

무선국 증가에 반하여 사용할 수 있는 스펙트럼 사용량은 한정되어 있기 때문에 가용 스펙트럼을 가지고 많은 배분 요구를 수용하기에는 스펙트럼의 대역을 넓히더라도 충분하지 못하게 될 것이다. 이와 같은 스펙트럼에 대한 사용자의 요구를 충족하기 위해서는 스펙트럼의 효율적인 할당과 공유를 위한 스펙트럼 엔지니어링기술이 요구된다.

본 고에서는 ITU-R SG1에서 제시하고 있는 스펙트럼 엔지니어링기술 동향에 대해 분석해 보고, 이러한 기술들에 대해 국내 동향과 한국전자통신연구원에서 개발한 REGIS(Radio Engineering system based on Geographic Information System) 시스템을 중심으로 분석하여 보았다.

I. 개 요

무선통신에서 스펙트럼(주파수) 이용이 매우 밀집화되고 새로운 무선 서비스가 증가함에 따라 더욱 더 스펙트럼에 의존하게 되며 여러 통신 사업자나 사용자의 요구를 만족시키기 위해서 스펙트럼에 대한 효율적인 이용방안이 절실해지고 있다. 그러나 이러한 주파수 배분 요구를 기존의 수단과 방법으로는 더 이상 들어 줄 수 없게 되었다. 즉, 앞으로는 주파수 지정에 앞서 시간, 공간, 주파수에 대한 EMC 계산이 먼저 이루어짐으로써 스펙트럼의 공유 또는 재사용을 통해 그 효율을 증대시킬 필요가 있게 되었다. 또한, 주파수를 할당하는데 있어서 송출된 신호가 목표 수신국에 적절한 세기의 출력인지, 기존에 인가된 송신국에 미치는 간섭이 허용 가능한 수준인지, 동일 또는 인접 주파수를 사용하는 송신국의 신호가 다른 수신국에 야기되는 혼신의

크기가 허용할 만한 수준인지, 향후 그 지역에서 다른 목적으로 사용될 수도 있는 스펙트럼의 불필요한 점유를 배제하고 있는지 등의 목표를 만족시키기 위한 정밀한 기술계산이 요구된다. 실제 ITU나 각국의 주파수 분배표를 보면 2가지 이상의 서비스로 공유되어 있는데 이러한 평가는 새로 할당될 서비스가 기존의 서비스에 유해한 간섭을 발생시키지 않도록 규제를 하고 있다.

즉, 스펙트럼 엔지니어링기술이란 유해한 간섭을 발생시키지 않으면서도 주파수를 효율적으로 할당시키며 또한 주파수를 공유할 수 있도록 무선통신 서비스를 제공해 주는 기술을 말하며, 협의의 정의로서는 EMC(Electromagnetic Compatibility) 분석기술이라고도 한다. 그리고 이러한 기술에 소요되는 장비의 특성 데이터, 지형 데이터의 처리 등을 포함한 광의의 정의로서 스펙트럼 관리기술이라 하고 있으며 이 기술은 1980년대초부터 컴퓨터를 이용한 계산방법이 도입되기 시작하였으며 현재 ITU-R SG1(Spectrum Management) 산하 WP1A, WP1B에서 다루어지고 있으며 스펙트럼 관리에 필요한 제반 여건을 제공하기 위한 국가적 기능은 [그림 1]과 같다.

본 고에서는 주파수를 효율적으로 이용하기 위한 스펙트럼 엔지니어링에 대해 ITU-R SG1에서 작업이 끝났거나 진행중인 기술 동향을 살펴본 후, 국내의 동향은 주로 한국전자통신연구원에서 개발한 REGIS(Radio Engineering system based on Geographic Information System) 시스템을 중심으로 분석하여 보았다.



[그림 1] 기능적 책임에 근거한 스펙트럼 관리

II. ITU-R의 스펙트럼 엔지니어링기술 동향

2-1 주파수 간격이격, 거리가격 계산

주파수와 출력 관계로부터 원하는 신호와 피간섭 수신기 특성 사이의 상호간 최소주파수 이격간격 및 장소 이격기준을 정량화하는 기본적인 방법으로 FDR(Frequency Dependent Rejection)과 FD(Frequency-Distance)를 이용하였다. 이 중, FDR은 간섭송신기 방사스펙트럼이 피간섭수신기 선택도에 의해 감쇠된 양으로서 다음과 같이 정의된다.

$$FDR(\Delta f) = 10 \log \left[\frac{\int_{-\infty}^{\infty} S(f) df}{\int_{-\infty}^{\infty} S(f) R(f + \Delta f) df} \right]$$

여기서,

$S(f)$: 간섭 송신기 전력 스펙트럼 밀도 (W/kHz)

$R(f)$: 간섭 송신기에 동조된 피간섭수신

기의 선택도

Δf : (간섭 송신기 동조 주파수 - 피간섭 수신기 동조 주파수)

또한, FDR은 간섭송신기의 동조주파수와 피간섭 수신기 동조 주파수가 일치할 때의 감쇠량과 일치하지 않을 때의 감쇠량의 합으로 정의할 수도 있다.

$$FDR(\Delta f) = OFR(\Delta f) + OTR$$

여기서,

$OFR(\Delta f)$: 간섭송신기와 피간섭수신기의 동조 주파수가 다를 때 거부한 양(dB)

$$OFR(\Delta f) = 10 \log \left[\frac{\int_{-\infty}^{\infty} S(f) R(f) df}{\int_{-\infty}^{\infty} S(f) R(f + \Delta f) df} \right]$$

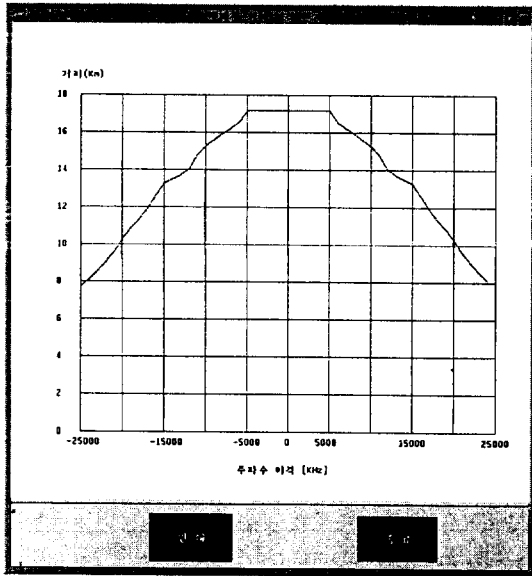
OTR : 간섭송신기와 피간섭수신기가 같은 주파수로 동조되었을 때 거부한 양(dB)

$$OTR = 10 \log \left[\frac{\int_{-\infty}^{\infty} S(f) df}{\int_{-\infty}^{\infty} S(f) R(f) df} \right]$$

주파수-거리 관계를 나타내는 FD곡선은 간섭송신기와 피간섭수신기가 간섭을 일으키지 않고 서로 존재할 수 있도록 하는 주파수와 거리분리의 상호 절충(Trade-off)을 나타내는 것으로 아래 식과 같다.

$$L_s(d) + FDR(\Delta f) > \text{Required total loss}$$

즉, 간섭송신기와 피간섭수신기 사이의 거리함수로서 나타나는 손실항($L_s(d)$)과 동조 주파수의 차이로써 나타나는 손실항($FDR(\Delta f)$)과의 합이 간섭송신기와 피간섭수신기 사이에 필요로 하는 총 손실보다 커야만 피간섭수신기는 정상동작할 수 있



[그림 2] 주파수와 거리 이격

다. 허용 가능한 수신기 성능을 위한 영역과 거리 이격에 대한 다양한 조건에서의 예가 [그림 2]에 표시되어 있다. 그림에서 곡선 위는 허용 가능한 수신기 성능을 만족하는 영역이고, 곡선 아래는 수신기 성능을 만족시키지 못하는 영역을 나타내고 있다.

동일 채널 문제란 두 개의 서로 다른 송신소로부터 수신한 신호가 동일 주파수를 가지거나 수신기 대역상에 있을 때 발생하는 가장 심각한 간섭이다. 고정통신에서는 서로 다른 편파 사용, 방향성 안테나를 사용할 때 이를 해결할 수 있다.

인접 채널 문제란 수신기의 불완전한 sensitivity에 의해 발생된다. 그리고 채널 계획은 변조방식, 송신기 방사, 수신기 sensitivity와 selectivity와 같은 요인을 고려해 세워진다. 인접 채널이나 인접 대역에서의 간섭 분석은 여러 국가에서 주파수 거부량(FDR)에 의존하고 있는데 이것은 수신기에 수신된 전체 유효 출력과 수신기 selectivity, 송신기 방사량, 송수신기의 주파수 이격 등의 파라미터에 기인하고 있다.

2-2 전파전파 특성

정확한 전파전파 손실값 계산이 유해한 간섭 발생이나 원하는 서비스 범위를 결정하는데 유일한 요소이기 때문에 스펙트럼 엔지니어링에 매우 중요한 요소가 된다. 그러나 전파전파특성은 주파수, 편파, 안테나 유효 높이, 기후, 경로상의 장애물 등에 의해 매우 가변적이므로 일년의 시간 단위에 대한 확률로서 나타내고 있으며 간섭계산시 가장 나쁜 통신 조건(매우 짧은 시간)을 반영하도록 해야 한다.

그리고 전파전파 손실은 주파수에 따라 크게 30 MHz이하 대역과 이상 대역의 2가지로 구분할 수 있다. 이는 30 MHz이하 대역에서는 지형의 기복에 독립적이며 대부분이 대기 조건에 좌우되며 30 MHz 이상 대역에서는 송수신간 지형 기복과 장애물 등의 지형적 특성이 중요하기 때문이다. 그리고 30 MHz이상 대역에서 장애물 효과를 분석시 프레넬반경 분석이 필요하며, 각 주파수 대역별 전파 특성과 관련 ITU-R 권고안에 대해 <표 1>에 정리하였다.

2-3 지형 데이터

많은 경우에 있어서, 지형특성의 존재는 원하는 신호와 원하지 않는 신호(간섭) 모두에 큰 변화를 줄 수 있으므로 몇몇 전파 손실을 계산하는 방법들을 이용하기 위해서는 지형데이터가 반드시 필요하다. 과거에 지형도에서 경로 프로파일을 추출하기 위해서는 주로 수작업을 사용하였는데, 이러한 수작업은 많은 노력을 필요로 하며, 시간 낭비적이고, 절차상 비용이 많이 들었다. 그리하여, 선택된 지형 영역에 대한 디지털 지도를 제공하기 위한 노력이 지도 제작 기구들에 의해 행해져 왔으며, 이러한 수치 지도를 이용하여 무선 전파 예측을 위한 중요한 특성들을 쉽게 추출할 수 있게 되었다. 지형 정보는 항공 사진이나, 인공위성에서 촬영한 이미지로부터

〈표 1〉 다양한 주파수 대역을 위한 전파 형식

Band	주파수	모 드	범 위	대역폭	Interference Volume	관련 권고안
VLF	3~30 kHz	wave guide	several 1000 km	very limited	wide spread	
LF	30~300 kHz	ground wave, sky wave	several 1000 km	very limited	wide spread	ITU-R PI.684 ITU-R PI.435 ITU-R PN.368
MF	0.3~3 MHz	ground wave, sky wave	a few 1000 km	moderate	wide spread	ITU-R PN.368 ITU-R PN.832 ITU-R PI.575 ITU-R PI.435
HF	3~30 MHz	sky wave	up to several 1000 km	wide	wide spread	ITU-R PI.434 ITU-R PI.533
VHF	30~300 MHz	space wave, tropospheric scatter, diffraction	up to a few 100 km	very wide	confined	ITU-R PN.525 ITU-R PN.526 ITU-R PN.529 ITU-R PN.370 ITU-R PN.452 ITU-R PI.534 ITU-R PN.834
UHF	0.3~3 GHz	space wave, tropospheric scatter, diffraction, line-of-sight	less than 100 km	very wide	confined	ITU-R PN.525 ITU-R PN.526 ITU-R PN.529 ITU-R PN.370 ITU-R PN.452 ITU-R PI.534 ITU-R PN.834
SHF	3~30 GHz	line-of-sight	30 km ; several 1000 km	very wide up to 1 GHz	generally confined	ITU-R PN.837 ITU-R PN.838 ITU-R PN.530 ITU-R PN.453 ITU-R PN.836 ITU-R PN.680 ITU-R PN.681 ITU-R PN.682
EHF	30~300 GHz	line-of-sight	20 km ; several 1000 km	very wide up to 10 GHz	generally confined	ITU-R PN.837 ITU-R PN.838 ITU-R PN.530 ITU-R PN.453 ITU-R PN.836 ITU-R PN.680 ITU-R PN.681 ITU-R PN.682

얻을 수 있다. 지형 데이터 베이스를 구축하기 위해 사용되는 방식으로는 지형데이터를 균일한 공간적 간격으로 저장하는 grid구조를 주로 이용하여 전파 분석에 사용하고 있으며 경계선, 지역명 등의 가시적인 정보를 위해 벡터구조를 이용하기도 한다. 데이터 해상도는 디지털 저장 용량과 조사하고자 하는 대상의 정확도에 의존하며, 요구되는 지형 데이터의 해상도는 UHF/SHF대역을 위해 1/100,000로부터 HF대역을 위한 1/5,000,000까지 사용되는 주파수 대역에 의존한다.

저장된 지형 데이터를 이용하여 두 지점 사이의 경로 프로파일을 생성할 수 있고, 이 경로 프로파일을 이용하여 line-of-sight지점과 주변 지형의 차폐 효과를 분석할 수 있다.

2-4 간섭 분석

기존의 EMC 환경에 새로운 무선 기지국을 제안할 때 예측 간섭수준과 희망 간섭수준을 비교하여 신규 무선국의 주파수와 거리이격을 선택할 수 있도록 하며, 제안된 무선 기지국의 송출전력을 기존 수신기 입력단에서 어느 정도 수신하는지를 예측하는 모델로서, 신규무선국과 수신기 사이에서의 이득과 손실의 함수로써 계산될 수 있다.

$$I = P_i + G_i + G_r - L_b - OFR - L_s \quad (\text{dB})$$

여기서,

- P_i : 신규 무선국 송신기 전력 (dBW)
- G_i : 신규 무선국 안테나 이득 (dBi)
- G_r : 기존 수신기 안테나 이득 (dBi)
- L_b : 신규 무선국과 기존 수신기 사이의 기본 전송 손실 (dB)
- OFR : 비동조시 주파수 저지 (dB)
- L_s : 추가 시스템 손실 (dB)

예측 간섭 수준과 사용자 정의 간섭 수준을 비교하여 신규 무선국의 주파수를 변화시키든지 아니면 기존 수신기와의 거리를 조정한다든지 하여 신규

무선국의 EMC를 계산할 수 있다.

2-5 혼변조(Intermodulation) 문제

많은 주파수가 인접된 지역에서 무선시스템 상호간에 서로 같이 사용하는 곳이 많다. 이러한 환경에서 주파수가 둘, 또는 여러 개의 주파수 혼합(mixing)에서 생성되는 간섭 현상을 혼변조라 한다. 이러한 혼변조 현상이 일어나기 위해서는 각각의 주파수 사이에는 다음과 같은 상관관계가 성립되어야 한다.

$$f_0 = \pm mf_1 \pm nf_2 \pm pf_3 \dots$$

f_0 : 혼변조를 일으키는 주파수

$f_i (i=1, 2, 3, \dots)$: 수신기에 입력되는 주파수

m, n, p : 양의 정수

혼변조 분석시 대부분 2신호 3차만을 고려하는데, 실제 동작중인 시스템에서 3신호 3차 혼변조가 발생하는 경우가 드물기 때문이며, 수신기뿐만 아니라 송신기에서의 혼변조 현상도 고려되어야만 한다.

수신기 혼변조인 경우 2신호 3차 혼변조 간섭 전력은 다음식과 같이 구할 수 있다.

$$P_{ino} = 2(P_1 - \beta_1 + (P_2 - \beta_2) - K_{2,1})$$

여기서,

- P_1 : 주파수 f_1 에서의 간섭 신호 전력
- P_2 : 주파수 f_2 에서의 간섭 신호 전력
- P_{ino} : 주파수 $f_0 (f_0=2f_1-f_2)$ 에서의 3차 혼변조 곱의 전력
- $K_{2,1}$: 3차 혼변조 측정 혹은 장비 사양으로부터 구해지는 3차 혼변조 계수
- β_1 : 동작 주파수 f_0 로부터 주파수 이격 Δf_1 에서의 RF 주파수 선택 파라미터
- β_2 : 동작 주파수 f_0 로부터 주파수 이격 Δf_2 에서의 RF 주파수 선택 파라미터

또한, 송신기에서 발생하고, 수신기 입력단에 수신되는 혼변조 곱의 전력식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$P_i = P_2 - \beta_{12} - \beta_{10} - K_{(2),1} - L_{10} \quad (\text{dBW})$$

여기서,

P_2 : 혼변조 곱을 발생시킬 수 있도록 영향을 받은 주파수 f_1 을 갖는 송신기 출력단에서의 주파수 f_2 를 갖는 간섭 송신기 전력

β_{12} : 주파수 f_2 에 대한 주파수 f_1 을 갖는 송신기 안테나와 출력단 회로에서의 주파수 이격에 기인하는 감쇠량

β_{10} : 혼변조 곱(주파수 f_0)에 대한 주파수 f_1 을 갖는 송신기 안테나와 출력단 회로에서의 주파수 이격에 기인하는 감쇠량

$K_{(2),1}$: 송신기에서 혼변조 변환 손실

L_{10} : 주파수 f_1 을 갖는 송신기와 수신기 경로에서의 혼변조 곱의 감쇠

혼변조에 대한 자세한 설명은 권고안 ITU-R SM.1134를 참조하기 바란다.

2-6 공유방법 및 기준

만족할만한 통신을 위해서는 송신시스템의 원하는 신호가 타시스템의 간섭 신호뿐만 아니라 잡음보다도 커야 한다. 그러나 이러한 공유 기준은 스펙트럼을 사용하고 있는 다양한 통신서비스들 사이에 매우 큰 차이가 있다. 즉 이동통신, 레이다, 고정통신 등의 서비스는 서로 다른 요구사항과 장비의 기술적 특성으로 인해 서로 다른 공유기준을 가진다. 이런 다양한 기술적인 특성으로 인해 ITU-R이나 각 국에서는 타 서비스간의 보호비 기준(Protection Ratio), 수신 잡음 한계치(threshold level), 수신기의 sensitivity 등 다양한 기준이 있다. <표 2>에 공유를 가능케 하는데 이용될 수 있는 몇몇 기술적 방법들을 정리하였다.

주로 실제 공학적으로 분석하는 방법에서는 거리 이격 방식을 적용하고 있으며, 이때 공유를 결정하기 위해 사용되는 공식은 간섭 분석에서 설명한 공식을 사용한다.

공유의 예로 ITU-R IS.851에서 권고한 VHF/UHF대역에서의 육상 이동 서비스와 방송 서비스 사이의 공유기준은 다음과 같다.

각 변조 방식을 이용하는 육상 이동 서비스로부터 텔레비전과 음성 방송 서비스를 보호하기 위해 필요한 전계강도가 <표 3>과 같이 ITU-R BT.417

<표 2> 공유를 용이하게 하기 위한 기술적 방법

주파수 분리	공간 분리	시간 분리	직교 신호 분리
채널 할당 계획	기지국 장소 선정	Duty 사이클 조절	CDMA
동적 실시간 주파수 할당	안테나 패턴 식별	최대 점유 주기의 병렬	안테나 극성
FDMA	물리적 장벽	동적 실시간 주파수 할당	다른 대역 확산 기술
코딩	기지국 장소 보호	TDMA	(주파수 호핑, 복합적 방법)
■ 에러 정정	간섭 전력	코딩	
■ 압축	■ 동적 송신기 레벨 조절	■ 에러 정정	
방사와 수신 특성	■ pfd 레벨	■ 압축	
다양한 동적 분배	■ 공간 분할 다중 접속	방사특성	
주파수 허용률	■ 전력 밀도 레벨		

〈표 3〉 각 변조 방식을 이용하는 육상 이동 서비스로부터 텔레비전과 음성 방송 서비스를 보호하기 위해 필요한 전계강도

주파수 대역(MHz)	전계강도($\mu\text{v}/\text{m}$)
44~108	48
66~108	54 for stereo FM service
137~254	56
470~582	65
582~960	70

에 주어져 있다.

이러한 값들은 지상 10 m 높이를 갖는 안테나에 적용될 수 있고, 빌딩 높이가 10 m보다 훨씬 더 높은 도시 지역과 더 높은 전계강도가 필요한 중계 송신기를 위한 보호값을 결정하기 위한 연구가 더 진행되어야만 한다.

방송 서비스로부터의 간섭에 관련하여 공유 주파수 대역에서 각 변조 방식을 사용하는 육상 이동 서비스를 보호하기 위해, 25 또는 30 kHz 채널 간격을 사용하는 육상 이동 수신기에 필요한 전계강도는 〈표 4〉와 같다.

〈표 4〉에서 등급은 음성에 대한 간섭의 영향을 나타내고 있다. 등급 5는 간섭 영향이 거의 없음을

〈표 4〉 방송 서비스 간섭으로부터 각 변조 방식을 이용하는 육상 이동 서비스를 보호하기 위해 필요한 전계강도

주파수 대역(MHz)	전계강도($\mu\text{v}/\text{m}$)	
	Grade 3	Grade 4
44~68	16	19
68~87.5	15	20
87.5~108	14	20
137~254	14	21
470~582	20	24
582~960	30	38

나타내고 있고, 등급 4는 인식 가능한 간섭을 나타내고 있으며, 등급 3은 듣기에 짜증스러울 만큼의 간섭의 생성함을 나타낸다. 12.5 또는 15 kHz 채널 간격에 대해 위의 값들은 3 dB 더 높아야만 한다.

두 서비스의 캐리어 주파수 사이의 여러 가지 주파수 간격에 대한 등급 3인 육상 이동 서비스와 음성 방송 서비스 사이의 공유의 경우 12.5 kHz 채널 간격을 사용하는 육상 이동 서비스를 위한 보호비는 〈표 5〉와 같다.

2-7 보호비

간섭 및 공유 기준에는 여러 가지 평가함수를 사용하고 있으나 그 중에서도 보호비 기준이 일반적이다. WARC-79에서는 보호비를 다음과 같이 정의하고 있다. 즉 수신기의 출력단에서 원하는 신호의 주어진 수신 품질을 얻기 위하여 수신기의 입력단에서 원하는 신호 대 원하지 않는 신호의 평균전력비에 대한 최소값으로 정의하고 있다.

ITU-R에서는 효과적인 스펙트럼 이용을 위한 스펙트럼 공유 연구에서 대단히 중요한 관점인 보호비 기준에 대하여 논의하고 있다. 주파수 공유에 대한 기준을 마련하기 위해서는 임의의 방출, 방사 및 유도가 무선 서비스에 영향을 미치는 간섭 레벨을 결정하는 것이 필요하며, 보호비 기준은 간섭 레벨을 기술하는 방법 중의 하나로서 자세한 내용은

〈표 5〉 등급 3인 육상 이동 서비스와 음성 방송 서비스 사이의 공유의 경우 12.5 kHz 채널 간격을 사용하는 육상 이동 서비스를 위한 보호비

주파수 이격(kHz)	보호비(dB)
0	8
25	6
50	-5.5
75	-17.5
100	-27.5

ITU-R SM.669-1에 일부 시스템에 대해 서술하고 있다.

2-8 잡음 레벨

대기 잡음, 우주 잡음, 인공 잡음과 같은 외부 잡음이 역으로 무선 통신 시스템의 동작에 영향을 준다. 0.1 Hz부터 100 GHz 대역에서 자연적인 잡음원과 인공적인 잡음원으로부터 지상 수신기단에 기대되어질 수 있는 최소 외부 잡음이 CCIR 보고서 670에 언급되어 있다. 여러 가지 복합적인 잡음원에 대한 전체적인 동작 잡음 요소(f)는 다음식과 같다.

$$f = f_a + (l_c - 1)(t_c / t_0) + l_c(l_i - 1)(t_i / t_0) + l_c l_i(f_r - 1)$$

여기서, f_a : 외부 잡음 요소

f_r : 수신기에서의 잡음 요소

l_c : 안테나 회로 손실

l_i : 전송선 손실

t_0 : 기준 온도 ; 288K

t_c : 안테나의 실제 온도

t_i : 전송선 온도

많은 외부 잡음들은 자연상에서 임펄스성이고, 시스템 성능은 간섭 잡음의 전력뿐 아니라 세부적인 간섭 잡음의 통계적 특성에도 의존한다.

2-9 기술적 파라미터

주파수 스펙트럼의 효율적 사용과 다른 시스템에 대한 간섭 영향을 분석할 때 요구되는 몇 가지 기술적 파라미터에 대해 분석하였다.

1) 주파수 허용 오차 한계(권고안 ITU-R SM.1045 참조)

허가된 주파수에서 정확히 전파가 방사되지 않으면 인접 채널에 혼신을 일으키게 된다. 따라서, 발진주파수의 오차를 일정치 이하로 억제할 필요가 있다. 주파수 허용 편차는 발사 특성 주파수의 기준 주파수로부터 허용될 수 있는 최대 편차를 말하며, 백만분을 또는 Hz로 나타낸다. 주파수 허용편차는 주파수대별로 또한 무선국업무의 종류마다 혹은 안테나의 전력값에 따라 정하고 있다.

2) 스푸리어스 방사(권고안 ITU-R SM.329 혹은 433 참조)

송신기의 스푸리어스 방사란 정해진 반송파 이외의 전파가 방사되는 것을 말한다. 이러한 불필요한 성분의 발생요인은 여러 가지가 있으나 주요한 것만을 적어보면 다음과 같다.

- 수정발진기의 고조파에 의한 것
- 신서사이저 회로를 사용할 때의 기준 주파수 발진원이나 분주기로부터 발생하는 신호에 의한 것
- 전력증폭부의 비선형성에 의해 발생하는 송신 주파수의 고조파 성분에 의한 것
- 믹서 회로에 의해 발생하는 것

스푸리어스 방사는 고조파 방사, 기생 방사, 혼변조 곱에 의한 방사, 주파수 변환에 의한 방사 등을 포함하며 대역의 방사와 구별된다.

- 고조파 방사 : 방사에 의해서 점유된 주파수 대역 내에 포함되는 주파수의 배수가 되는 주파수에서의 방사
- 기생 방사 : 반송파나 특성주파수와 무관하며 동시에 반송파의 발생이나 특성 주파수로부터 기인한 발진주파수와도 무관한 주파수에서 우연히 발생한 방사
- 혼변조 곱에 의한 방사 : 비선형 디바이스에 의해 두 개 또는 다수의 주파수 혼합에서 생성

되는 방식

- 주파수 변환에 의한 방식 : 반송파 주파수나 특성 주파수를 생성하기 위해 발생하는 임의 발진 주파수나 이의 배수가 되는 주파수에서의 고조파 방출을 제외한 스푸리어스 방식

3) 방사 대역폭(권고안 ITU-R SM.328 혹은 853 참조)

무선 통신시에는 반송파를 정보 신호로 변조한 후 전송하는데 이때 변조파의 주파수 대역폭을 점유주파수 대역폭이라 한다. 이러한 점유 주파수 대역폭은 규정치를 초과하게 되면 인접채널에 혼신을 야기시키므로 한정된 주파수 자원의 유효이용과 통신간의 상호간섭을 방지하기 위하여 제한되어야 한다.

4) 수신감도(권고안 ITU-R SM.331 혹은 852 참조)

수신기 감도란 수신기가 얼마나 미약한 정보신호 전력에 대해서도 성공적으로 정보를 복원할 수 있는가를 나타내는 용어이며 수신기의 외부잡음과 내부잡음 레벨에 따라서 달라진다. 따라서 이를 정량적으로 표시하기 위해서는 잡음지수, S/N비, SINAD비, 20 dB 잡음역압 감도와 같은 물리량이 있으며, 일반적으로 S/N비, SINAD비, 20 dB 잡음역압 감도가 사용된다.

5) 성능 평가 기준

주어진 수신 품질을 결정하는 파라미터는 정보의 종류에 따라 다르며 <표 6>의 3가지가 일반적으로

<표 6> 수신 품질을 결정하는 파라미터

정보의 종류	수신품질 평가 파라미터
데이터	BER, PER
음성	AI
영상신호	TASO

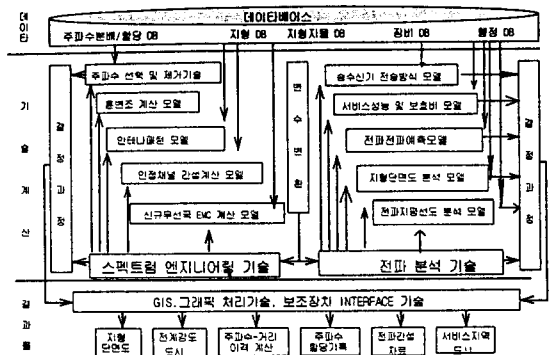
이용되고 있다.

Ⅲ. 국내 기술 동향

스펙트럼 엔지니어링기술은 여러 다른 기술로 구성되어 있다. 가장 기본적인 것으로 공유와 EMC 판정 기준이며 송수신기의 기술적 특성과 안테나 특성 등이 요구된다. 그리고 공유 가능성에 요구되는 거리 이격을 결정하는데 사용되는 전파전파손실 예측 기술이 필요하다. 또한 혼변조나 잡음에 관한 정보도 국부적인 문제에서 요구된다. 이러한 여러 기술과 관련 파라미터가 공유 문제를 정량적으로 모델링하는데 사용된다. 즉, 같은 문제가 자주 발생되거나 처리하는데 많은 시간이 소요될 때 이를 컴퓨터로 처리할 수 있도록 모델화할 수 있다. 이를 위해 스펙트럼 엔지니어링 관련기술과 데이터베이스 구축, 이를 처리하는 기술이 필요하게 된다.

국내의 경우, 스펙트럼 관리 분야는 국가기관 고유의 일이므로 정보통신부에서 자체적으로 개발하여 일부 사용하고 있으며 국가적인 차원에서 ITU-R 권고안을 토대로 스펙트럼 엔지니어링 개발은 주로 ETRI에서 하고 있다. ETRI에서는 여러 가지 엔지니어링 기술들을 포함하고 있는 REGIS 시스템을 개발하여 현재 기술진수 중에 있다.

REGIS 시스템은 [그림 3]과 같이 무선국 관련



[그림 3] REGIS 시스템 전체구성도

데이터부분과 이러한 데이터를 이용하여 평가하는 스펙트럼 공학기술과 지형정보를 이용하여 전파전파 손실 예측을 하는 전파분석기술 부분 및 처리된 결과 부분으로 나누어져 있으며 이 시스템은 SUN-SPARC 20 워크스테이션, 솔라리스 2.4 운영체제하에서 구현되어 있다.

데이터분야에서는 전파 환경을 분석하기 위한 지형, 지물정보, 장비데이터(송신기의 selectivity, susceptibility, 송신출력과 수신기의 sensitivity), 무선국의 위치, 주파수 인가 날짜 등의 데이터가 요구된다. 그리고, 스펙트럼 엔지니어링 기술분야에서는 두 개 이상의 신호가 혼합되어 다른 주파수의 신호가 발생하는 혼변조 문제(Intermodulation) 계산, 인접 채널간의 간섭계산, 출력에 따른 두 주파수들간의 이격 간격 및 공간적인 이격 거리, 새로운 무선국 위치선정시 간섭계산 등의 모델과 주파수 공유를 위한 여러 파라미터들 즉, 송수신기 제원, 안테나, 수신허용레벨, 잡음 등이 모델화 되어 있다.

또한, 전파분석 기술 분야에서는 송수신 안테나 사이의 장애물이나 지형특성을 위한 전파경로상의 지형단면도, 가시거리를 보기위한 지평선도 분석, 그리고 이러한 기술식의 기반이 되는 전파전파예측 모델로 구성되어 있다. REGIS 시스템에서 다루는 전파전파예측의 주파수대역은 30 MHz~40 GHz 대역 범위이다.

현재 REGIS 시스템을 이용하여 주파수 할당, 무선국 경로 분석, 무선국 서비스 범위 및 간섭범위 결정 등을 하고 있다.

IV. 결 론

효율적인 스펙트럼 관리는 신속한 데이터 관리, 스펙트럼 공학기술, 그리고 경험적인 판단을 필요로 하고 있다. 문제점에 대한 적절하고 완벽한 해결책은 스펙트럼 관리 기술의 적용에 의해 얻을 수 있다. 본 고에서는 급증되는 주파수 요구에 대해 무선

기지국 상호간의 정밀한 간섭계산 등에 의해 최적의 주파수 할당, 동일 주파수의 공유, 재사용을 평가하는 스펙트럼 엔지니어링기술을 분석해 보았으며 이 기술계산식의 이용에 필수적인 기술적 파라미터들에 대해 살펴보았다.

향후, 스펙트럼을 관리하고 있는 주관 부서에서는 주파수 할당 데이터, 무선국 장비 데이터 등의 데이터 구축과 더불어 스펙트럼 엔지니어링기술을 이용하여 주파수의 최적 이용을 도모하는 방향으로 움직여야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Fredrick Matos, *Spectrum Management and Engineering*, pp.295~301, IEEE PRESS, New York, 1985.
- [2] Harada, W. I. "Techniques for Implementing a Frequency Spectrum Engineering System," *Telebras Review*, no.4, Dec. 1982.
- [3] Cohen, David J. *Spectrum sharing factors in the twenty-first century*, NTIA, USA, 1994.
- [4] ITU-R, *Spectrum Management & Computer-Aided Techniques*, Geneva, 1990.
- [5] ITU-R, *1994 PN Series Volume*, Geneva, 1994.
- [6] ITU-R, *Handbook National Spectrum Management*, Geneva, 1995.
- [7] ITU-R, *1995 SM Series Volume*, Geneva, 1995.

== 저자소개 ==

신철호

1971년 5월 27일생
1994년 : 전남대학교 전자공학과 졸업
(공학사)
1996년 : 전남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1996년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 연구원
[주 관심분야] 이동통신 및 전파전파 특성 등



이형수

1980년 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
1985년 : 연세대학교 전자계산학과(공학석사)
1995년 : 성균관대학교 정보공학과(공학박사)
1983년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
[주 관심분야] 전파전파특성, 스펙트럼 관리기술, 무선망설계

