

기이용 주파수대에서의 이용효율 증대방안

김 창 주 · 김 영 수 · 정 구 영 · 문 재 경 · 이 혁 재

(한국전자통신연구소 이동통신기술연구단 전파공학연구부)

□ 차 례 □

I. 서 론

II. 주파수 협대역화 기술

III. 주파수공용기술

IV. 전파이용지능화기술

V. 결 론

I. 서 론

전파는 3 THz이하의 주파수를 말하는데, 표1에 도시한 바와같이 주파수자원이 유한하기 때문에 이의 이용효율을 높이고 동시에 아직 사용하지 못하는 주파수대의 이용기술을 개발할 필요가 있다. 더우기 사회경제 및 과학기술의 발전에 힘입어 고도정보화사회가 도래되면서 이동통신, 위성통신, 그리고 마이크로웨이브 전송시스템등 전파를 이용하는 첨단서비스가 급속히 확산되고 있다. 이와같이 전파의 이용범위가 다양화, 고도화되면서 전파이용에 대한 수요에 능동적으로 대처하기 위해서는 한정된 전파자원을 효율적으로 이용하는 기술, 새로운 주파수자원을 개척하기위한 기술, 그리고 주파수자원을 효율적으로 관리하는 스펙트럼 관리기술등을 연구할 필요가 있다.

본고에서는 이와같은 여러연구분야중 기존에 이용하고 있는 주파수의 이용효율을 높이는 연구활동에 대하여 소개한다. 기이용주파수대의 이용효율을 향상시키는 연구분야는 통신과 관련된 거의 모든 기술이 연관되어 있으나 직접적인 영향을 주는 대표적인 기술로서 논리적으로 이용자의 대역폭을 좁히는 주파수협대역화기술, 전파의 이용특성에따라 여러 이용자가 동일 주파수를 공유하는 주파수공용기술, 그리고 전파가 전달되는 전파특성에따라 이를 지능적

으로 이용하는 전파이용지능화기술로 나눌 수 있다.

II. 주파수 협대역화 기술

주파수 협대역화 기술은 논리적으로 하나의 채널이 점유하는 주파수 대역폭을 좁히는 것으로 변복조 기술이 대표적이며 크게 아날로그 방식과 디지털 방식으로 분류된다. 변복조기술외에도 주파수 이용효율을 향상시킬 수 있는 기술로 등화기술, 부호화기술(소스코딩, 채널코딩), 그리고 다이버시티 등이 있지만 지면관계상 협대역기술에 한정하여 기술한다.

2.1 아날로그 협대역화 기술

이동통신에서의 아날로그 변조 방식은 1930년대에 Armstrong에 의해 개발된 FM이 그 주종을 이루어 왔다. 이동통신 채널에서는 전파가 여러경로를 통하여 수신되며 이로 인하여 이동체에서 수신된 전파는 빠른 속도의 페이딩을 동반한다. FM은 반송파의 진폭 대신에 주파수를 변화시킨 신호가 전달되므로 다중경로 페이딩의 영향을 줄일 수가 있어서 이동통신 분야에서 획기적인 돌파구를 마련하였다. 또한 FM은 기존의 AM에 비하여 보다 넓은 다이내믹 레인지를 제공하여 좋은 음질의 방송을 가능하게 하였으며 장비의 소비전력이 훨씬 적어 이동통신에 적합한 여러

표 1. 전파의 구분 및 이용형태

주파수대	3	30	300	3	30	300	3	30	300	3	384	789
	(KHz)	(KHz)	(KHz)	(MHz)	(MHz)	(MHz)	(GHz)	(GHz)	(GHz)	(THz)	(THz)	(THz)
	전파										광파	
	VLF 초장파	LF 장파	MF 중단파	HF 단파	VHF 초단파	UHF 극초단파	SHF 마이크로파	EHF 밀리파	서브밀리파	적외선	가시광선	자외선
이용현황	무선항행	무선항행	중파방송 선박통신 항공통신	단파방송 국제통신 장거리·통신	TV방송 FM방송 이동통신	TV방송 이동통신	국제통신 위성방송 M/W중계 레이다 원격탐사	전파천문 무선방재 간이무선			광통신시스템	
	기이용 주파수범위						미이용 주파수범위					

표 2. 아날로그 FM 채널간격의 협대역화 과정(단위: Hz)

국가	연도		1950	1960	1970	1980		
	대역							
미국	800M							30k
	450M	100k		50k	25k			
	150M	120k	60k		30k			
일본	800M					25k		12.5k
	450M			50k	25k	12.5k		
	150M	80k		40k	20k			

가지 장점을 지니고 있었다. 그 이후 FM은 이동통신 분야에서 꾸준히 이용되어 왔으며 전파이용이 증가함에 따라서 할당된 채널 간격(대역폭)을 반으로 줄여 채널의 수를 두배로 증가시키는 방식으로 협대역화가 이루어져 왔다. 이러한 채널 간격을 이분하는 방식(channel splitting)은 기존의 채널 주파수 분배 구조를 유지할 수 있어 새로운 방식으로의 전환이 용이한 장점이 있으며 현재 12.5kHz까지의 채널 간격 협대역화가 이루어져 있다. 그러나 더이상의 채널 간격 이분은 신호의 전송품질, 주파수 재사용(frequency reuse) 등에서의 문제점으로 인하여 추진되지 않고 있다. 표

2에 채널 간격 이분에 의한 협대역화 과정을 표시하였다.

FM의 협대역화 보다는 SSB가 높은 주파수 이용효율로 인하여 많은 관심의 대상이 되었다. SSB는 HF대역 무선통신의 대표적인 방식으로 이용되어 왔으며 1960년대 이후에는 마이크로파 통신시스템에서도 널리 사용되었다. 신호가 진폭변조를 거치면 주파수 스펙트럼 상에서 반송파 주파수의 양쪽에 신호의 스펙트럼이 나타난다. 이렇게 변조된 신호는 정보의 손실이 없이 한쪽 스펙트럼을 제거하여 전송될 수 있으며 이러한 방식이 SSB이다.

음성신호의 경우 신호의 점유대역폭은 약 3kHz 정도이며 이때 SSB의 채널 간격은 5.6kHz가 되어 기존의 25kHz FM에 비하여 4.5배 높은 주파수 이용효율을 얻을 수가 있다. 그러나 SSB는 기본적으로 진폭변조 방식이며 따라서 이동통신에서는 다중경로신호에 의한 신호의 페이딩으로 인하여 그 사용이 제한되어 왔다. 또다른 SSB의 문제점은 신호의 동기잡파가 요구되어 송 수신 발진 주파수에 있어서 높은 안정도가 요구된다는 점이다. SSB에서는 수신된 신호의 반송파 주파수와 수신기에서의 발진 주파수의 오차가 약 100Hz 이하로 유지되어야만 신호의 수신이 가능해지며 이것은 반송파의 주파수가 증가할수록 더욱 유지하기 어려운 조건이 된다. 따라서 VHF/UHF 대역에서 SSB를 사용하기 위해서는 페이딩의 영향과 주파수 오차를 작게 유지시켜주는 별도의 장치가 요구된다. 늘어나는 주파수 이용에 대처하기 위하여 1970년대 후반부터 VHF/UHF 대역에서의 SSB 사용가능성에 대한 연구가 시작되었다. 이러한 연구는 주로 앞에서 언급한 SSB의 두가지 문제점의 해결에 그 초점을 맞추고 있다. 이러한 문제점을 해결하는 한가지 방법으로 약간의 반송파를 SSB 전송신호에 첨가하여 전송하는 방식이 제안되었다. 신호와 함께 수신된 반송파는 페이딩으로 인한 신호의 포락선을 복구하기 위한 자동이득제어(automatic gain control: AGC)와 주파수 오차를 줄이기 위한 자동주파수제어(automatic frequency control: AFC)의 기준신호로 이용된다. 이러한 방식은 잡음 분제를 해결하기 위하여 송신측에서는 신호의 진폭을 일정 레벨을 기준으로 압축하여 전송하고 수신측에서는 원래 진폭으로 복구시켜 신호대 잡음비(SNR)를 개선시키는 amplitude compandor를 사용하여 일반적으로 amplitude companded SSB(ACSSB 또는 ACSB)로 알려지게 되었다. 또다른 방법은 신호를 수신할때 주파수 검파 방식을 이용하는 것으로 수신된 SSB 신호의 주파수 변화로부터 정보를 검출하여 SSB 수신시 발생하는 페이딩 및 주파수 오차에 의한 문제점을 해결하였으며 이러한 방식의 하나가 real zero SSB(RZ SSB)이다. RZ SSB에서도 SNR의 개선을 위하여 amplitude compandor를 이용하기도 한다.

2.1.1 Amplitude companded single sideband

ACSSB는 앞서 언급한 VHF/UHF 대역 SSB의 문제점을 해결하기 위하여 반송파 또는 톤을 부가하여 자동이득제어와 자동주파수제어의 기준신호로 사용하

고 SNR의 개선을 위해 amplitude compandor를 이용하는 SSB의 일종이다. ACSSB의 개발과정, pilot carrier (tone), amplitude compandor, 송 수신기의 구성 및 동작에 대하여 설명한다.

가. 개발 과정

1970년대 후반 미국 연방통신위원회(Federal Communications Commission: FCC)는 주파수 이용의 증가에 따라 amplitude compandor에 기초한 새로운 SSB의 개발을 시도하였으며 그 결과는 ACSSB로 알려지게 되었다. FCC의 후원에 의해 Stanford 대학에서 ACSSB에 대한 지속적인 연구개발이 수행되었으며 그 결과 1980년대 중반에는 상용 ACSSB 기기가 생산되었다. 한편 pilot carrier 또는 tone을 부가하는 SSB는 영국에서도 지속적인 연구가 진행되어 왔으며(Philips Research, Bath 대학) 육상이동통신에서 만족할만한 결과를 얻을 수 있다는 연구결과가 발표되었다. 현재 미국과 영국에서는 이러한 SSB의 사용이 허가되어 있으며 성능개선에 대한 연구와 새로운 제품의 개발이 진행되고 있다.

나. Pilot tone

SSB 신호에는 반송파가 포함되어 있지 않아서 자동이득제어 회로의 기준신호를 얻을 수가 없다. 특히 이동통신에서는 다중경로 페이딩에 의하여 수신 신호의 진폭이 수신되는 신호의 중앙치에 비하여 30dB 이하로 떨어지는 경우도 발생하므로 페이딩에서 신호를 복구하는 자동이득제어 기능이 부가되어야 한다. SSB 신호에 부가된 pilot tone은 이러한 자동이득제어의 기준신호로 이용된다. 일정한 세기의 pilot tone을 SSB 신호에 부가하여 전송하면 pilot tone에도 SSB 신호와 유사한 페이딩이 발생한다고 볼 수 있다. 따라서 수신된 pilot tone의 세기를 검출하여 RF와 IF 증폭기의 이득을 제어하는 신호로 이용하면 수신된 SSB 신호에 발생한 페이딩의 영향을 제거할 수 있다. 또 한편으로는 pilot tone은 동기검파에 필요한 수신기 local oscillator(LO)의 주파수제어를 위하여 이용된다. 앞서 언급한 바와 같이 SSB 동기검파에서는 수신된 신호의 주파수와 수신기의 LO 주파수와의 오차가 약 100Hz 이내로 유지되어야만 수신이 가능해진다. 예를 들면 50MHz-450MHz 대역에서 미국의 FCC는 고정국과 2W 이상의 이동국에 대하여 5ppm의 주파수 오차를 허용하고 있다. 따라서 150MHz 대역의 경우 약 750Hz의 주파수 오차가 발생할 수 있으며 SSB의

경우에는 거의 수신이 불가능해진다. Pilot tone이 부가된 경우에는 수신기에서 파일럿 톤(pilot tone)을 검출해내어 이것을 LO의 주파수제어에 이용하게 된다. 따라서 송신측의 주파수가 다소 변하더라도 수신된 pilot tone을 통하여 주파수 변화를 검출해낼 수가 있으며 수신측의 LO의 주파수도 이에 따라 변화시켜 주파수 오차를 일정 수준이하로 유지할 수가 있게 된다. 또한 pilot tone을 이용하여 pilot tone이 검출되는 동안만 수신기의 스피커를 동작시키는 squelch 회로를 구성할 수도 있다. 이러한 pilot tone은 일반적으로 신호의 최대 포락선 전력(peak envelope power)의 -10dB 정도로 전송한다. 경우에 따라서는 신호의 전송이 시작되는 처음부분(250ms 정도)에는 최대 포락선 전력과 비슷한 세기의 파일럿 톤을 부가하여 전송하고 그 이후에는 세기를 낮추어서 전송하는 방식이 이용되기도 한다. Pilot tone을 삽입하는 위치에 따라 tone-above-band, tone-in-band, pilot carrier의 세가지 방식이 존재한다. Tone-above-band는 미국의 standford 대학에서 연구되었으며 pilot tone을 음성신호 대역의 위쪽에 삽입하는 방식이고 tone-in-band는 pilot tone을 음성신호 대역 가운데에 삽입하는 방식이며 영국의 Bath대학에서 연구되었다. Pilot carrier는 음성신호 대역의 아래쪽 DC 성분에 해당하는 carrier를 부가하는 방식으로 영국의 Philips Research에서 연구가 수행되었다. 미국에서 제작된 상용제품은 tone-above-band

방식이며 파일럿 톤의 주파수는 3100Hz이다. 그림 1에 tone-above-band 방식의 SSB 신호의 주파수 스펙트럼을 나타내었다.

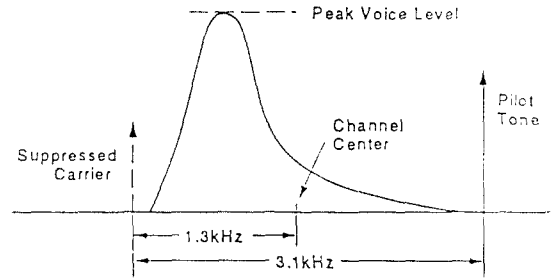


그림 1. Tone above band SSB 신호의 스펙트럼.

다. Amplitude companding

ACSSB에서는 잡음문제를 해결하기 위하여 송신측에서는 일정 신호레벨을 기준으로 신호를 압축하고 수신측에서는 원래의 신호로 신장시키는 amplitude compandor를 사용한다.

일반적으로 ACSSB 시스템에서는 송신측에서는 2:1 compressor 한쌍을, 수신측에서는 2:1 expander 한쌍을 사용한다. 그림 2에 전송채널에서 잡음이 부가되었을때 신호의 amplitude companding 과정을 도시

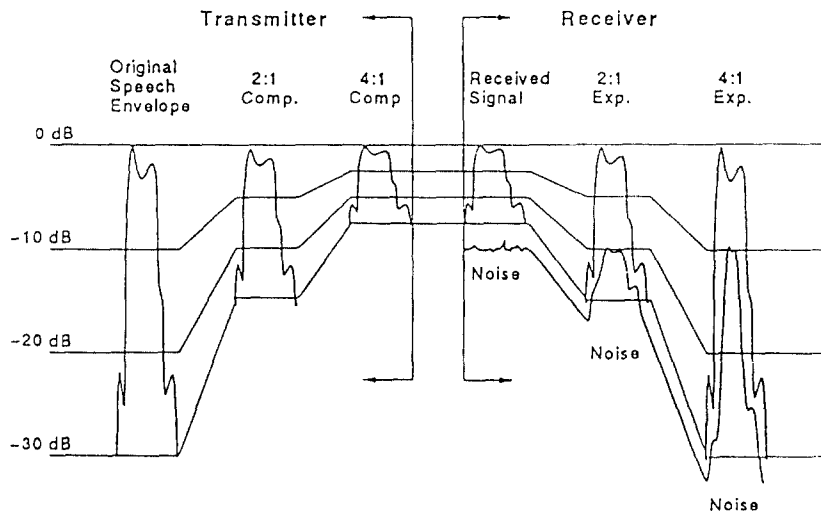


그림 2. 신호의 Amplitude companding 과정.

하였다. 여기서 기준 레벨은 0dB이며 신호를 두번 압축한 결과 신호의 다이내믹 레인지가 줄어들면서 신호레벨의 중앙치가 -15dB에서 -3.5dB로 상승함을 알 수 있다. 잡음의 세기와 비교하여 신호의 중앙치가 상승한다는 것은 SNR의 개선을 의미하며 신호 전송품질이 향상된다는 것을 알 수 있다. 수신측의 신장기에서는 더이상의 SNR 개선은 이루어지지 않으나 대화가 중단된 기간 등의 음성신호 입력이 없는 동안에는 잡음이 expansion 비율만큼 낮아지는 효과를 얻을 수 있다.

2.1.2 Real zero single sideband

VHF/UHF 대역 ACSSB 시스템에서는 다중경로 페이딩과 주파수 오차의 영향을 제거하기 위하여 자동이득제어와 자동주파수제어 회로를 사용하였다. RZ SSB는 이러한 복잡한 회로를 사용하지 않고 SSB 신호를 수신할 수 있는 방식의 하나이다. RZ SSB의 신호 형식은 full-carrier SSB와 동일하며 수신측에서는 주파수 검파 (FM detection)를 통하여 음성신호를 검출해낸다. 이 과정에서 상조변조에 의한 신호왜곡이 발생하는데 이것은 linearizer라고 부르는 회로에 의하여 제거할 수 있다. RZ SSB는 일본의 NTT 연구소에서 1980년대 중반부터 연구개발되어 오고 있다.

가. 기본원리

RZ SSB의 기본원리는 VHF/UHF 대역 이동통신을 위하여 SSB에 요구되는 주파수 오차 및 다중경로 페이딩의 영향을 배제하기 위하여 진폭변조 방식의 동기검파 대신에 주파수 검파를 이용한다는 점이다. 주파수 검파는 수신되는 신호의 위상에서 정보를 추출하므로 주파수 오차 및 페이딩의 영향을 극복할 수 있다. 이러한 정보추출이 가능한 방식의 하나가 full-carrier SSB 신호이다. 다시 말하면 full-carrier SSB 신호는 "simple real zero"만을 가지며 따라서 zero crossing point 즉 신호의 위상에서 원래의 신호파형의 추출이 가능해진다. 입력신호를 $f(t)$ 라고하면 RZ SSB 신호

$s(t)$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$s(t) = A \cos \omega t + m A \{ f(t) \cos \omega t \pm \hat{f}(t) \sin \omega t \} \tag{1}$$

여기에서 m 은 0과 1사이의 값을 가지고, $|f(t)| < 1$ 이다. 그리고 $\hat{f}(t)$ 는 $f(t)$ 의 Hilbert transform이다.

나. 신호복조

수신된 RZSSB 신호의 위상 즉 zero crossing point로부터 원래의 신호파형을 복구할 수 있는 real zero interpolation이라는 방식이 있으나 이것은 상당히 복잡하며 실제로는 간단한 기존의 장치를 이용하는 수신방식도 가능하다. 이중 하나가 일반적인 주파수 검파기를 이용하여 신호파형을 복구하는 방식이다. (1)식에 표시된 $s(t)$ 를 주파수검파하면 다음과 같은 출력신호를 얻을 수 있다.

$$v(t) = m \hat{f}(t) - m^2 \hat{f}(t) + O(m^3) \tag{2}$$

여기에서 변조지수 m 은 아주 작은 값이라고 가정한다. 위의 식에서 오른쪽 첫항은 우리가 원하는 신호 $f(t)$ 의 Hilbert transform된 형태이지만 사람의 청각은 신호의 위상 변화에 둔감하므로 별로 문제가 되지 않는다. 두번째 항이 음질에 좋지 않은 영향을 미치는데 이는 linearizer를 통하여 제거하고 세번째항은 작은 값이므로 음질에 미치는 영향이 매우 적다. 그림 3은 RZ SSB의 수신기의 구성도를 나타낸다.

2.2 디지털 협대역기술

현재 육상이동 통신에 주로 사용되고 있는 변복조 기술은 quadrature phase shift keying (QPSK), gaussian minimum shifting keying (GMSK), pi/4-shift differential quadrature phase shift keying (pi/4-DQSK)가 주종을 이루고 있는데 주파수 이용 효율을 높이고 앞으로 예상되는 높은 데이터 전송속도를 필요로 하는 서비스

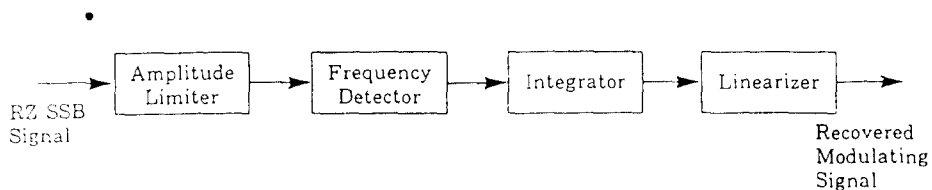


그림 3. RZ SSB의 수신기의 구성도.

를 수용하기 위해서는 스펙트럼 이용효율이 높은 quadrature amplitude modulation (QAM)과 같은 방식을 이용해야 신호대역의 확장없이 전송 속도를 높일 수 있다. 그러나 디지털 육상이동통신에서 나타나는 페이딩현상은 신호의 위상과 진폭을 변화시키기 때문에 QAM을 사용하기 위해서는 아주 정밀하게 페이딩을 보상할 필요가 있다. 이러한 문제점을 해소하기 위해서 pilot tone을 사용하는 tone calibration technique (TCT), dual tone calibration technique(DTCT), transparent tone in band(TTIB) technique등이 제안되었는데 이중에서 TTIB가 가장 대표적인 방식이다. 그러나 TTIB는 복잡한 신호처리가 필요하며 송신 전력증폭기의 효율적인 동작에 적합하지 않은 peak to average power ratio를 증가시키는 단점이 있다. 이에 대한 대안으로서 pilot symbol assisted modulation(PSAM) 방식이 제안되었다. 이 방식에서는 미리 정한 파일럿 심볼(pilot symbol)을 일정한 주기마다 전송하여 수신단에서 페이딩 왜곡(fading distortion)을 측정할 수 있도록 하며 다른 심볼의 페이딩 왜곡은 파일럿 심볼로 측정된 데이터를 인터폴레이션(interpolation)하여 추정한다. 이 방식은 TTIB와는 달리 복잡한 신호처리가 필요없고 peak to average power ratio를 증가시키지 않는 장점이 있다. 그러나 페이딩이 심할 경우에는 SNR이 낮아 페이딩 추정을 정확하게 할 수 없어 성능이 저하되므로 공간 다이버시티와 같은 방식을 적용하면 이를 극복할 수 있는 PSAM방식과 다이버시티 기법을 결합한 방법에 대해서 살펴본다.

2.2.1 송신부와 수신부의 구조

그림4는 송신부의 구조로 전송할 직렬 데이터를 병렬 데이터로 변환하여 16QAM신호를 발생시킨다. 그림5에서 점 Zp를 미리 정한 파일럿 심볼을 (N-1)개의 정보심볼마다 주기적으로 삽입한다. 여기에서 N은 프레임 길이이고 그림6에 프레임의 구성형식을 나타냈다.

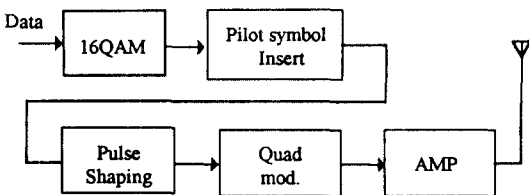


그림 4. 송신부의 구조.

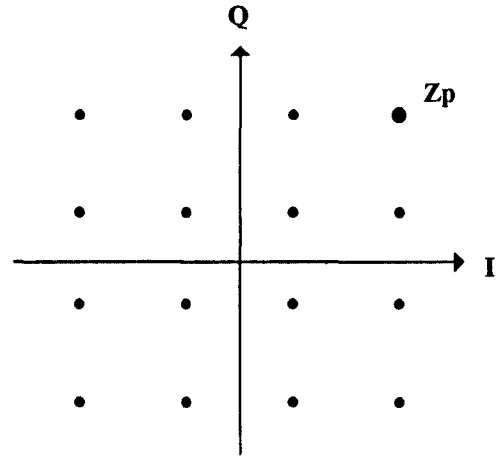


그림 5. 16QAM 신호 성상도.

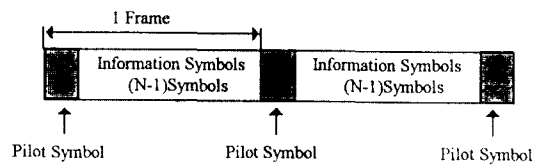


그림 6. 프레임의 구성형식.

파일럿 심볼은 잡음에 의한 영향을 줄이기 위하여 크기가 최대인 심볼로 선택하며 16QAM의 경우는 그림4와 같이 선택한다. 이와같이 구성된 QAM신호는 저역통과 여파기로 대역을 제한한 후에 직교변조하여 전송된다. 채널을 통과하면서 페이딩현상을 겪은 송신신호는 그림7에 나타난 수신부로 수신된다. 수신된 신호는 대역통과 필터(BPF)로 대역이 제한되고, 자동이득조절기(AGC)는 페이딩에 의해서 크기가 계속 변화하는 수신신호의 포락선을 일정한 값으로 유

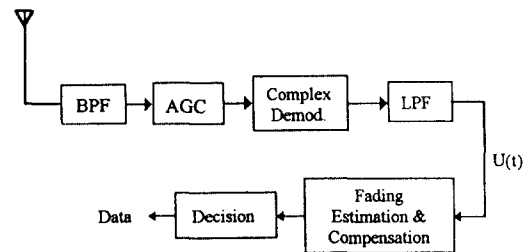


그림 7. 수신부의 구조.

지시한다. 이와같이 AGC를 통과한 신호는 복조기 (complex demodulator)에서 복조된 후에 저역통과 필터(LPF)로 이웃채널의 간섭과 잡음을 제거하고 페이딩 왜곡 추정 및 보상단에서 수신신호의 페이딩 왜곡을 보상하여 신호를 판정하게 된다.

2.2.2 페이딩 왜곡 추정 및 보상

복조된 기저대역신호는 부가성 잡음과 페이딩에 의해 왜곡되어 있고 특히 페이딩 왜곡은 신호에 곱해지는 왜곡이므로 페이딩에 의해 왜곡된 정보심분로부터 페이딩 왜곡을 제거하려면 페이딩 왜곡을 정확하게 추정할 필요가 있다. 추정된 페이딩 왜곡으로 왜곡된 정보심분을 나누어 주면 페이딩 왜곡이 제거된 정보심분을 구할 수 있다. 페이딩 왜곡을 추정하기 위해서는 우리가 이미 알고있는 파일럿 심분을 송신하고 수신단에서는 페이딩에 의해 왜곡된 파일럿 심분을 왜곡되기 이전의 파일럿 심분값으로 나누어 주면 페이딩 왜곡을 구할 수 있다. 그러나 수신된 파일럿 심분이 부가성 잡음에 오염되어 있기 때문에 signal to noise ratio(SNR)이 높 경우에는 비교적 정확하게 페이딩 왜곡을 구할 수 있지만 SNR이 작은 경우에는 정확하게 구할 수 없다. 정보심분의 페이딩 왜곡은 파일럿 심분의 페이딩 왜곡을 인터폴레이션(interpolation)하여 구할 수 있다. 인터폴레이션은 이미 구한 파일럿 심분의 페이딩 왜곡을 이용하여 파일럿 심분 사이에 있는 정보 심분의 페이딩 왜곡을 구하는 방식으로서 인터폴레이션에 사용되는 파일럿 심분이 많을수록 보다 정확하게 페이딩 왜곡을 추정할 수 있다. 인터폴레이션 차수가 높을수록 페이딩 왜곡을 정확히 추정할 수 있지만 계산량과 시스템 구성의 용이성 등을 고려할 때 2차의 인터폴레이션을 사용해도 충분히 정확하게 페이딩 왜곡을 추정할 수 있다. 이와같이 구한 페이딩 왜곡 추정치로 복조된 정보심분을 나누어 주면 페이딩에 의해 진폭과 위상이 왜곡된 정보심분의 진폭과 위상을 보정할 수 있다.

그림 8은 페이딩 추정 및 보상부의 개요로 프레임 동기부, 심분 동기부, 페이딩 추정부, 페이딩 보상부로 구성되어 있으며 프레임 동기부는 파일럿 심분의 동기를 구하여 수신 심분로부터 파일럿 심분을 추출하기 위한 것이고 추출된 파일럿 심분은 페이딩 추정부로 입력되어 페이딩 왜곡을 추정하는데 사용된다. 페이딩 추정부에서는 파일럿 심분의 페이딩 왜곡을 인터폴레이션하여 정보심분의 페이딩 왜곡을 구하며 또한 1 프레임의 지연이 발생하므로 페이딩 보상부로

입력되는 수신심분은 1 프레임을 지연시켜서 보내야 한다. 페이딩 보상부에서는 1 프레임 지연된 수신심분을 추정된 페이딩 왜곡값으로 나누어서 페이딩을 보상한다.

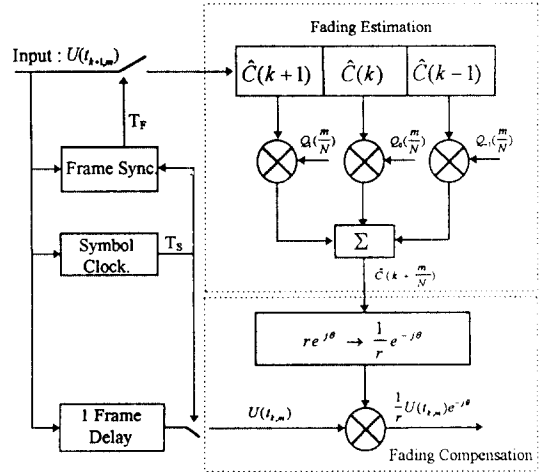


그림 8. 페이딩 추정 및 보상부의 구조.

2.2.3 다이버시티

파일럿 심분을 이용한 페이딩 보상방법으로 페이딩을 어느정도 보상할 수는 있지만 페이딩이 심할 경우에는 통신 시스템의 성능이 저하되므로 이를 보완하기 위해서는 다이버시티 기법을 도입해야 한다. 다이버시티단은 프레임 동기, 페이딩 추정, 위상보정 및 신호합성(signal combining)부로 구성되어 있다. 브랜치가 2개인 수신부의 구조를 그림9에 나타내었고 다이버시티단의 구조는 그림10에 나타내었다. 다이버시티 기법을 적용하지 않은 수신기에서는 페이딩 보상부에서 그림 8에 나타낸 바와 같이 신호의 크기와 위상을 모두 보정하지만 다이버시티 기법을 적용한 수신기에서는 페이딩 보상부에서 신호의 위상만 보정하고 신호 결합단에서는 신호의 SNR을 증가시키고 신호의 크기를 보정하기 위하여 위상이 보정된 각 신호에 가중치를 곱하여 더하게 된다.

다이버시티 방식에서 신호를 결합할 때는 신호결합 방식에 따라서 각 브랜치의 신호에 곱해지는 가중치가 달라지게 된다. 신호결합 방식은 선택합성 방식(selective combining), 동이득 합성 방식(equal gain bining), 최대비 합성 방식(maximal ratio combining)으로 나눌

수 있다. 선택합성방식은 SNR이 가장높은 브랜치의 신호만 선택하여 사용하는 방식이고, 등이득 합성방식은 SNR에 관계없이 모든 브랜치의 신호를 동일한 가중치로 곱하여 더하는 방식이며, 최대비 합성방식은 가중치가 브랜치의 신호의 SNR에 비례하도록 정하는 방식이다.

각 브랜치의 가중치는 수신된 신호의 상대적인 SNR 값에 따라서 결정되므로 신호 결합단에 입력되는 각각의 신호는 안테나에서 수신된 순간의 SNR 값을 그대로 유지하도록 해야한다. 즉 수신단에서 AGC(automatic gain control)를 사용할 경우에는 AGC의 gain이 각 브랜치에 동일하게 작용하도록 해야한다.

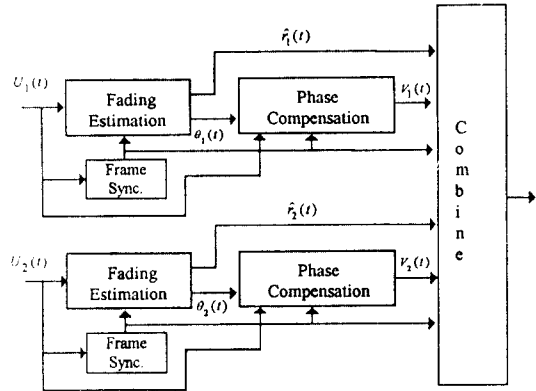


그림 10. 다이버시티단의 구조.

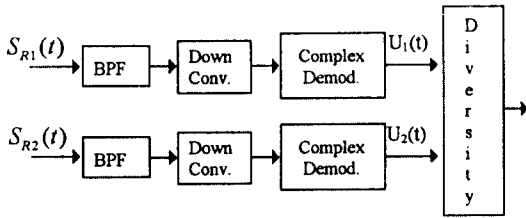


그림 9. 다이버시티 방식을 적용한 수신부의 구조.

그림 11은 도플러 주파수가 80Hz, 브랜치 수가 2, 파일럿 심볼 주기가 16, 송수신 필터는 roll-off factor가 50%인 squared root raised filter를 사용하였을 경우에 각 신호결합방식의 BER 성능을 이론치와 비교한 16QAM의 BER 성능곡선이다.

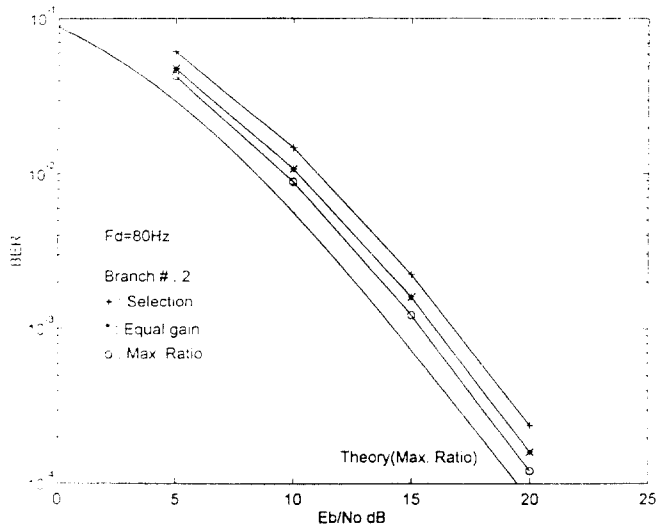


그림 11. 신호결합방식에 따른 16QAM의 BER 성능곡선(브랜치 수 = 2).

Ⅲ. 주파수공용기술

주파수 대역을 효율적으로 이용하기 위한 다른 방법으로서 동일한 주파수 대역을 여러 이용자가 공유하거나, 기리가 어느정도 떨어진 지역에서 동일 주파수를 재사용하는 방식이 있다. 이를 위한 방법을 분류하면 다음과 같다.

디지털 통신의 기술발전과 함께 여러 이용자를 공유하는 방식으로는 크게 FDMA, TDMA, 그리고 최근에 각광을 받고 있는 CDMA 등이 있다. 이들 방법중 이동통신의 경우 TDMA와 CDMA를 이용하여 주파수 효율을 3~20배 높이고 있다. 대역확산 방식은 과거에는 주로 군사용으로 사용되었으나 현재는 상업용으로 많이 이용되고 있다. 이 방식은 어느 한 이용자 측면에서는 넓은 대역이 필요하지만 이 대역을 여러 이용자가 공유함으로써 실질적으로는 더 많은 이용자를 수용할 수 있다. 현시점에서 볼때 PCS나 FPLMTS 등에서 사용될 다원접속방식에 대한 연구가 많은 관심이 되고 있다. 한편, 이동통신의 경우 셀의 반경을 수백미터로 축소하는 마이크로 셀(또는 피코셀) 개념과 주파수 재사용 개념을 사용하여 수십배까지 주파수 이용 효율을 높이고 있다. 또한 기존에 협대역으로 할당되어 사용하는 주파수대를 광대역의 대역확산방식을 사용하여 기존대역의 신호에 영향을 주지 않고 통신을 하는 오베레이 기법도 연구되고 있다.

고정통신의 경우에는 안테나의 지향성, 편파특성, 간섭과제기 및 송신전력등을 제어하여 공용화를 높일 수 있다. 편파특성을 이용하는 경우 안테나의 교차편파식별도를 향상시켜 적교(수직, 수평)하는 2개의 편파를 이용하여 주파수 이용효율을 높일 수 있으나 이때 교차편차간 간섭을 제거하는 기법이 매우 중요하다. 또한 국간 중계시스템의 경우 송신주파수와 수신주파수를 별도로 사용하지 않고, 동일한 주파수를 사용하는 단일주파수 중계방식을 사용하여 주파수 이용효율을 높일 수 있다. 최근에는 적응신호처리기술

을 이용하여 어레이안테나를 적응적으로 제어하여 환경에 따라 빔을 형성함으로써 주파수 공용을 효과적으로 얻고 있다.

Ⅳ. 전파이용지능화기술

새로운 주파수대 개발과 기이용 주파수대의 협대역화기술등과 같은 사용가능한 주파수 대역의 양적인 팽창을 추구하는 기술만으로는 고도정보사회에서 전파서비스에 대한 이용자의 다양한 요구를 충족시킬 수 없고, 주파수 대역의 광역화와 더불어 전파의 선적인 개선을 위한 연구도 병행되어야 한다. 이를 좀더 구체적으로 표현하면, 전파의 상태및 이용현황에 따라 이용자가 사용하는 반송주파수, 전력, 주파수 대역폭, 및 경로 선택등을 상태에 따라 가변적으로 이용하는 기술을 개발함으로써 주파수 자원의 효율적 이용과 전송품질의 질적인 향상을 얻을 수 있다. 이러한 기술의 예는 매우 많으나 대표적으로 이동통신에서 사용되는 기지국안테나 제어기술과 고정통신용 송신 전력제어기술에 대하여 간단히 기술한다.

4.1 기지국안테나 제어기술

기지국안테나 제어기술은 안테나 지향성 및 송신전력의 제어를 통하여 기지국 존의 형상을 트래픽분포에 맞게 최적화시키고, 불필요한 전파의 발사를 지양하여 주파수 이용효율을 높이는 기술이다. 표3은 안테나에 관련된 전파이용지능화기술을 나타낸다.

다중빔 적용 안테나 제어기술은 존내의 이동국마다 안테나의 수평방향빔을 최적으로 형성하는 기술로, 빔의 수 및 스펙트럼 효율계산결과에 의하면 8개의 빔으로 스펙트럼 이용효율을 3배로 높일 수 있다. 적용 기지국을 구현하기 위해서는 이동국의 위치검출 및 추적등을 각각 독립적으로 제어할 수 있는 다중빔을 형성하는 기술이 필요하다.

빔틸팅제어방식은 안테나의 수직면내의 지향성을

표 3. 안테나 관련 전파이용지능화 기술

요소기술		종류기술	전파이용지능화기술	
			기술의 예	개요
안테나 지향성	수평방향	섹터셀	다중빔적용안테나	이동국마다 수평방향빔각을 최적으로 설정
제어	수직방향	빔틸팅	가변빔틸팅	이동국 위치에 따라 빔틸팅각을 조정

비스듬히하여 간섭영역에서 희망파와 간섭파의 전력비를 개선하는 방식이다. 즉 이동국의 위치에 따라 빔의 경사각을 자유로이 가변시켜 동일 채널의 간섭을 경감시킨다.

4.2 송신전력제어기술

송신전력제어기술은 CDMA 방식의 이동통신에서 기지국에 가까이 위치한 이용자와 셀내에서 멀리 있는 이용자가 동일한 전력레벨로 기지국과 통신하기 위하여 반드시 제어해야하는 기술인데 이분야는 CDMA 관련기술에서 많이 다루어지므로 본고에서는 고정통신에서의 송신전력제어에 한정하여 기술한다. 고정통신의 경우 종래에는 강우나 페이딩등으로 인하여 전파의 손실이 생길것에 대비하여 필요이상의 전력을 송출함으로써 넓은 공간에 걸쳐 전파가 발사되었다. 그런데 무선통신의 증가로 전파의 사용이 점점 조밀해짐에따라 간섭의 문제가 크게 부각되면서 간섭을 경감시키는 기술이 필요하게 되었다. 이기술은 페이딩이나 강우등으로 인한 전파특성의 상태를 측정하여 강우나 페이딩이 없는 정상시에는 회선의 전송품질에 영향이 없는 범위내에서 송신전력을 낮게 송출하다가 페이딩이나 강우등의 영향이 있는 경우에는 송신전력을 높여서 그림 12와 같이 수신지점의 안테나에서의 전력레벨이 일정하도록 전력을 제어함으로써 공간적으로 이용효율을 높일 수 있다.

이에대한 다른방법으로서의 페이딩이나 강우등의 영향이 심하여 전송품질이 나쁜 경우 이를 영향을 덜 받는 낮은 주파수 대역으로 통신을 하거나 속도등을 조절함으로써 주파수의 이용효율을 높일 수도 있다.

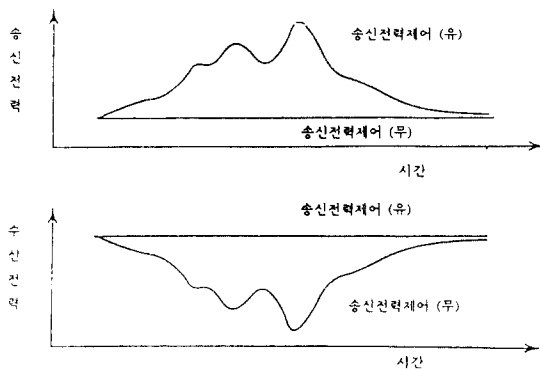


그림 12. 송신전력제어에 의한 수신전력감쇄 보상원리.

V. 결 론

한정된 주파수자원을 효율적으로 이용할 수 있는 대표적인 기술로서 주파수 협대역화기술, 주파수 공유기술, 그리고 전파이용지능기술에 대하여 소개하였다. 주파수협대역화기술로는 간이무전기에서 현재 12.5KHz로 사용되는 주파수간격을 6.25KHz로 좁히는 연구동향을 소개하였고, 디지털 협대역기술로는 이동통신에 주파수 이용효율이 높은 16QAM 전송기술을 기술하였다. 또한 주파수공용기술의 동향을 언급하였는데 다원접속, 셀배치, 안테나 제어기술등이 연구의 대상이 되고 있다. 마지막으로 전파이용지능화기술은 현재까지 연구가 활발히 진행되지 못하였으나 향후 중점적으로 연구되어야 할 분야이다.

참 고 문 헌

1. 한국전자통신연구소, 전파자원이용기술개발, 1993년 연구보고서.
2. 한국전자통신연구소, 전파자원이용기술개발, 1994년 연구보고서.
3. 김창주, 임동민, 양기곤, 이혁재, 이동통신을 위한 아날로그 협대역화 기술동향, ETRI 주간 기술동향 TIS94-04, 1994년 1월, pp.16-28.
4. 郵政省電氣通信局電波部政策企劃室, "VHF對等における狹帯域化技術(I)," EMC No. 36, pp. 61-65, Apr. 1991.
5. 郵政省電氣通信局電波部政策企劃室, "VHF對等における狹帯域化技術(II)," EMC No. 37, pp. 68-77, May 1991.
6. K. Daikoku, S. Ogose, and H. Ohdate, "A real zero SSB transceiver for land mobile radio: a simple method of demodulating SSB without an envelop," IEEE Trans. Vehi. Tech., vol. VT-35, pp. 22-29, Feb. 1986.
7. S. Ogose and K. Daikoku, "SINAD performance and specturm efficiency for RZSSB," in Proc. 36th IEEE Vehi. Tech. Conf., pp. 342-349, 1986.
8. K. Suwa and K. Daikoku, "Evaluation of RZ SSB receivers employing an improved linearizer," in Proc. 37th IEEE Vehi. Tech. Conf., pp. 498-504, 1987.
9. K. Daikoku and K. Suwa, "RZ SSB transceiver with equal-gain combiner for speech and data transmission," in IEEE GLOBECOM '88 Proc., 1988.

10. J.P.McGeehan and A. Bateman, Phase-locked transparent tone in band(TTIB) : A new spectrum configuration particularly suited to the transmission of data over SSB mobile radio networks, IEEE Trans. Commun., Vol. Com-32, pp81-87, Jna. 1984.
11. P. M. Martin and A. Bateman, The implementation of a 16QAM mobile data System using TTIB-based fading correction technique, Proc. 38th IEEE Veh. Technol. Conf., pp 71-76, June 1988.
12. M. K. Simon, Dual pilot tone calibration technique, IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-35, pp.63-70, May 1986.
13. S. Sampci and T. Sunaga, Rayleigh fading compensation method for 16QAM in digital land mobile radio channels, Proc. 39th IEEE Veh. Technol. Conf., pp 640-646, May 1989.



金永受

- 1984년 2월 : 연세대학교 전자공학과(학사)
- 1986년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과(석사)
- 1992년 8월 ~ 현재 : 연세대학교 대학원 전자공학과 박사과정
- 1988년 5월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 전파신호처리연구실 선임연구원



金昌周

- 1980년 2월 : 한국항공대학 항공전자공학과(학사)
- 1988년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)
- 1993년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사)
- 1979년 12월 ~ 1983년 2월 : 국방과학연구소 연구원
- 1983년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 전파신호처리연구실장



鄭求榮

- 1989년 2월 : 충남대학교 전자공학과(학사)
- 1991년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과(석사)
- 1991년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 전파신호처리연구실 연구원



文 裁 敬

- 1991년 2월 : 경북대학교 전자공학과(학사)
- 1993년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과(석사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 전파신호 처리연구실 연구원



李 赫 宰

- 1970년 2월 : 서울대학교 전자공학과(학사)
- 1977년 2월 : Oregon State University 전자공학과(석사)
- 1982년 5월 : Oregon State University 전자공학과(박사)
- 1970년 ~ 1973년 : 해군기술장교
- 1973년 ~ 1975년 : 주식회사 세양전자
- 1983년 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 전파공학연구부장