

수신기 관점의 간섭 방지에 대한 고찰

A Study on Interference Prevention from a Viewpoint of Receiver

배창호 (C.H. Bae)

기술기준연구팀 연구원

목 차

-
- I. 서론
 - II. 수신기 관점에서의 간섭 방지
 - III. 결론

최근 전 세계적으로 전파통신 기술이 급속히 발전하면서 여러 가지 형태의 다양한 통신 방식을 사용하는 무선 기기들이 새롭게 도입되고 있다. 이에 따라 새로운 주파수 자원에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있으나 각 나라에서는 주파수 자원의 유한함으로 인하여 주파수 재할당과 재분배를 통하여 주파수 이용 효율성의 최대화를 위한 제도를 수립하거나 법 제정을 진행중이다. 대표적인 것으로서 수신기에 대한 범규 제정 움직임을 들 수 있다. 지금까지 모든 무선기기는 송신기 관점의 기술기준을 통하여 규제되어 왔으며 수신기 관점의 규제는 기술기준에 거의 포함되어 있지 않았다. 그러나 앞으로는 주파수 또는 스펙트럼 이용의 효율성을 높이기 위하여 수신기 관점의 규제가 기술기준에 도입될 것이다. 본 논문에서는 연방통신위원회(Federal Communications Commission, 이하 FCC라 한다)가 수신기에 대하여 어떻게 생각하고 있는지, 수신기 관점의 규제를 위하여 간섭을 정량화하고 관리함으로써 스펙트럼의 효율적인 관리를 추구하는 간섭온도의 개념과 간섭온도에 대하여 어떻게 생각하고 있는지를 FCC의 관련 문서를 통하여 정리하고 분석할 것이다. 이러한 간섭량의 측정과 관리를 통해 효율적인 스펙트럼 관리를 추구하는 것은 FCC에서 지금까지 수행해 왔던 스펙트럼 관리 방법에 대한 근본적인 패러다임이 송신기에서 수신기로 이동함을 의미한다.

I. 서론

전 세계적으로 전파통신 기술이 급속히 발전하면서 여러 가지 형태의 다양한 통신 방식을 사용하는 무선 기기들이 새롭게 도입되고 있다. 이에 따라 새로운 주파수 자원에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있으나 각 나라에서는 새로운 주파수 자원의 유효함으로 인하여 주파수 재할당과 재분배 등을 통하여 주파수 이용 효율성의 최대화를 위한 제도를 수립하거나 법 제정을 진행중이다. 대표적인 것으로서 수신기에 대한 법규 제정 움직임을 들 수 있다.

특히 미국 FCC에서는 ‘간섭 온도(interference temperature)’라고 하는 새로운 개념의 도입을 위한 조사 및 연구를 추진중이다. 이것으로 간섭의 양을 측정하고 관리함으로써 스펙트럼의 효율적 관리를 추구하는 것이다. 이러한 과정은 FCC에서 수행해 왔던 스펙트럼 관리 방법에 대한 근본적인 패러다임이 송신기에서 수신기로 이동함을 의미한다. 어떤 임의의 순간에 송신기나 잡음원으로부터 발생하여 누적된 모든 불요 RF 에너지가 수신기에 존재하는 경우 이 간섭 신호를 정확히 측정함으로써 수신기의 최대 허용 간섭량과 비교하게 된다. 만일 간섭 온도 상한까지 도달하지 않았다면 다른 송신기에게 동일한 대역에서 동작할 수 있는 기회가 주어진다. 이와 같은 패러다임의 변화는 RF 송신기의 수가 증가하고 이동성과 다양성이 증가하면서 간섭 신호에 대한 관리가 어려워지는 반면 서비스 사용자들은 주

파수 대역을 사용하는 데 있어서 과거보다 유연성이 증가된 것이 그 원인이라고 할 수 있다.

지금까지 모든 무선기기는 송신기 관점의 기술기준을 통하여 규제되어 왔으며 수신기 관점의 규제는 기술기준에 거의 포함되어 있지 않았다. 그러나 앞으로는 이러한 추세를 반영하여 우리나라에서도 주파수 또는 스펙트럼 이용의 효율성을 높이기 위하여 송신기 출력 스펙트럼 위주의 규제에서 수신기에 대한 규격까지도 기술기준에 도입하는 것을 검토해야 할 시점에 와 있다. 수신기 규격에 대한 연구는 미국 등 선진국에서도 아직 연구 초기 단계이며 실제 규격으로 제정되기까지는 어느 정도의 시일이 소요될 것으로 예상된다. 따라서 현재 전무한 국내의 수신기 규격 관련 연구가 시급한 시점이며 선진국의 기술 규격 동향을 관찰하면서 국내 규격 제정을 추진함으로써 국내 통신 산업 보호와 수출 경쟁력 등을 조기에 확보할 수 있을 것이라 여겨진다. 수신기 관점의 간섭 규정에 대한 연구는 이제 시작 단계에 있으며 어떤 주어진 대역에서 정확한 간섭 온도를 측정할 수 있는 방법조차 아직 정의되어 있지 않은 상태이다. 또한 동일한 대역에서 사용되는 동일한 장비라고 하더라도 수신 사이트의 환경과 상황이 다양한 경우 어떤 고려사항이 있는지도 모르는 상태이다. 이와 같은 세세한 규정 항목이 결정되면서 수신기 관점의 규격이 완성될 것이고 우리나라도 이에 대한 연구를 조속히 수행하여 앞으로 출현하게 될 새로운 개념의 규격에 대한 대비는 물론 이 분야에 대한 선점까지도 추구해야 할 것이다.

미국 등 선진국은 물론 우리나라에서도 주파수 대역 사용의 효율성 증가를 포함하는 무선 스펙트럼의 관리 정책이 송신기의 방사 출력을 제한하는 데 집중되어 왔다. 이러한 상황에서는 장비 제조 업체들이 쉽게 이해하고 일반적으로 예상할 수 있는 신호 파형과 스펙트럼에 대한 동작 파라미터만 규정하고 있다. 그러나 최근에는 주파수 대역에 기반을 둔 서비스의 급증, 빠른 기술적 발전, 다양한 변조 기술의 도입, 이동 서비스의 스펙트럼 이용 증가 등 매우 큰 주파수 환경 변화가 일어나고 있다. 이러한 환경

● 용 어 해 설 ●

간섭 온도: 수신기로 전달되는 그리고 수신 안테나에서 측정된 무선 전력의 양이며 여기서의 전력은 다른 송신기와 잡음원으로부터의 전력이며 단위 대역폭 당 수신 안테나에서의 무선 전력과 등가인 온도이며 켈빈온도(K) 단위로 표시된다. 또한 안테나에서 수신된 전력을 관련된 RF 대역폭(Hz)과 볼츠만 상수(Boltzmann's constant)로 나눔으로써 계산된다. 간섭온도는 안테나온도와 개념적으로 동일하며 간섭온도 개념의 사용은 AWGN 잡음의 성질을 갖는 무선 환경에서 더 적합하다.

의 변화 추세에 따라 송신기가 아닌 수신기 관점의 규격이 필요하며 선진국에서도 연구가 시작되는 단계이므로 국내에서의 연구도 신속히 이루어져야 하는 상황이다. 우리 나라가 이러한 패러다임의 변화를 원활히 수용한 경우에만 향후 세계 통신 시장에서의 국내 업체들의 기술적 우위가 보장될 수 있기 때문이다.

따라서 본 논문에서는 무선통신의 새롭고 추가적인 이용에 대한 기회를 만들고 보다 효율적인 스펙트럼의 이용을 권장하기 위한 간섭 제어와 관리에 대한 새로운 접근방식에 관하여 논의할 것이며 FCC가 수신기에 대하여 어떻게 생각하고 있는지를 논의할 것이다.

II. 수신기 관점에서의 간섭 방지

간섭 방지(interference protection)는 효율적인 스펙트럼 관리에서 핵심적인 사항이다. 전자파 간섭(electromagnetic interference)은 통신 장비 및 시스템의 설계와 운영에서 중추적인 역할을 한다. 오늘날의 무선 주파수 환경에서 간섭은 일반적으로 통신 신호의 사용 가능한 거리와 기술적 효율성을 결정한다.

FCC의 수신기 관점의 간섭 방지를 하기 위해 간섭을 정량화하고 관리하는 간섭 관리에 대한 새로운 접근방법인 간섭온도의 개념은 수신기로 전달되는 그리고 수신 안테나에서 측정한 무선(RF) 전력의 양이고 여기서의 전력은 다른 송신기와 잡음원으로부터의 전력이다. 보다 자세하게 말하자면 단위 대역

● 용어해설 ●

간섭 방지: 통신장비 및 시스템의 설계와 운영에서 중추적인 역할을 하는 전자파 간섭을 효율적으로 관리하기 위한 핵심적인 사항이며 근본적으로 스펙트럼의 사용 권한과 이에 따른 의무와 관련이 있으며 스펙트럼의 사용이 효율성에 영향을 미친다. 대부분의 서비스들은 간섭방지를 위한 대역 내 전력(in-band power)과 대역 외 방사(out-of-band emissions) 등과 같은 공통의 요소를 가지고 있다.

폭 당 수신 안테나에서의 RF 전력과 등가인 온도이며 켈빈온도(°K) 단위로 표시한다. 송신기 운용에 기반하여 간섭을 평가하는 현재의 모델이 송신기와 수신기간의 상호작용을 고려하면서 실제 무선 환경에 기반한 접근방법으로 옮겨갈 것을 설명한다.

간섭온도 모델은 송신기들과 잡음원들로부터 발생된 모든 원하지 않는 무선 에너지의 누적 효과를 고려한 잠재적으로 보다 정확한 간섭의 양을 정의함으로써 스펙트럼 관계에 대한 FCC의 접근방법에 있어서의 근본적인 방법의 변화를 나타낸다. 게다가 대역 내의 간섭온도가 어느 범위까지 도달하지 않는다면 면허소유의 여부에 관계없이 대역 내에서 다른 송신기들은 현재 인증된 전력레벨보다 더 높은 전력레벨에서 동작할 가능성이 있을 수도 있다. 그러한 경우 대역에 대한 간섭온도 제한치는 대역 내로 유입될 수 있는 잠재적인 무선 에너지에 대한 상한치 또는 최고값이 될 것이다.

이러한 간섭온도 개념은 처음에 FCC의 Spectrum Policy Task Force(이하 SPTF)에 의하여 연구되기 시작하였으며 스펙트럼 자원의 이용으로부터 얻어진 공익을 증가시키기 위하여 무선 스펙트럼의 관리를 개선하기 위하여 개발되었다. SPTF는 무선 송신기의 보다 더 큰 이동성과 밀도 그리고 변화성 때문에 그리고 이용자들이 스펙트럼을 이용 시 증가된 가변성을 요구하기 때문에 간섭관리가 보다 어려워졌다는 것을 알았다. SPTF는 실제 무선 환경에 기초한 실시간 적응을 이용하는 접근방식으로 간섭을 평가하는 방식을 간섭 관리와 간섭의 정량화를 위한 새로운 간섭 온도의 방식으로 이동하였다[1].

간섭이 스펙트럼 사용자나 서비스 제공업체에 미치는 영향은 단순한 방해에서부터 경제적인 피해와 생명과 재산의 위협에 이르기까지 매우 광범위하다. 간섭 방지는 근본적으로 스펙트럼의 사용 권한과 이에 따른 의무와 관련이 있으며 스펙트럼 사용의 효율성에도 영향을 미친다. 규정상의 간섭 방지 기술 기준이 지나치게 느슨한 경우 기존의 계획된 서비스에 피해를 줄 수 있고 반대로 과도하게 엄격한 기술 기준은 새로운 서비스나 기술의 도입을 방해할 수

있다. 간섭 방지는 FCC의 모든 위원회에서 항상 중요하게 고려되어 왔으며 간섭을 다루기 위한 다양한 방법이 강구되어 왔다. 대부분의 서비스들은 간섭 방지를 위한 공통의 요소들을 가지고 있는데 예를 들면 대역 내 전력(in-band power)과 대역 외 방사(out-of-band emissions) 등이다.

최근 무선통신 환경이 사회 경제적으로 크게 변화함에 따라 패러다임의 변화가 간섭 신호 관리 분야에서도 감지되고 있으며 그 중 몇 가지를 언급하면 다음과 같다.

(1) 많은 무선 통신 서비스가 최근 크게 성장하였다.

예를 들면 미국 대도시에서 6, 11, 18, 23GHz를 사용하는 서비스가 15~900%의 성장률을 보여주었다. 또한 PCS 사업자인 Sprint사에 의하면 이동통신 사용자 수가 1995년 말 33,800,000명에서 2001년 말 128,400,000명으로 거의 4배가 증가하여 12살 이상의 미국인 중 58%가 이동 서비스에 가입하고 있다.

(2) RF 장비에 대한 소비자들의 요구가 폭발적으로 증가하였다.

미국 소비자 전자 제품 협회에 의하면 초 저전력 근거리 RF 제품에 대한 수요가 급증하였다. 예를 들면 차고문 또는 자동차문 개폐기, 아기 감시장치, 가정용 무선기, 무선 헤드폰, 그리고 Wi-Fi나 블루투스 기술을 사용하는 무선 인터넷 장비 등이 이 범주에 속한다. 가장 일반적인 가정용 무선 전화기는 2001년 3천 6백만 대가 팔렸다. 2002년에는 천만 대의 컴퓨터가 무선 망 기술을 채용한 것으로 추정되며 2005년까지 무선 LAN 산업의 매출은 52억 달러에 이를 것으로 예상된다. 사용자들은 이제 가정이나 사무실 외에도 커피숍이나 공항 등 어디에서나 무선 망 기술을 요구할 것이다. 무선 환경에서 무선 장비의 수와 밀도가 증가함에 따라 간섭 관리에 대한 새로운 접근 방법이 요구되고 있다.

(3) 비교적 적은 수의 파형이 넓은 대역에서 변화하는 신호 구조와 변조 형태에 혼합되었다.

최근에는 단일 그룹의 사용자들이라고 하더라도

서로 다양한 디지털 기술을 사용하고 있다. Cellular Wireless사에 의하면 CMRS 라이선스를 사용하는 사용자들은 아날로그 AMPS 방식 외에 TDMA, CDMA, GSM, iDEN 등 네 가지 디지털 기술을 사용하고 있다. 이러한 환경에서 현재의 간섭 관리 방식을 적용한다면 유연성이 더해진 최근의 통신 방식과 기존의 간섭 방지 규정은 서로 상충되는 심각한 결과가 발생할 수 있다. 동일한 스펙트럼 또는 이웃한 스펙트럼을 사용하는 서로 다른 파형 간의 잠재적인 상호 간섭은 아직까지도 충분히 평가되지 않고 있다. 여러 가지 형태의 파형으로부터 한 가지 파형을 보호하는 것보다 동일한 파형 간에 보호 규정을 만드는 것이 훨씬 쉽다. 파형 또는 변조 방식의 변경 등 유연성이 실제로 통신 시스템에 구현되었을 경우 간섭의 범위를 미리 정하는 것은 더욱 어려워진다. 최악의 환경을 고려한 전파 분석을 항상 적용할 수 있는 상황도 아니다. 두 개 혹은 그 이상의 파형이 스펙트럼을 공유할 수 있는지를 증명하기 위한 실험실 테스트도 더욱 복잡해지고, 시간과 비용이 더 소요될 것이다. 간섭 문제와 RF 환경의 복잡성으로 인하여 간섭 방지 해법은 주로 기술에 의존할 수 밖에 없다.

(4) FCC의 입장에서는 급속히 발전하는 기술의 사용을 장려하고 힘을 실어줄 필요가 있다.

디지털 신호처리와 안테나 기술의 발전으로 인하여 통신 시스템과 장비들은 주변 RF 환경을 감지하고 적응하는 능력을 향상시킴으로써 간섭에 더욱 잘 견디게 되었다. 이에 따라 시스템의 입장에서는 모든 간섭이 동일한 영향을 주지 않는 상황, 즉, 간섭의 종류에 따른 영향의 분석이 필요하게 되었다. 무선 시스템의 신호에 악영향을 주는 원인은 내부 간섭 신호, 외부 간섭과 여러 가지 잡음원으로 크게 분류할 수 있다. 예를 들면, CDMA와 같은 시스템에서는 간섭에 대한 사전 정보를 충분히 알 수 있으며, 이를 제거할 것인지 아니면 최소화 할 것인지를 결정해야 한다. 한편, 외부로부터의 간섭은 마치 열 잡음과 유사하며 디지털 신호처리 기술로 감소시킬 수 없다. 결과적으로 빠르게 변화하는 통신 기술이 이

해하고, 다양한 신호의 상호 간섭에 대응해야 한다. 또한, 스펙트럼을 감시하고 측정하는 기술을 지속적으로 발전시켜야 한다.

새로운 패러다임을 도입하기 위하여 고려해야 할 사항은 크게 다섯 가지로 구분할 수 있으며 이 중 수신기 간섭 기준과 관련된 내용은 다음과 같다.

- (1) 허용 가능한 간섭 레벨의 결정(Quantification of Acceptable Interference Levels)
- (2) 간섭 제어를 위한 송신기 기능 향상(Transmitter Enhancement for Interference Control)
- (3) 기술적 특성이 유사한 무선 통신 그룹에 스펙트럼 할당(Allocating Spectrum to Radio Communications Services That are Grouped Together by Their Similar Technical Characteristics)
- (4) 수신기에 대한 표준과 제안(Inclusion of Receiver Standards/Guidelines)
- (5) 간섭 문제에 대한 보다 많은 토의(Improved Communications on Interference Issues with the Public)

또한 FCC는 수신기 관점의 규제를 하기 위하여 수신기에 대한 입장을 정리하였으며 또한 수신기 관점의 규제를 하기 위하여 간섭을 정량화하고 관리하는 간섭 관리에 대한 접근방법인 간섭온도에 관한 개념을 정의하였다. 먼저 FCC의 수신기에 대한 입장과 FCC가 언급한 수신기와 관련된 정보, 해설, 연구의 항목에 관한 사항은 아래와 같다[2].

- FCC의 수신기에 대한 입장
 - 수신기 성능 spec은 spectrum의 보다 효율적인 이용을 촉진시키고 무선통신에 대한 새롭고 추가적인 이용의 기회를 창출한다.
 - 무선 수신기의 간섭에 대한 민감성(특히 원하지 않는 RF 에너지 또는 신호의 제거와 관련됨)은 주로 수신기 장치의 간섭에 대한 면역성에 주로 의존하며 만약 무선서비스와 함께 사용되어지는 수신기가 원하지 않는 RF 에너

지 또는 신호에 대한 면역성 또는 내성을 제 공하도록 설계되어져 있다면 스펙트럼에 대한 접근할 수 있는 보다 큰 기회를 가졌다는 것이며 동시에 스펙트럼 자원의 보다 효율적이고 예측적인 이용이 가능하다는 것을 의미한다.

- FCC의 수신기에 대한 정보, 해설, 연구 중 찾고 있다고 언급한 항목
 - 기존의 수신기의 면역성과 간섭내성
 - 다양한 무선서비스에서 수신기 면역성의 정도를 개선할 수 있는 가능성
 - 시장부문에서 수신기 표준의 잠재적인 긍정적 및 부정적인 측면
 - 수신기의 면역성과 간섭내성에 대한 원하는 레벨을 얻을 수 있는 가능한 접근방식(성능의 개선과 자발적인 업계 표준, 강제 표준 및 이러한 두 가지 표준의 조합을 포함한다.)
 - 다양한 면허를 부여 받은 무선서비스에 있어서 위의 문제들에 대한 FCC의 접근방식을 안내할 수 있는 고려사항

FCC는 일반적으로 모든 수신기를 강제 표준의 지배 하에 있는 새로운 규제 제도로 시행할 시기가 아니라고 언급하면서 모든 수신기를 공식적으로 강제 표준으로 법에 편입시키기 보다는 수신기 면역성에 대한 가이드라인을 관리하고 시장에 근본적으로 의존하는 것이 낫다고 믿고 있다. 이와 관련된 FCC의 의견이 아래에 나와 있다[3].

- 수신기에 대한 FCC의 입장
 - FCC는 수신기 성능 표준이 추가적인 스펙트럼 능력을 만들어 낼 경우 이를 설명할 수 있는 기술적인 기록을 저장하기 위해 노력하고 있으며 수신기의 환경, 수신기의 특정한 응용, 간섭이 없거나 또는 채널이 같고 인접한 사용자는 중요한 요인이 된다고 생각하고 있다.
- 수신기 규제를 위한 배경
 - 수신기 환경의 한 가지 단면은 주의 잡음(am-

bient noise)이다. 주위 잡음은 시간, 날짜, 계절, 건 습 조건, 태양의 주기, 전기적 폭풍, 인간이 만든 잡 음 소스 등에 따라서 변화한다. 이러한 잡음들이 수 신기의 성능에 영향을 미치게 된다. 따라서 많은 스펙트럼의 이용자들은 수신기의 면역성에 대한 표준 을 고려할 필요성이 있다고 생각하고 있으며 시스템 의 성능 또한 수신 안테나 성능을 포함하는 총 시스 템에 대하여 고려되어야 한다고 여기고 있다. 그리 고 어떤 서비스 그룹에 대하여 안테나를 제외하는 것은 수신기의 면역 성능의 충분한 의미와 특성을 설명하기 위한 충분히 의미 있는 자료를 만들어 내 지 못할 것이라고 생각하고 있다.

FCC는 수신기에 대한 입장과 규제 배경을 제시 한 것 뿐만 아니라 규제를 위한 수신기와 송신기의 성능 등급에 대한 기준 또한 제시하였다.

• 간섭에 대한 민감도

수신기의 간섭에 대한 민감도는 특히 원하지 않 는 RF 신호의 제거와 관련된 장비의 간섭 면역성에 주로 의존하고 수신기는 송신기만큼 감지된 간섭에 대해 기여한다.

• 수신기와 송신기의 성능 등급 기준

다양한 특징을 갖는 다양한 종류의 수신기와 송 신기의 성능 등급에 따른 종류는 <표 1>, <표 2>와 같다.

이 간섭온도의 개념은 송신기 운용에 기반하여 간섭을 평가하는 현재의 모델이 송신기와 수신기간 의 상호작용을 고려하면서 실제 무선 환경에 기반한 접근방법으로 옮겨갈 것을 설명한다. 간섭온도 모델 은 송신기들과 잡음원들로부터 발생된 모든 원하지 않는 무선(RF) 에너지의 누적 효과를 고려한 잠재적 으로 보다 정확한 간섭의 양을 정의함으로써 스펙트 럼 관계에 대한 FCC의 접근방법에 있어서의 근본 적인 방법의 변화를 나타낸다.

이 새로운 접근방법은 최대 허용 가능한 간섭을 고려하여 무선 서비스 면허인들에게 보다 더 큰 확 신을 제공할 수 있으며 면허인들이 운용하고 있는 주파수 대역 내에 존재할 수 있는 유해한 간섭에 대

<표 1> 수신기의 종류

수신기의 종류	특징
Class A	간섭(intermodulation, 인접채널제거, 선택도)에 대하여 면역성이 매우 높고 감도도 매우 높음 (즉, 낮은 수신기 내부 잡음을 가짐)
Class B	적당한 간섭에 대한 면역성, 적당한 감도를 가짐
Class C	표준 감도를 가지고 간섭에 대한 적당한 표준 면역성을 가짐
Class D	실험적인 수신기 기술(제외)

<표 2> 송신기의 종류

송신기의 종류	특징
Class A	매우 낮은 RF "pollution"(낮은 대역 외 방사(OOBE), 높은 인접채널 감쇠, 견고한 주파수 안정성, 그리고 상대 수신기 위치에서 낮은 전력 레벨을 가짐)
Class B	적절한 RF "pollution"(적절한 OOBE, 적절한 인접채널 감쇠, 적절한 주파수 안정성, 상대 수신기 위치에서 적절한 전력레벨을 가짐)
Class C	높은 RF "pollution"(높은 OOBE, 낮은 인접채널감쇠, 느슨한 주파수 안정성, 상대 수신기 위치에서 높은 전력레벨을 가짐)
Class D	실험적인 수신기 기술(제외)

한 보다 더 큰 보호를 제공할 수 있다. 또한 이 모델 에서는 간섭을 스펙트럼 기반의 장비의 전송으로부터 실제 축적된 무선 에너지로 고려하고 이러한 총 전송에 대한 최대값으로 설정할 것이다. 대조적으로 간섭을 관리하는 현재의 접근방법은 간섭을 막기 위 한 간단한 방법으로 각각의 스펙트럼 기반의 장비의 전송 전력을 상술하고 제한하는 데 집중하고 있다. 또한 새로운 간섭 관리의 범례가 되기 위하여 대역 폭 당 하나의 수신기 시스템에 나타나는 원하지 않는 전력 방출기(emitter)에 의해 생성된 무선 전력과 잡음원에 의하여 생성된 전력의 합으로써 간섭온 도를 정의한다.

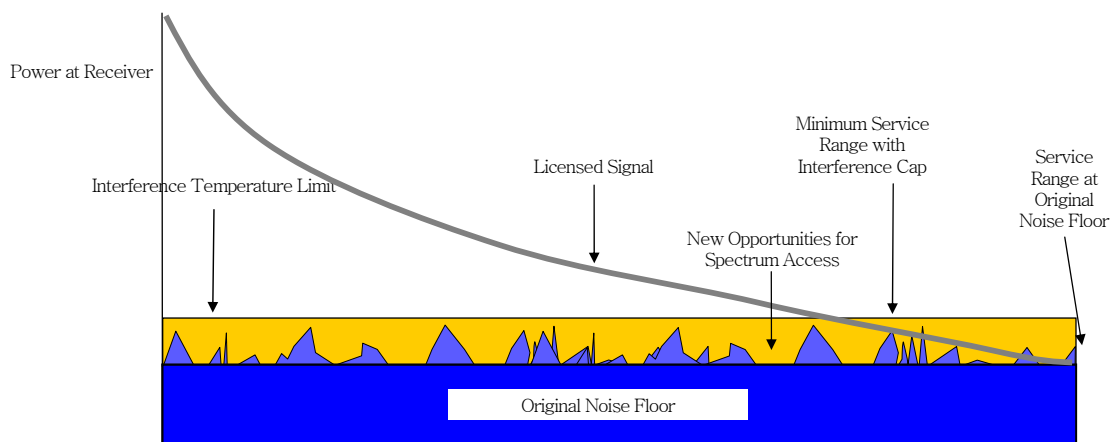
간섭온도 접근방식은 새로운 서비스들에 대한 기 회를 창조하고 기존의 서비스들에 대한 예상되는 간 섭을 개선하면서 무선 스펙트럼의 보다 집중적인 이 용을 촉진할 것이다. 보다 정확히 간섭온도는 켈빈 단위로 측정된 전력(전력 방출기에 의해 생성된 무 선 전력과 잡음원에 의하여 생성된 전력의 합)의 등

가 온도이다. 간섭온도는 안테나에서 수신된 전력을 관련된 RF 대역폭(Hz)과 볼츠만 상수(Boltzman's constant)로 알려진 항으로 나눈으로써 계산된다. 이를 달리 표현하면 수신 안테나에서 존재하는 전력 플럭스 밀도에 안테나의 유효 캡처 면적을 곱한 값으로도 계산될 수도 있다. 여기서 전력 플럭스 밀도의 단위는 제곱미터 당 와트(watts per meter squared)이다.

또한 간섭온도를 수신 안테나의 유효 캡처 면적으로 나누어 줌으로써 계산될 수 있으며 유효 캡처 면적은 안테나 이득과 수신 주파수에 의하여 결정된다. 간섭온도 밀도는 이득을 알고 있는 기준 안테나를 사용함으로써 특정한 주파수에 대하여 구할 수 있다. 이렇게 되면 수신안테나 특성에 독립적인 신호 전파 변수를 다룰 수 있다. 간섭온도와 안테나 온도는 개념적으로 동일하며 간섭온도라는 용어가 간섭을 관리하는 측면에서는 보다 더 적합하다. 그리고 간섭온도 개념은 AWGN 잡음의 성질을 갖는 RF 환경에서 보다 적합하다. 즉 주어진 주파수 대역폭 상에서 일정한 값의 전력 스펙트럼 밀도를 갖는 신호의 경우에 더 적합한 개념이다. 이러한 신호의 경우 안테나의 끝 단에서 수신된 전력은 간섭온도와 대역폭 그리고 볼츠만 상수의 곱으로 계산될 수 있다.

간섭온도 측정은 다양한 수신기의 위치에서 이루어지지만 수신기의 위치는 간섭으로부터의 보호 대

상인 통신 시스템의 전 서비스 영역 내의 임의의 지점이 되며 이러한 측정은 무선 환경의 실시간 조건을 측정할 수 있다. 자신의 위치에서 이러한 해석의 결과가 간섭온도의 제한치보다 낮다면 장비는 전송을 할 것이다. 무선 신호에 대한 기타 표현식과 마찬가지로 간섭 온도의 순간적인 값들은 시간에 따라 값이 변하며 따라서 통계적으로 다루어야 할 필요가 있다. 이를 위하여 개념상의 간섭 온도계가 필요하며 이 온도계는 특정 주파수 대역을 지속적으로 감시하여 간섭 온도 값을 측정하고 기록한 후 적절한 총계 값을 계산한다. 이러한 실시간 값들은 인접한 무선 송신기의 운영에 영향을 줄 수 있다. 측정 장비들은 적절한 옵션으로 설계됨으로써 특성을 알고 있는 특정 신호가 채널 상의 에너지에 미치는 영향을 포함하거나 배제하도록 설계할 수 있다. 측정 장비는 자신의 위치에서 간섭온도를 측정하고 장비 자신의 무선 에너지 기여분에 측정값을 더한 값에 기초하여 송신/비 송신을 결정한다. 간섭 온도라고 하는 계량법을 사용함으로써 간섭의 최대 허용 가능한 레벨을 결정할 수 있고 수신기가 동작하는 최악의 환경을 결정할 수 있다. 또한 간섭 온도의 문턱값을 사용함으로써 간섭으로부터 보호 받을 권리를 정의할 수 있다. 문턱값 레벨은 대역, 지역, 그리고 서비스에 따라 설정값이 달라진다. (그림 1)은 수신된 전력이 시스템으로 만들어졌을 때 존재하던 잡음 최저값



(그림 1) 면허가 있는 송신기 안테나로부터 거리

에 접근하는 영역 밖에서 동작하도록 설계된 무선국의 신호를 보여준다[2]. 추가적인 간섭을 일으키는 신호가 나타나면 서비스 영역 내의 다양한 지점에서 원 잡음 최저값보다 높은 값으로 나타나는 잡음 최저값이 증가한다. 결과적으로 무선국의 서비스 신빙성과 신호의 유효 도달 범위(coverage)가 감소한다.

(그림 1)의 Minimum Service Range with Interference Cap과 Service Range at Original Noise Floor는 일정한 신호 범위 내에서 동작하도록 설계된 통신 시스템으로서 이 신호 범위에서는 수신된 전력이 noise floor에 근접하게 된다. 이때, 부가적인 간섭신호, 예를 들면, 비허가 장비로부터의 신호나 새로운 사용자의 대역 외 방사 등으로 인한 간섭신호가 더해지는 경우 noise floor는 예측할 수 없는 형태로 증가하게 된다. 결과적으로 서비스 신뢰도나 신호의 커버리지 등이 사전 예고 없이 악화되는 상황이 된다. (그림 1)의 Interference Temperature Limit과 New Opportunities for Spectrum Access는 서비스의 질이 허용 가능한 간섭온도에 의하여 보호됨을 나타낸다. 온도의 상한을 넘지 않는 신호 경로에서는 추가적으로 스펙트럼을 사용할 기회가 있으며 단 추가되는 장비는 간섭온도 온도계와 전송 제어 장비를 갖춘 저전력 방출기여야 한다. 장기적 관점에서 이 방식은 값비싼 송신기 필터링을 대신하여 대역 외 방사를 규제하는 또 다른 방법으로써 사용될 수 있다.

간섭온도 제한치의 설정은 무선국이 경험하는 새로운 간섭의 양을 고정시킬 것이다. 즉 무선국의 신호가 간섭온도의 최고 레벨을 초과하는 모든 위치에서 무선국은 서비스를 제공하는 것을 보장한다. 이것은 면허가 있는 운용은 새로운 간섭으로부터 그 이상의 서비스의 감소 또는 손실을 경험하지 않는다는 것을 보장하고 무선국이 운용되고 있는 대역 내의 간섭을 일으키는 무선 에너지의 최대 허용 가능한 레벨을 고려하면서 점유자(주파수를 점유하고 있는 무선국)에게 보다 큰 확신을 제공하며 간섭온도 제한치는 장비 또는 시스템 설계자를 위하여 운영 환경의 기준을 제공하는 최악의 경우의 무선 환경을

묘사하는 데 도움이 된다. 이것은 무선 시스템 계획에 포함된 수많은 기술적, 경제적 조건의 균형을 설계자가 맞출 수 있도록 도와준다. 또한 이러한 접근 방법은 비면허 장비의 사용자들에게 유익할 것이다. 간섭온도가 초과되지 않는 영역 내에서 간섭온도 최고치가 초과되는 조건에 송신기들이 기여하지 않도록 하기 위하여 운용을 제어하고 간섭 온도를 감시하기 위하여 설치된 송신기에 의한 추가적인 운용에 대한 기회가 존재한다. 그러므로 비면허 사용자와 장비들에 대한 스펙트럼 접근이 증가되고 있다. 간섭온도 개념을 이용한 효과적인 간섭 감소는 최신의 송신기 출력 필터링과 디지털 신호처리 능력을 사용함으로써 향상될 수 있다.

Ⅲ. 결론

전 세계적으로 전파통신 기술이 급속히 발전하면서 여러 가지 형태의 다양한 통신 서비스들이 새롭게 도입되고 있다. 다양한 통신 서비스들이 도입됨에 따라 새로운 주파수 자원에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있으나 각 나라에서는 주파수 자원의 유한함으로 인하여 주파수 재할당과 재분배를 통하여 주파수 이용 효율성의 최대화를 위한 제도를 수립하거나 법 제정을 진행중이다.

이러한 진행중에 있는 제도나 법 가운데 대표적인 것이 수신기에 대한 법규 제정 움직임 들 수 있다. 특히 미국 FCC에서는 간섭 온도라고 하는 새로운 개념의 도입을 위한 조사 연구를 추진하고 있다. 이것은 간섭의 양을 측정하고 관리함으로써 스펙트럼의 효율적인 관리를 추구하는 것이다. 이러한 과정은 FCC에서 수행해 왔던 스펙트럼 관리 방법에 대한 근본적인 패러다임이 송신기에서 수신기로 이동함을 의미한다. 이와 같은 패러다임의 변화는 무선 송신기의 수가 증가하고 이동성과 다양성이 증가하면서 간섭 신호에 대한 관리가 어려워지는 반면 서비스 사용자들은 주파수 대역을 사용하는 데 있어서 과거보다 유연성이 증가된 것이 그 원인이라고 할 수 있다.

이와 같은 추세를 반영하여 우리 나라에서도 송신기 출력 스펙트럼 위주의 규격에서 수신기에 대한 규격까지도 법 제정을 검토해야 할 시점에 와 있으며 이를 위하여 본 논문에서는 수신기에 대한 법규 제정을 위하여 미국 FCC의 간섭관리를 위한 수신기의 간섭온도의 개념과 의미 등을 살펴보았다. 주요 내용은 스펙트럼 정책이 “주변의 잡음 제한적” 환경에서 “간섭 제한적” 환경으로 바뀌어야 한다는 것, 간섭온도와 결합하여 사용될 수 있는 기술을 포함하여 환경을 센싱하고 제어하는 기술이 더욱 확대 사용되어야 한다는 것, 간섭 관리 기능은 방출기에서 발생된 신호가 허용된 신호 범위 내에서 공간적으로 일정하게 분포할 수 있을 정도로 향상될 수 있다는 것, 그리고 효과적인 간섭 감소는 최신의 송신기 출력 필터링과 이와 관련된 디지털 신호 처리 능력을 사용함으로써 향상될 수 있다는 것이다. 이와 같은 방향으로 나아가기 위하여 보다 구체적인 방법, 즉 보다 발전된 기술을 사용하여 송신기와 수신기가 RF 환경과 상호 작용할 수 있어야 하며 간섭 온도 외의 세 가지 중요한 요소가 있는데 다음과 같다.

- (1) 최대 허용 가능한 간섭 문턱값을 넘지 않도록 하기 위하여 전력 방출기가 주변 환경에 적응하는 데 필요한 정보
- (2) 간섭 온도 데이터를 수집하고, 이를 전력 방출기로 전달하는 방법
- (3) 전력 방출기가 수집된 데이터에 반응

RF 방출기는 자신의 일반적인 신호 범위에 있을 경우에 간섭 온도에 대하여 알 필요가 있다. 이 데이터는 몇 가지 방법을 사용하여 얻을 수 있다. 우선 저전력 장비인 경우 신호의 변화 범위가 작다면 방출기에 의하여 직접 측정될 수 있다. 보다 일반적으로 스펙트럼 감시국을 격자 형태로 설치하여 특정 주파수 대역의 RF 환경을 지속적으로 감시할 수 있으며, 데이터를 처리한 후 패킷화된 간섭 온도 데이터를 할당된 주파수를 사용하여 브로드캐스트한다. 데이터 패킷은 간섭 온도 측정 지점의 지리적 위치, 관련된 주파수 및 대역과 측정 대역폭 등을 포함한다.

데이터를 전달하는 또 다른 방법으로서 RF 환경 내에서 동작하는 송신기와 수신기가 간섭 온도 온도 계와 위치 결정을 위한 GPS 센서를 갖추는 경우를 고려할 수 있다. 네트워크 내에 있는 장비들은 지속적으로 간섭 온도를 측정하고, 실시간 데이터 패킷을 네트워크를 통하여 라우팅한다. 네트워크 내에 있지 않은 RF 통신 장비들도 이 정보를 측정하고 전송할 수 있는 장치를 갖출 수 있다. 간섭 온도 문턱값을 따라야 하는 장비의 경우, 응답 내용에는 송신 전력의 감소, 안테나 빔 재형성, 또 다른 전송 주파수의 선정, 또는 주변 환경이 전송을 허용할 때까지 잠시 대기 결정 등이 포함된다.

따라서 향후 간섭 관리 정책은 “간섭 제한적”인 무선 환경에 근거하여야 할 것이며 간섭 관리의 수단으로 송신기의 기능을 향상시켜야 한다. 그리고 장기적 관점에서 주변 환경을 센싱하는 능력과 적응적 송신기 제어 기술을 간섭 온도와 함께 사용하도록 유도하여야 한다. 신호 레벨이 공간적으로 균일하게 분포되도록 하는 기술을 사용하도록 유도하여야 하고 대역 외 방사 규정을 더욱 엄격히 관리하여야 하며 새로운 기술의 사용을 유도하고 소요 비용의 과다 유무를 검토하여야 한다.

약 어 정 리

AMPS	Advanced Mobile Phone Service Systems
AWGN	Additive White Gaussian Noise
CDMA	Code Division Multiple Access
CMRS	Commercial Mobile Radio Services
GSM	Global System for Mobile Communications
iDEN	Integrated Digital Enhanced Network
OOBE	Out Of Band Emissions
TDMA	Time Division Multiple Access

참 고 문 헌

- [1] FCC 03-289 Notice of Inquiry and Notice of Proposed Rulemaking, “Establishment of an Interference Temperature Metric to Quantify and Manage

Interference and to Expand Available Unlicensed Operation in Certain Fixed, Mobile and Satellite Frequency Bands,” 2003.

[2] FCC News, “FCC Begins Inquiry Regarding Interference Immunity Performance Specifications for

Receivers,” 2003.

[3] FCC ET Docket No. 03-65, “Interference Immunity Performance Specifications for Radio Receivers,” 2003.