이동통신용 RF Front-End용 부품의 기술 동향

이상석 · 최태구 · 강영일

한국전자통신연구원
회로소자기술연구소

Ⅰ. 서 론

정보통신용 부품은 정보통신 서비스를 제공하는 각종 정보통신 기기(네트워크, 시스템, 단말기 등)들의 기본 구성요소로서, 정보통신 부품 기술의 경쟁력이 정보통신서비스 의 경쟁력에 직결됨은 주지의 사실이다. 정보통신 부품기술은 일반 전자부품 기술과는 재료기술에서 부터 설계기술, 정밀가공장치 기술, 초정밀 측정기술에 이르기까지 기능 · 용도, 성능, 신뢰성면에서 많은 차이점들이 있는 고부가 가치의 기초기반 기술이면서 경쟁국들이 기술이전을 기피하고 있는 첨단 분야의 선도 핵심 기술이다. 그 중에서 특히 이동통신은 "언제, 어디서나, 누구와도, 어떤단말기와도"라는 정보통신의 궁극적인 목적을 달성하기 위해서 반드시 필요한 Media로, 현재 추진되고 있는 통신망의 디지틀화나 ISDN의 도입 등과 더불어 가정 및 개인의 정보화 등과 조화를 이루어 새로운 이동통신시스템의 개발 및 상용화를 위한 연구에 주력하고 있다. 또한, 최근의 연구개발 동향으로는 현재 사용중인 이동통신 주파수의 포화에 따라 밀리미터파 또는 서브 밀리미터파대 등과 같은 초고주파 이용이 필연적으로 검토되고 있으며, 광대역 무선멀티미디어 서비스 제공을 위한 B-WLL (Broadband Wireless Local Loop)이 20GHz대, 광대역 이동통신시스템이 30 GHz대 및 광대역 무선 멀티미디어 시스템이 60 GHz대에서 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 따라서, 이동통신용 고주파부품도 마이크로파에서 밀리미터파 또는 서브 밀리미터파 대역에서 사용할 수 있는 부품에 대한 중요성이 부각되고 있다. 한편, 음성, 데이터, 영상 등과 같은 멀티미디어 정보를 초고속으로 전송할 수 있는 다양한 통신망의 구축과 이동통신 단말기 및 개인용 PC의 급격한 보급에 따라 정보통신 이용의 편의성에 대한 요구 및 다양화 요구에 따라 다양한 형태의 정보통신기기 및 단말기의 수요증대로 이어져 결과적으로 정보통신부품의 시장전망을 더욱 밝게 해주고 있다.

이동통신 Front End용 부품의 경우 일반적인 연구개발 추세는 향후의 초고속 광대역 무선 멀티미디어 서비스 제공을 위하여 초고주파화 및 전송속도의 초고속화를 위한 저손실 부품의 개발이 가속되고 있다. 또한, 사용자의 편의성을 위한 휴대 단말기의 소형화 추세에 따라 그에 사용되는 부품도 실장밀도의 향상을 위하여 거의 표면실장화 되고 있으며, 소형/경량화 및 저가격화가 추진되고 있다

본 고에서는 무선통신 기지국 및 단말기의 구성요소 중 고주파에서 중요한 역할을 하는 필터, 아이솔레이터, 안테나 등의 현재의 기술현황과 향후의 발전동향에 대해서 전망하였다.

Ⅱ. 고주파 필터의 기술발전 동향

2-1 개 요

무선통신 시스템 및 단말기에 사용되는 고주파 필터는 사용용도에 따라 안테나 바로 밑에 사용하는 것으로 수신기능의 향상을 목적으로 사용하는 것으로 저손실 특성이 요구되는 것과 삽입손실이

<표 1> 각종 필터의 특성비교

	유전체 TE01	Helical	Strip Line	유전체 TEM	SAW
삽입손실	소	중	대	중	대
대역폭	소	중	대	중	중
내전력	중	중	소	중	소
온도안정도	대	소	대	대	대
내진,내충격	대	소	대	대	중
칫수 중량	대	중	중	중	중
세트 설계성	-	용이	-	용이	약간 곤란
양산가격	대	중	소	중	중
이동통신 주요용도	기지국쪽 Combiner용	안테나공용기 단간 BPF Local BPF		안테나공용기 단간 BPF Local BPF	단간 BPF Local BPF

높은 감쇠특성이 중시되는 단간 필터로 사용하는 것과 마지막으로 소형화 및 저가격화 요구가 가장 강한 듀플렉서로 사용하는 것 등으로 분류할 수 있다. 이와 같은 용도로 사용되는 고주파 필터는 <표 1>과 같은 종류가 있다[1].

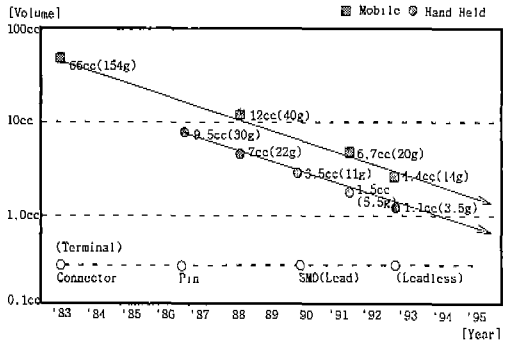
따라서 고주파 필터중에서 가장 많이 사용되고 있는 유전체 공진기를 이용한 필터, 표면탄성파를 이용한 SAW필터 및 향후에 소형화를 위하여 연구되고 있는 MSW 필터의 기술동향에 대하여 전망하였다.

2-2 유전체 필터

일반적으로 고주파대에서는 분포정수형 및 도파로를 이용한 공진기를 이용한 필터가 사용된다. 그 이유는 고주파대에서는 저주파대에서 나타나지 않는 분포용량, 잔류 인덕턴스를 고려해야 하기 때문이다. 이 분포정수 회로를 이용한 공진기를 사용한 것으로는 유전체 필터가 대표적인 것으로 이 필터의 특징은 다양한 크기의 고유전율을 갖는 세라믹 재료(유전율 20~110)을 공진기의 소재로 이용하기 때문에 소형화가 가능하며, 손실이 작고 내전력성, 온도안정성, 장기신뢰성, 가격면에서 우수하다는 장점이 있다.

또한, 유전체필터는 사용된 유전체 공진기의 공진모드에 따라 TEM($\lambda/2$), TEM($\lambda/4$), TM010, TE10δ 등의 필터로 분류되며, 적용주파수 범위, 특성, 형상면, 가격면에서 다양하게 선택 할 수 있다. 유전체를 사용한 고주파 필터는 Duplexer, 대역통과 필터(BPF) 등에 주로 사용된다. 유전체 필터의 기술동향으로는 종래와 같은 정도의 성능을 유지하면서 소형이며, 소면적화, 경량화를 실현하기 위한 방법으로 연구가 추진되고 있다.

[그림 1]은 Duplexer의 소형화 추이를 나타낸 것으로 현재는 두께 2 mm 정도의 듀플렉서가 시작품으로 보고되고 있다. 향후에도 더욱 소형화하기 방향으로 연구가 계속 수행될 전망이다.



[그림 1] Duplexer 소형화 추세

2-3 표면탄성파 필터

표면탄성파(SAW : Surface Acoustic Wave)필터는 소형, 경량, 저가격, 무조정 등 양산성이 우수한 소자로 TV 영상 중간주파수, 방송기기용 필터로써 실용화된 이후 통신기기에 사용되는 필터이다. 표면탄성파 필터의 원리는 압전기판 위에서 전기적인 신호를 표면탄성파로 변환시켜 보내고 표면탄성파를 전기적인 신호로 다시 변환시키는 필터이다.

표면탄성파 필터는 횡파형과 공진기형 구조로 대별되며, 횡파형 구조는 셀룰러 또는 무선 LAN용 IF 주파수대의 필터로 사용되고 있으나 삽입손실이 크다는 단점이 있다. 반면 공진기형 구조는 공진모드의 선택에 따라 손실이 작고 선택도가 높은 필터를 구현할 수 있다. 이 구조의 표면탄성파 필터는 아날로그 Cellular 전화기 시스템과 PDC(Personal Digital Cellular) 이동통신 시스템 및 CT-2 Cordless 전화기 등에 사용되고 있다.

응용분야로는 현재 800 MHz대 이동체 통신시스템 등에 사용되고 있으며, 자동차전화용, 휴대전화용 및 Cordless 전화용 필터로 사용되고 있다. 현재 미국 및 일본에서는 800 MHz대 SAW 필터가 상용화되어 이동체 통신시스템 등에 사용되고 있으며 삽입손실 3 dB 이하, 부피 0.02 CC로 초소형이 개발되고 있으며, 수십 MHz에서 2 GHz까지의 SAW 필터 제작을 완료하였다. 또한 PCN 시스템에 사용가능한 필터의 개발에 박차를 가하고 있다[2].

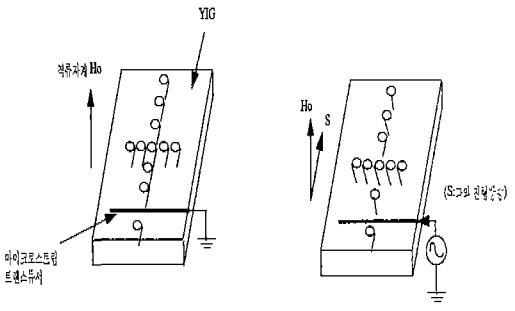
최근, SAW(Surface Acoustic Wave) 필터가 형상적으로 유전체 필터보다 작기 때문에 휴대전화 등에 사용되는 비율이 커지고 있으나, 특성상 삽입손실이 크다는 것과 내전력성이 작다는 단점이 있으며, 가격면에서도 유전체 필터에 비해 비싸기 때문에 향후는 가격, 치수, 성능에 의해 차별화가 될 것으로 전망된다.

2-4 MSW 필터

고주파 필터중 상용화는 현재 되고 있지 않지만 향후의 서브 밀리미터파대 또는 밀리미터파대에서 사용될 수 있는 소자는 MSW(MagnetoStatic Wave)를 이용한 필터이다. 이 MSW를 이용한 필터는 선진국에서도 연구 단계에 있는 분야로 향후의 무선통신용 고주파 필터로 주목되고 있다[3].

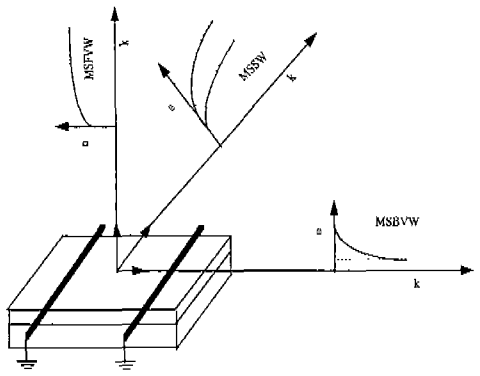
MSW 필터는 자성체 박막을 전파하는 MSW를 이용한 소자로 MSW발생 원리는 [그림 2]와 같이 자성박막면에 수직으로 직류자계를 인가한 경우, 박막내의 전자의 스핀에 의해 자기모멘트가 생기게 되며, 이 자기모멘트 벡터는 전자의 자전 축방향을 향하고 있고, 직류자계방향을 축으로 세차운동을 하게 된다. 형성된 전자스핀은 스스로 자계를 발생하기 때문에 상호작용이 일어나며, 트랜스듀서에 인가된 전류에 의해 유기되는 자계로 세차운동이 국부적으로 산란되면 (b)와 같은 형태로 산란이 부근의 전자스핀에 전파된다.

MSW의 전파모드는 [그림 3]과 같이 가해진 자계의 방향에 따라 MSFVW(Magnetostatic Forward Volume Wave), MSBVW (Magnetostatic Forward



(a) 일정한 세차운동(I=0) (b) 산란된 세차운동(I≠0)

[그림 2] YIG박막내의 전자스핀에 의한 자기모멘트의 세차운동



[그림 3] MSW의 전파모드 형태

Volume Wave), MSSW (Magnetostatic Surface Wave) 등 3가지가 존재한다.

MSW의 전파모드를 이용한 소자는 일반적으로 다음과 같은 특성이 있기 때문에 향후의 고주파용 필터로 이용될 가능성이 충분한 것으로 전망된다.

- ㅇ 마이크로파대에서 전파손실이 작다.
- ㅇ 전파속도가 느리다.
- ㅇ 인가된 자계에 의해 전파속도를 변화할 수 있다.
- ㅇ 인가된 자계의 방향에 따라 분산특성(전파모드)이 다르다.
- ㅇ 비선형특성을 얻기 쉽다.
- ㅇ 광과 상호작용이 있다.

MSW를 이용하여 $10\times5\times4$ mm^3(자성체박막두께: 100 μm)의 크기로 구현된 필터의 현재까지의 특성은 다음과 같다[4].

- ㅇ 중심주파수: 2 GHz,
- ㅇ 삽입손실: <2 dB
- ㅇ 3dB 대역폭 45 MHz
- ㅇ 감쇠도(중심주파수±240 MHz): 40 dB

이와같은 특성을 갖는 MSW 필터의 용도는 위성통신 시스템 및 개인휴대 통신시스템의 단말기용 필터로 이용이 가능하리라 전망된다.

Ⅲ. 고주파 아이솔레이터의 기술발전 동향

3-1 개 요

아이솔레이터는 이동 및 위성통신 시스템의 RF 송신 및 수신부에 주로 사용되며, 핵심부품의 보호, 임피던스 정합 및 간섭제거 등의 목적으로 사용되는 부품으로 주파수 대역이 서브미리파대 및 밀리파대로 고주파화됨에 따라 그 필요성이 더욱 증대되고 있는 부품이다. 연구개발 동향은 페라이트 재료의 재료정수 측정, 아이솔레이터 구조에 대한 수치해석 등을 과 연구하고 있으며, 최근에는 반도체 공정과의 접합기술을 이용한 응용기술이 활발이 연구되고 있다[5].

3-2 도파관형 아이솔레이터

도파관형은 자계평면으로 접합되어 형성된 도파관의 단면으로 구성된다. 원판 또는 삼각형 페라이트는 자계평면에서 도파관의 벽에 마주 보며 위치한다. 바이어스하기 위한 영구자석은 도파관 바깥에 위치한다. 일반적으로 삽입손실 0.2 dB이하, VSWR은 1.2:1정도의 특성을 갖는다.

현재 18~40 GHz의 높은 주파수에 광대역 아이솔레이터에 대한 연구가 진행중에 있으며 이를 위한 소재 및 구조 개발이 진행중이다[6].

3-3 집중정수형 아이솔레이터

VHF와 UHF대 이하의 주파수대에서 소형화 저전력용으로 집중정수형(Lumped-constant)이 사용된다. 집중정수형 아이솔레이터는 페라이트 원판에 RF 자계가 각각에 대하여 120° Orient 되도록한 3대칭의 코일을 감아서, 고주파 자계를 집중시키고 입력단에는 캐패시터를 접속하여 고유값을 조정하

는 구조이다. 공진을 일으키는 원리는 직렬 또는 병렬로 접속된 캐패시터와 페라이트의 인덕터로 공진을 일으킨다.

집중정수형 서큘레이터에 대한 연구 200 MHz~2 GHz 주파수 범위에 대역폭이 10 %를 가지는 구성에 대하여 박막 페라이트 공정기술을 이용하여 연구가 진행되고 있으며, 저전력 서큘레이터는 삽입손실 1 dB보다 적고, 아이솔레이션이 20 dB보다 크다. 최근에 개발된 Raytheon사의 집중정수형 서큘레이터는 사용주파수대 1.15~1.40 GHz, 삽입손실 0.5 dB, 아이솔레이션 20 dB, 무게 1.8 g, 페라이트 크기 0.2"(hex) × 0.02"이다. 0.1 넓은 육각형 디스크형 서큘레이터는 삽입손실이 0.3 dB보다 적고, 아이솔레이션 대역폭이 5 %보다 크다[7].

3-4 스트립라인형 및 마이크로스트립형 아이솔레이터

스트립라인형은 중심전극이 두개의 원판 또는 삼각형의 페라이트 사이에 위치하는 구조로 구성되어 있다. 마이크로스트립형 아이솔레이터도 스트립라인형과 비슷한 구조지만 내부 도체는 Metallization 기법으로 형성한다. 위상변위에 응용되는 마이크로스트립 아이솔레이터는 사용 주파수대 7~11 GHz, 삽입손실 0.35 dB, 아이솔레이션 25 dB, 크기 0.33. ×0.15× 0.8", 무게 12 g, VSWR이 1.05보다 적은 것이 90 % 이상이고, 생산가격은 ~$10/개 이다[8]. 또한, 사용주파수대 6~18 GHz, 삽입손실 ≤1.0 dB (≤0.6 dB from 6.5~17.5 GHz), 이이솔레이션 ≥14 dB(≥18 dB from 6.5~18 GHz), VSWR <1.2:1, 크기 0.140×0.275×0.6 "를 갖는 아이솔리이터가 보고되고 있다[9],[10].

향후의 고주파 아이솔레이터는 사용주파수의 고주파화 추세에 따라 그 중요성은 계속 강조될 것이며, 시스템의 소형화 요구에 따라 소형화 추세는 당분간 지속될 전망이다. 또한 단말기용의 경우 실장밀도 향상을 위해 표면실장형이 주류를 이룰 것으로 전망된다.

Ⅳ. 고주파 안테나의 기술발전 동향

4-1 개 요

안테나는 무선 시스템의 첫단에서 음성, 화상 등의 데이타를 전송하고 수신하기 위한 장치로서, 송신시에는 송신기의 전력, 고주파 에너지를 전파에너지로 바꾸어 에너지를 공간으로 방사하며, 수신시에는 공간의 전파에너지를 흡수하여 전력으로 바꾸어 수신기에 공급하는 에너지 변환장치이다. 송신전력을 감소시키면서 일정한 전송품질(통화품질, 통화가능한 장소율 등)을 유지하거나, 시스템의 경제화 및 이동기의 소형화를 실현하기 위하여는 고이득화와 지향성을 갖도록 하는 것이 필요하다. 또한, 주파수의 유효이용의 면에서는 시스템의 점유영역을 좁히기 위하여 가능한 가까운 거리에서 같은 주파수를 재이용하는 기술이 요구된다[11]. 향후의 새로운 정보통신 시스템의 개발에 따라 새로운 안테나의 개발이 요구되고 있으며 미래의 이용 주파수에 대한 안테나의 개발 필요성이 증대되고 있다[12].

4-2 이동통신용 안테나

이동통신용으로 사용하고 있는 안테나의 종류는 모노폴 안테나, 반파장다이폴 안테나, 휩(Whip) 안테나, 노말모드 헬리칼 안테나(NMHA), 구형루프 안테나, 역역F형 안테나(IFA), 사형 역F형 안테나(PIFA), 마이크로 스트립 안테나(MSA), 공선형 어레이(Collinear array) 안테나 등이 사용되고 있으며, 일반적인 개발동향은 <표 2>와 같다.

이동통신용 안테나중에서 단말기용 안테나의 개

<표 2> 이동통신 안테나의 발전추세

시기		-1900~	1950~	1970~		1990~	2000~
시스템	서비스	넓은지역 몸당		좁은지역 담당		니니지역 담당	
	문제점		Intermodulation	다중경로 손실		시간지연	신호처리
	구조			개인화		위성이동시스템 저전력 시스템	디지탈 변조
전파 전파	지역	땅과 바다위		도시	산	건물속, 집 터널, 지하	시구와 위성
	전상	반사 분산		나중 경로	시간 지연	1.5-3GHz	
	모델	Zommarfeld	Bullington Nakagami-Rice	Okumura Rayleigh		Two-waves Multiple waves	
전파 환경	지역	Open	Semi-Open		Closed	(건물속, 집 터널, 지하)	
	문제			근접효과 인체영향			
안테나	방사패턴	전방향성		성형 빔		원형편파	
	차용			다이버시티		최적배열 위상배열	지능화
	구조	단일소자		안테나 + 소자 집적안테나			
해석모델		EMF	Moment method	GTD UTD	FEM	Spatial NM Time-domain	
관련소자			Transistor	IC	LSI VLSI	MIC	MMIC

발방향은 사용하기에 편리한 작은 구조, 효율이 높고 대역폭이 넓은 안테나, 자체 공진을 하는 구조, 다이버시티 특성을 갖는 안테나, 고유전율의 유전체 이용한 안테나 및 마이크로 스트립화 안테나 개발로 추진되고 있다. 이에비해 기지국 안테나는 현재보다 안테나의 빔을 정밀하게 형성할 수 있는 지향성안테나 기술이 필요하다. 기지국 부근의 전계강도를 줄여 다른 전파 이용시스템에 간섭을 경감시키기 위한 대책으로 주로브에 경사를 두는 빔 틸트(Beam tilt) 등이 필요하며, 각 방향별 소자의 배열로 간섭을 억제하고 이득을 증대시키는 기술이 연구되고 있다[13]. 기지국의 경제화를 위해 철탑의 공용 및 송.수신 안테나 공용의 필요성이 연구되고 있다. 또한 안테나가 수동형이 아닌 능동형으로 간섭신호 등에 실시간 대처하는 지능형 안테나 등 새로운 안테나의 개발이 연구되고 있다.

최근의 연구개발 동향으로 마이크로 스트립 안테나를 이용하려 하고 있다. 마이크로스트립 안테나는 대역폭이 좁고 효율이 작기 때문에 어레이 형태로 연구 개발되고 있다.

V. 결 론

무선 이동통신은 사용의 편의성으로 그 시장규모가 급격히 증가되고 있으며, 이의 구성부품에 대한 시장규모도 확대되고 있는 추세이다. 그러나 이와 같은 시장규모의 확대는 무선이동통신 서비스의 흐름과 밀접한 관련이 있으며, 기술수요에 대한 대응책을 확보해야 국제적인 경쟁력을 제조할 수 있을 것이다.

따라서 무선이동통신 서비스와 관련된 RF부품의 추세는 이용주파수의 제한에 따라 밀리미터파 또는 서브 밀리미터파대 등과 같은 사용주파수의 고주파화가 큰 축을 구성하고 있으며, RF부품 자체만의

기술 동향으로는 실장 밀도의 향상을 위한 경박단소화와 저가격화 및 고기능화로 기술개발 방향이 집약되고 있다.

무선이동통신용 RF부품은 개발시 소재, 설계, 특성평가 및 정밀가공기술 등과 같이 복합적인 기술이 종합적으로 요구되기 때문에 균형 잡힌 각 기술분야의 성장과 이를 집약하기 위한 기술개발 추진체계를 확립하여 중장기적으로 추진하는 것이 경쟁력 확보를 위한 지름길이 될 것이다.

참고문헌

[1] S. Ohta, "Ceramic, SAW Filters Now Offer Compatibility With Future Mobilecom Equipment", *JEE*, pp. 39-42, 1993. 3.

[2] Satoshi Shihoki, "Demand for Mobil Communications Equipment Propels Production Worldwide", *March, JEE*, pp.39-44, 1995.

[3] 荒井賢一, "マイクロ磁氣デバイスの長來展望", 電子材料, pp.110-113, Dec. 1992.

[4] 山口正洋 외, "實用化を 迎えた マイクロ 磁氣デバイス", 電子材料, pp.28-51, Apr. 1994.

[5] L. E. Davis and R. Sloan, "Semiconductor Junction Circulators", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp.*, Atlanta. June, 1993.

[6] M. T. Hickson, L. E. Davis, D. K. Paul and D. B. Sillars, "Computer-Aided Design abd Optimisation of Broadband Stripline Circulators for 18~30 GHz and 18~40 GHz", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp.*, Boston, Digest pp. 961, 964, June, 1991.

[7] H. Bosma, "On stripline Y-circulator at UHF", *IEEE Trans.* MTT-12, pp.61-72, Jan, 1964,

[8] R. E. Blight and E. Schloemann, "A Compact broadband circulator for phased array antenna modules," *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Digest*, pp.1389-1392, 1992.

[9] R. E. Blight and E. Schloemann, "Compact Stripline Circulators", *Final Technical Report, Contract* No.N00014-90-C-2367, 27, August, 1992.

[10] E. Schloemann, "Lumped-element circulator optimization", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp.* Digest, pp.757-759, 1988.

[11] T. Manabe and Y. Furuhama, "Recent Propagation Studies in Japan", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 36, no. 5, pp.7-13, October, 1994.

[12] K. Krishen, "Future Trends in Antennas and Propagation for the US Space Program", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 36, no. 1, pp.31-35, February, 1994.

[13] T. Ohgane, "Spectal Efficiency Improvement by Base Station Antenna Pattern Control for Land Mobile Cellular Systems", *IEICE Trans. Commun.* vol. E77-8, no. 5, pp.598-605, May, 1994.

[14] Y. Ogawa, Y. Nagashima and K. Itoh, "An adaptive Antenna System for High Speed Digital Mobile Communications", *IEICE Trans. Commun.* vol. E75-B, no. 5, pp.413-421, May, 1992.

≡ 필자소개 ≡

이 상 석

1982년: 충북대학교 전기공학과(공학사)
1984년: 충북대학교 공과대학 대학원(공학석사)
1989년: 광운대학교 대학원(공학박사)
1989년 8~현재: 한국전자통신연구원 세라믹 RF 부품팀장
[주 관심분야] IMT-2000 및 밀리미터파 RF부품의 소재 및 설계기술

최 태 구

1976년: 고려대학교 대학원(물리학 석사)
1977년 12월~현재: 한국전자통신연구원 부품기술개발부장
[주 관심분야] 광통신용 광부품 및 이동통신용 RF부품

강 영 일

1966년: 서울대학교 전기공학과 (공학사)
1991년: Fairleigh-Dickinson (공학석사)
1996년: 고려대학교 대학원 (공학박사)
1979년 5월~1996년 12월: 한국전자통신연구원 ASIC 센터장
1997년 1월~2000년 11월 : 정보통신연구진흥원 반도체, 부품기술전문위원
2000년 11월~현재: 한국전자통신연구원 회로소자연구소장
[주 관심분야] 정보통신용 반도체 소자/소재 및 설계공정 기술