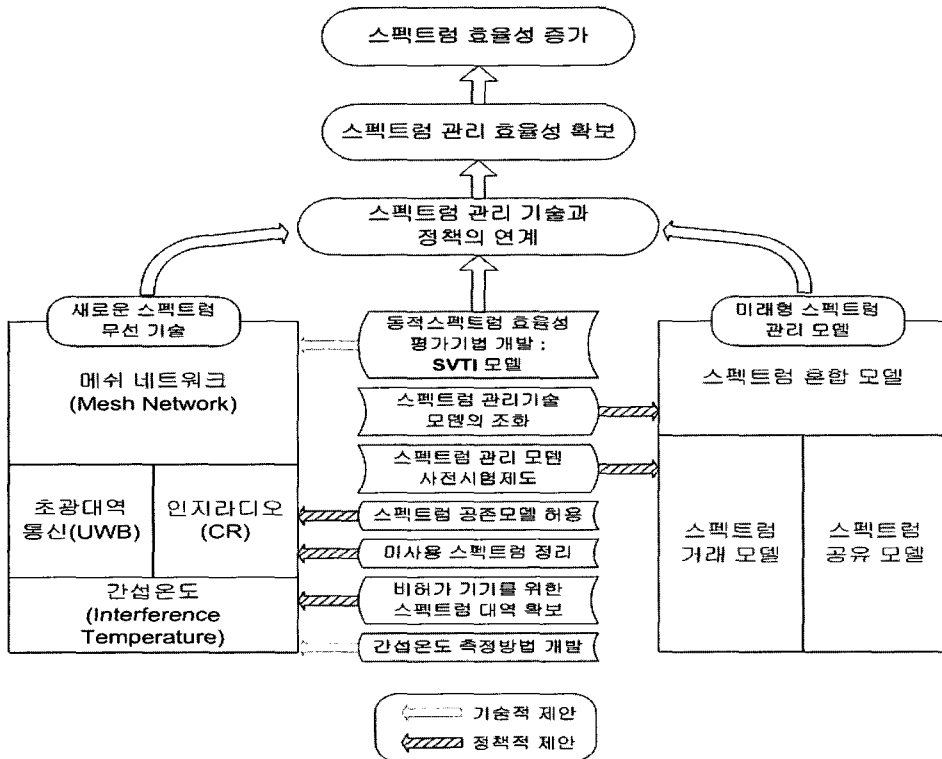
본 원고에서 제안한 정책과 기술적 내용들과 앞에서 설명한 기술과의 연관 관계를 [그림 5]에



[그림 4] 스펙트럼 관리의 정책과 기술
[Fig. 4] Policy and technology of spectrum management.

나타내었다. 수신기 관점에서 스펙트럼 관리를 하여 스펙트럼 효율성을 획기적으로 증대시키기 위한 기반 기술인 간섭 온도 기술을 기존 스펙트럼 관리 제도에 적용하기 위해서는 기술적으로는 간섭 온도를 정확하게 측정할 수 있는 방법이 개발되어야 하고, 정책적으로는 비허가 기기를 위한 스펙트럼 대역 확보가 이루어져야 한다. UWB와 CR은 다른 무선 서비스들과 각각 스펙트럼 공간을 공유하기 위한 기술로 기술적으로는 간섭온도 기술을 이용하여 구현이 가능하며, 정책적으로는 UWB와 같이 기존 무선 서비스들과의 공존을 위하여 스펙트럼 공존 모델이 허용되어야 하고, CR과 같이 비어 있는 스펙트럼을 사용하기 위하여 사용되지 않는 스펙트럼의 정리가 필

요하다. 이러한 UWB와 CR 기술을 이용하여 스펙트럼 효율성 향상을 위한 메쉬 네트워크가 구현될 수 있는데, 향상된 스펙트럼 효율성을 정확하게 평가하기 위한 기법의 개발이 필요하다. 간섭온도의 개념을 도입하여 기존의 SVT 모델을 개선한 SVTI 모델로서 동적 스펙트럼 효율성 평가 기법을 제안하였다. 앞 장에서 설명한 바와 같이 스펙트럼 관리 효율성 향상을 위한 스펙트럼 관리 모델로는 스펙트럼 거래 모델과 스펙트럼 공유 모델이 제안되고 있다. 기존의 스펙트럼 관리 모델에는 두 모델이 아직 초기 단계로 도입이 되지 않고 있지만, 스펙트럼 관리 모델을 이용하여 스펙트럼 관리 효율성을 도모하기 위해서는 두 모델의 도입이 필요하다. 그러나, 기존



[그림 5] 스펙트럼 효율성 증가를 위한 스펙트럼 관리 기술의 정책적 제안과 기술적 제안
 [Fig. 5] Policies and technologies of spectrum management for enhancement of spectrum efficiency.

스펙트럼 관리 모델에 바로 두 새로운 모델을 도입하기 위해서는 충분한 사전 검토가 이루어져야 하며 이를 위한 방법으로 본 원고에서는 두 모델을 적절하게 사전 시험하여 문제점 등을 극복할 수 있도록 스펙트럼 관리 기술 사전시험 제도 정책 도입을 제안하였다. 또한 사전 시험을 통하여 얻어진 스펙트럼 관리 모델은 사용 무선 서비스와 용도에 맞도록 조화롭게 도입이 되어야 한다고 제안하였다. 제안한 기술적이고 정책적 제안 방법들이 기존 스펙트럼 관리 제도에 효과적으로 도입이 된다면 궁극적으로 스펙트럼 관리 효율성을 높이게 되어 스펙트럼 관리 기술의 패러다임을 변화시키고 따라서 스펙트럼 효율성을 획기적으로 증가시킬 수 있을 것이다.

Ⅶ. 결 론

이용 가능한 전파 자원이 한정되어 있는 반면 전파자원에 대한 수요가 지속적으로 증가함에 따라 전파자원을 효율적으로 이용하고자 하는 많은 노력이 이루어져 왔다. 무선 기술적으로 과거에 이용되지 않던 높은 주파수 대역을 이용할 수 있는 방법을 개발하고 있으며, 과거보다 좁은 대역폭으로 많은 통화량을 처리할 수 있는 협대역화 기술 및 잡음 레벨의 광대역을 이용하여 통신하는 광대역 확산 통신 기술, 하나의 주파수 대역을 복수의 시스템이 같이 사용할 수 있는 주파수 공유 기술 등이 개발되고 있다.

과거 전파 자원의 활용도가 낮아서 충분한 여유 주파수가 있을 때에는 혼신방지를 위한 기술적 규제에 초점이 맞추어져 있던 스펙트럼 자원 관리는 급변하는 대내외적인 스펙트럼 자원 환경 변화 추세에 대응하여 전환되고 있다. 즉, 과거의 스펙트럼 자원 관리는 전파 자원의 물리적 특성 때문에 발생하는 혼신을 방지하기 위하여 배타적으로 주파수를 배분하고 스펙트럼 자원의 이용과 관련한 기술적 조건을 규제하는 것이 주요 사항이었다. 현재에는 전파 통

신 기술의 발달로 다양한 신규 서비스가 등장하고, 특히 이동 통신에 대한 수요가 급증함에 따라 기술적인 조건만을 규제하기에는 어려움이 있다. 스펙트럼의 희소성이 증대한 가장 큰 원인은 전파 통신 기술의 급속한 발전으로 주파수의 용도가 다양화, 이동성을 극대화하는 서비스가 급증한 것에 기인한다. 따라서 주파수 이용 질서의 확립과 더불어 희소한 스펙트럼 자원을 어떤 용도로 활용할 것인가에 대한 문제와 정해진 용도에서 사용권을 부여하는 문제가 부각되고 있으며, 전파 이용 산업의 중요한 생산 요소인 점을 고려할 때 스펙트럼 자원 이용 관리 정책은 기존의 기술적 규제 외에도 합리적인 자원 분배라는 연구가 요구되고 있다.

전파 통신은 일상생활에서 필수불가결한 부분이 되고 있다. 국가 방어, 공공 안전, 방송, 비즈니스 및 산업 통신, 항공 및 해상 통신과 함께 그리고 개인 통신 등과 같은 많은 서비스들에 사용되고 있다. 게다가 스펙트럼을 이용한 전파 통신은 시골 지역과 같이 유선 통신이 사용될 수 없거나, 재난이나 응급 상황과 같이 유선 통신이 붕괴된 이동 환경에서는 반드시 필요하게 되어 스펙트럼 자원 사용에 대한 요구가 증가하고 있다. 그러나, 스펙트럼 자원은 기술과 관리 능력에 의해 제한되는 자원이기 때문에 효율적으로 관리되고, 개발되고 규제가 된다면 현재 스펙트럼 안에서 많은 가능성을 찾을 수 있다. 이러한 자연 자원의 이익들을 얻기 위해서는 서로 다른 서비스들 간 효율적이고 효과적인 조화를 확보하기 위한 스펙트럼을 관리하는 기술과 기존 전파 통신 서비스와 새로운 전파 통신 서비스들에 의해 발생하는 즉각적이고 장기적인 요구들을 충족하기 위한 정책과 기술들을 연구해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] D. K. C. Lau, "Managing radio spectrum: Present

- and new approaches", *IEE Hong Kong Seminar*, Feb. 2005.
- [2] R. Niepold, "Frame and perspectives of radio spectrum policy in the European union for future wireless networks and services", *Future Wireless Networks and Services/Radio Spectrum Policy*, Paris, Apr. 2004.
- [3] R. H. Coase, "The federal communications commission", *Journal of Law and Economics*, 2, Oct. 1959.
- [4] T. W. Hazlett, R. E. Muñoz, "What really matters in spectrum allocation design", *AEI-Brookings Joint Center for Regulatory Studies Working Paper 04-16*, Aug. 2004.
- [5] A. De Vany, R. D. Eckert, C. J. Meyers, D. J. O'Hara, and R. C. Scott, "A property system approach to the electromagnetic spectrum: A legal-economic-engineering study", *CATO Institute*, 1980.
- [6] D. P. Reed, "How wireless networks scale: the illusion of spectrum scarcity", *Presented at FCC Technological Advisory Council*, Washington, Apr. 2002.
- [7] K. Werbach, "Supercommons: Toward a unified theory of wireless communication", *Texas Law Review*, vol. 82, pp. 863-973, Mar. 2004.
- [8] Kwerel, Evan, *Office of Strategic Plan and Policy Analysis*, FCC, May 2005.
- [9] G. R. Faulhaber, "The question of spectrum: Technology, management, and regime change", *The Economics, Technology and Policy of Unlicensed Spectrum*, MSU Quello Center, May 2005.
- [10] J. A. Manner, *Spectrum Wars: The Policy and Technology Debate*, Artech House, 2003.
- [11] D. Raychaudhuri, "Research on spectrum technology and policy: An interim report", *2004 CSTB Spectrum Management Policy Forum*, Washington D. C., Feb. 2004.
- [12] M. C. Delfour, S. Towajj, "Spectrum quality indicators for the land mobile system", *41st IEEE Vehicular Technology Conference*, pp. 710-715, May 1991.
- [13] L. C. Tilloston, "Efficient use of the radio spectrum and bandwidth expansion", *Proc. IEEE*, Apr. 1973.

≡ 필자소개 ≡

신 용 섭



1981년: 연세대학교 전자공학과 (공학사)

1981년~2000년: 정보통신부 정보통신
정책국

2000년: 연세대학교 전파공학 (공학석
사)

2001년 3월~현재: 연세대학교 전파공
학 박사과정

2000년 6월~2002년 12월: 정보통신부 전파연구소장

2006년 1월~현재: 정보통신부 전파방송기획단장