

디지털 이동통신 단말기용 RF 부품 기술동향

卞相基, 申昌鉉, 閔貞東, 洪聖喆*
 電子部品綜合技術研究所, * 韓國科學技術院

I. 서론

정보산업사회의 발전과 국민경제의 성장으로 인하여 음성 및 데이터 등 정보의 신속한 교환이 요구되는 이동통신의 필요성이 오늘날 점차 고조되고 있으며 이 분야에 대한 엄청난 시장과 향후의 잠재시장을 놓고 세계 각국의 경쟁이 날로 치열해지고 있다.

이동통신 방식은 크게 TDMA와 CDMA의 두가지 방식으로 대변할 수 있는데 이중 TDMA의 한 부류인 유럽의 GSM900과 DCS1800은 국제 디지털 셀룰라 표준화의 첫단계라 할 수 있으며 이것은 세계적으로 성공하여 많은 나라에서 이 표준을 채택하고 있다. DCS1800은 고밀도, 대용량의 네트워크와 대규모 가입자를 위해 제안되었으며 이미 이 표준은 여러나라에서 채택되고 있다. GSM/DCS가 성공할 수 있었던 큰 이유는 적절한 주파수 할당, 경제성, 개방구조형의 망구조 및 사용자를 위한 여러 기반기술이 구축되어 있다는 것이다. GSM/DCS 표준은 성능 및 특성개선을 하기 위한 디지털 통신에서의 플랫폼이 되었다. 또한, GSM/DCS 구조는 장래의 UMTS(Universal Mobile Telephone System), FPLMTS(Future Public Land Mobile Telephone System)과 같은 미래의 이동통신으로 가는 게이트웨이(gateway)로서의 역할을 하고있다.¹⁾(그림 1)

DCS1800 표준의 이동성(Mobility) 관점에서 살펴본 시장증가 경향은 GSM/PCN의 성장, 아날로그 셀룰라망에서 지능망(Intelligent Network) 구조로의 개편, 고정망(Fixed Network)과 이동망(Mobile Network)의 통합 및 서비스의 차별화에

기인한다고 할 수 있다.

Evolution to the Universal Mobile Communication

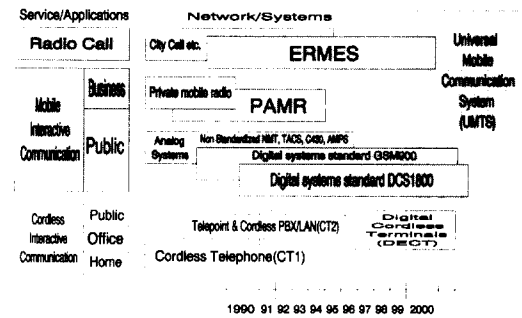


그림 1. 이동통신분야의 Road Map

개인통신이라는 것은 한마디로 Mobility Platform과 Service Platform의 유기적인 조합이며 언제, 어디서나, 누구에게나 개인번호(Personal Number)가 부여된 하나의 단말기(Handset)만으로 모든 통신서비스를 받는 것이다.

현재 주요 선진국들은 아날로그 시스템에서 디지털 시스템으로 전환하고 있으며, 일부 국가에서는 이미 디지털 셀룰라 시스템을 운용중에 있다. 디지털화의 주된 이유는 가입자의 수요를 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 통화품질향상 및 응용서비스 제공, 단말기의 소형화, 경량화, 보안확보, 데이터 전송율향상 및 ISDN과의 호환성이 우수하기 때문이다.

위의 기본 목적을 구현하기위한 방법과 기술에 대해 유럽과 미국의 접근방식이 서로 다른데 유럽에서는 DCS1800이라는 망구조를 중심으로한 PCN을

추진하고 있으며 미국에서는 망구조보다는 서비스에 중점을 둔 PCS 를 진행중에 있다. 일본은 유럽이나 미국과는 약간 색다른 PDC(Personal Digital Cellular)와 PHP(Personal Handy Phone)라고 하는 두개의 서로 다른 기술을 독립적으로 개발하고 있으며 이중 PHP 가 무선기술에 가깝다고 할 수 있다.^[2]

그러나 이러한 방식에 사용되는 RF 핵심부품들은 거의가 대용소이하다고 할 수 있으며 이에 따라 본고에서는 디지털 이동통신 중 현재 표준화되어 운행되고 있는 TDMA방식의 유럽형 단말기(Global System for Mobile Communications:GSM)의 부품현황과 현재 개발이 진행 중인 DECT(Digital European Cordless Telecommunications)와 PCN(Personal Communication Networks)등 디지털 이동통신 단말기의 일반적인 RF부품을 중심으로 다루고 차세대 개인통신의 구현을 위해 필수적인 지능망에 대해 간략히 다루고자 한다.

II. 본론

GSM은 1982년 CEPT(the European Conference of Posts and Telecommunication Administrations)주관의 비엔나 회의에서 처음 소개되어 작년 7월부터 독일과 프랑스를 중심으로 운행되고 있으며 전 유럽으로 확산되어 가고 있고 홍콩을 비롯하여 동남아시아에서도 디지털 이동통신 방식을 GSM으로 선택하여 표준화 하였다. 그림 2는 일반적인 디지털 셀룰러 휴대전화기의 구성도이다.

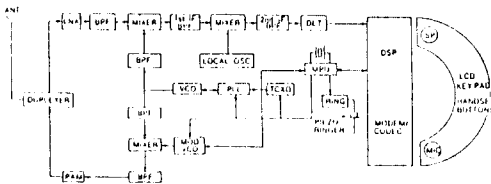


그림 2. 디지털 휴대전화기의 구성도

디지털 휴대전화기는 송신단, 수신단, Baseband 부 및 Logic Controller부로 구성되어 있으며, 본고

에서는 송신단과 수신단 에 대해서 설명하고자 한다. 디지털 휴대전화기의 송신단은 고주파 신호를 원하는 송신전력으로 증폭하기 위한 전력증폭기와 RF 출력신호를 제어하는 APC회로 및 안테나간 Duplexer 로 연결 구성된다.

전력증폭기는 Modulator를 거쳐 고주파로 변환된 변조 신호를 이동통신망내에서 통화가 가능하도록 송신출력으로 증폭시켜 주는 역할을 한다.

전력증폭기의 핵심 소자는 Power FET로 Silicon 계열의 BJT 및 MOSFET와 GaAs계열의 MESFET 가 있다. 그 특성을 살펴보면 표 1과 같다.

표 1. Silicon FET 및 GaAs FET 특성 비교

종류	Silicon FET	GaAs FET
특성	<ul style="list-style-type: none"> · 극면회로 간단 · 종단 임피던스가 높다. · $0V \sim 4V$ 전압에 의해 Power 또는 Gain 제어 · Negative Bias 불필요 · 공급 전압 및 제어 전압이 동일 · 임신시도 공급 · 안정성, 세이징, Size 축소에 유리 · Noise에 매우 강하다. · Gain이 높다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 높은 출력 전력 · 높은 전력 효율(치대 60~70%) · 전지 사용 시간을 1.5 ~ 2배 연장 · Gain이 매우 높다. · Noise에 강함.
단점	<ul style="list-style-type: none"> · 전력 효율이 낮다. (치대 약 40%) · Size가 크다. · Drain의 효율이 낮다. 	<ul style="list-style-type: none"> · Positive 및 Negative Bias전압 필요 · Drain Bias Switching 필요 · Cost가 높다.

Power FET의 주요 사양은 출력 전력 및 전력 이득, 전력 효율에의해 좌우되는데 출력 전력은 Power FET의 출력단에서의 1dB 압축 또는 포화시의 전력을 보여주며, 전력 이득은 입력 전력 대 출력 전력 비, 전력 효율 (η)은 직류 bias가 얼마나 많이 RF 에너지로 전환되느냐 하는 척도로서 효율 η 은 다음과 같이 표시된다.

$$\eta = P_{RF}/P_{dc} = (P_o - P_i)/P_{dc} = (P_{dc} - P_d)/P_{dc} = 1 - P_d/P_{dc}$$

이며 따라서 방사전력 P_d 가 증가하면 전력 효율은 감소한다.

GSM에 사용되는 전력증폭기는 높은 전력과 낮은 Spurious Emission을 유지하기 위하여 제어 전압에 대한 빠른 출력 전력 응답을 필요로 한다. 일반적으로 휴대전화기용 전력증폭기는 효율이 중요하며, 차량전화기는 출력전력이 중요한 요소가 된다. 휴대용 전화기의 고효율은 가입자의 통화시간에 직접적으로 관계되며 효율이 높을수록 장시간의 통화가 가능하다.

전력증폭단에서의 전류소비는 휴대전화기의 전류

소비 전류중 약 70%를 차지하기 때문에 효율이 가장 중요하다고 할 수 있다. 휴대용 전화에 사용되고 있는 전력증폭기의 대부분은 비선형, 출력전압이 5V이나 소형, 경량, 저가격 추세에 따라 출력전압이 3V인 선형증폭 IC를 개발중에 있다. 현재 휴대전화기용 전력증폭기를 생산하는 주요 업체로는 히타치, 모토롤라 및 필립스 등이 있으며 미쓰비시 또한 GSM, PCN용으로 양산을 서두르고 있다.(표 2)

표 2. 각사별 전력증폭기 현황

제조사	모델명	용도	비고
히타치	PF0140~3	GSM(Class 4 2W)	SMD(34x11.4x4)
	PF0144	GSM(Class 4 2W)	SMD(22x12x3.7)
	PF0145	GSM(Class 4 2W)	Low Voltage(4.8V)
	PF0146	GSM(Class 4 2W)	Higher Efficiency
	PF0150	GSM(Class 5-0.8W)	SMD(22x12x3.7)
	PF0231	NADC(Class 3~4)	SMD(22x12x3.7)
모토롤라	MW912	GSM	5단 Silicon Bipolar Module
	MW953	GSM	Bipolar Module
	MW927	NADC	Bipolar Module
	MW9013	DECT	GaAs Module
	MW9012	PCN	GaAs Module
빈진스	BLV202	GSM	3단 Silicon
	BLV203	GSM(Class 4 2W)	4단 Silicon
미쓰비시	F401208	GSM(Class 5-0.8W)	2단 GaAs HIC
	MGF71AX	GSM(Class 5-0.8W)	나단 GaAs MCM
	F401314	PCN	3단 GaAs HIC

일본의 NTT사는 900MHz 대역 휴대용 전화기의 차세대 모델에 사용될 MMIC 전력증폭기를 발표하였다.³⁾

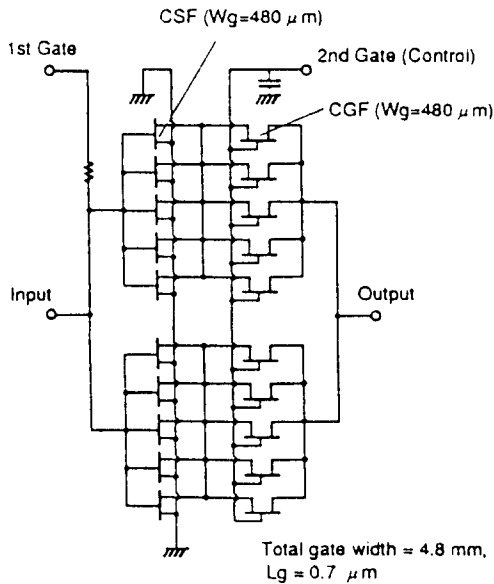


그림 3. Power UBIC-FET의 구조도

이는 UBICPA(Unbalanced Bias Cascode Power Amplifier) 모듈로서 초소형 Monolithic Integration으로 이득은 40dB이상, 출력전력 29dBm, 효율 62%로 MMIC Chip 크기는 기존의 하이브리드 PAM에 비해 1/6(0.2cc)이고 가격은 절반으로 배터리 소비도 중간 이하의 출력전력 조건하에서 50% 전력 소모 절감을 가져올 수 있다. 그림 3은 Power UBIC-FET의 구조도를 보여준다.

일본의 마쓰시타 또한 AlN Multilayer 구조를 갖는 고효율(49%), 저 왜곡이며 공급전압이 3.6V의 GaAs MCM(Multichip Module) 전력증폭기를 소개하여 관심을 끌었다.⁴⁾

그림 4는 MCM Power 모듈의 단면을 보여준다.

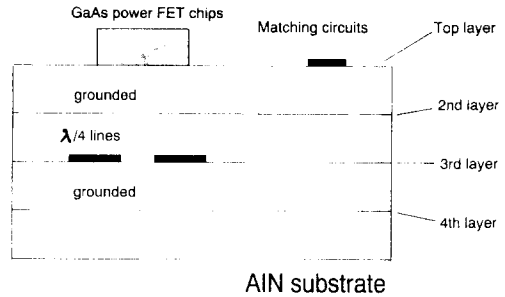


그림 4. MCM Power 모듈의 단면

듀플렉서는 송신주파수와 수신주파수를 분리하고, 또한 외래잡음 등의 불요파를 제거하기 위한 부품으로 그 특성이 단말기의 소비전력 등의 성능에 크게 영향을 주는 핵심부품이다. 이 부품은 비유전율이 91인 세라믹 유전체를 사용하여 단면적을 3mm 각으로 유전체 공진기 전체를 소형으로 하고있으며 송신필터에 BEF 회로를 사용하여 삽입 손실을 BPF비로 20~40% 개선하고, BEF구성 또한 C-L-C 집중회로로 π형접속으로 LPF의 효과를 피하여 스푸리어스 특성을 개선하였다. 수신필터는 공진기와 유전체 기판 사이에 Series Capacitor를 직접 연결하여 공진점 및 반공진점을 동시에 가짐으로써 삽입손실과 감쇠량을 개선하고, 공진기의 소형화에 따른 Q의 열화 및 삽입손실의 악화를 보상하고 있다. 그림 5는 듀플렉서의 송신단 및 수신단의 등가회로를 보여준다.⁵⁾ 한편, 현재 듀플렉서를 개발하여 양산하고 있는 주요 업체는 무라타 및 마쓰시타로서 표 3은 두 업체의 특성을 비교하였다.

Alcatel사는 GSM방식용으로 RF송신단의 Quadrature변조부와 수신단의 Quadrature복조부용 CMOS one-chip으로 ASIC화 하였다.^[6] (그림 6)

이 GSM용 one-chip은 9GHz 실리콘 바이폴라 기법으로 디자인 및 공정을 하였다. 전체적으로 9dB의 잡음지수(NF)를 얻기위해 3dB NF를 갖는 17dB 이득의 LNA를 사용하였다. 송신부는 위상변조된 GSM 890 ~ 915MHz RF 신호를 구현하기 위해 2개의 능동 Mixer 소자를 사용하며 전력증폭기에 0dBm 신호를 얻기위해 Pre-Power증폭기(PPA)를 구성하는데 PPA는 전송신호에서 Intermodulation 왜곡을 피하기 위해 선형모드에서 동작시킨다. 이 소자는 GSM용의 초소형급으로 배터리 소비가 수신모드에서 25mA 이고 송신 모드에서 45mA이다. 회로의 공급전원은 현재 5V로 동작한다.

디지털 휴대전화기의 수신단은 LNA(Low Noise Amplifier), Band Pass SAW Filter, Mixer, IF SAW Filter 및 Quadrature Demodulator 등으로 구성되며 1차 IF 주파수는 71MHz, 2차 IF 주파수는 0 ~ 355KHz대의 Baseband 신호를 갖는다. 초단의 LNA는 이산(Discrete) 트랜지스터로 구성되는데 약 1.5dB의 잡음 지수(Noise Figure : NF) 특성을 가져야 한다. 잡음지수가 작은 저잡음 증폭소자를 사용하는 이유는 수신기의 수신감도 및 S/N비 특성의 결정을 좌우하는 수신 NF는 수신기의 초단 구성 소자의 NF에 의해 결정되어지기 때문이다. LNA에 이용되는 소자는 현재 거의가 실리콘 바이폴라를 이용하여 제조하지만 이 소자는 소비전력이 커서 소형, 저소비 전력화를 목표로 하는 휴대전화기에는 적합하지 않아 그 대신 전력이득, 잡음지수가 900MHz 대(GSM 시스템)에서 실리콘보다 우수하고(NF 가 2Volt 레벨에서 0.5dB) 소비전력이 작으며 수신감도가 좋은 GaAs MESFET을 이용하려는 연구가 진행되고 있다. 그러나 GaAs MESFET은 입력단의 부정합 정도를 나타내는 S-파라미터의 S_{11} 이 1에 근접하여 입력단 정합이 어렵고, 제품가격이 아직까지는 고가여서 범용적인 상용화에는 이르지 못하고 있다.

한편, 안테나를 통하여 입력되는 수신신호는 증폭기를 거쳐 LNA에서 저잡음 증폭되며 BPF를 거쳐 Mixer단으로 입력된다. 전형적인 수신단은 LNA 다음에 증폭기와 함께 Downconverting Mixer가 연결되어 있으며 이 Mixer는 수신된 RF 신호를 IF 나 Baseband에서 효과적으로 복조(Demodula-

tion)하기 위한 주파수 Down 기능을 수행한다. 디지털 휴대용 전화기의 RX, TX 및 1st IF의 각 필터에는 SAW 필터가 사용된다. 이들 필터는 앰프와 믹서의 비선형성 때문에 발생하는 신호의 고조파 성분을 제거하고 또한 잡음대역의 제한을 하는 것이다. 세라믹 필터는 2nd IF 필터로 인접채널 등으로 부터의 간섭 방해 제거를 위해 사용된다. 표 4는 대표적 필터 제조 회사의 SAW 및 세라믹 필터의 특징을 보여 준다.

표 4-1. 각 사별 SAW 필터(TX, RX)의 특징

업체	규격	중심 주파수 (MHz)	IL (dBmax)	Ripple (dBmax)	VSWR	감쇄량 (dB)	용도
부라타	SAFC902.5MA60N	902.5	4.5	2.0	2.5	20 min	GSM
	SAFC947.5MA60N	947.5	4.5	2.0	2.5	20 min	GSM
무지프	F5CC-902M50-12EZ	902.5	4.0	2.0	2.5	20 min	GSM
	F5CC-947M50-12EZ	947.5	4.0	2.0	2.5	20 min	GSM

표 4-2. 무라타의 IF 필터 특징

업체	규격	중심 주파수 (MHz)	IL (dBmax)	Ripple (dBmax)	G.D.T. Ripple (usec)	3dB 대역폭 (kHz)	용도
무라타	SAFC71.0MK50T	71.0	7.0	2.5	2.0	±70 min	GSM
	SAFC110.6MA50T	110.6	4.0		0.7	±576 min	DECT

또한 이동통신의 송수신 시스템에서 주파수 합성기는 제어회로에 의해 발생하는 코드값에 따라 주파수를 합성하며 이러한 기능이 단말기의 전반적인 특성을 좌우하므로 매우 중요하다. 이는 VCO(Voltage Controlled Oscillator)가 PLL(Phase Lock Loop)과 제환 루프(Feedback Loop)를 형성하고 VCO의 출력을 PLL로 카운트하여 다시 VCO에 입력함으로써 Downconverting Mixer의 LO(Local Oscillator) 주파수가 항상 일정하게 유지되도록 한다. 일반적으로 PLL 주파수 합성기는 바이폴라 디바이스를 이용하여 만드는 고주파수 처리용의 프리스케일러. 아날로그 신호를 처리하는 Mixer 등의 회로와 CMOS 디바이스로 만들어진 저주파수 처리를 위한 위상비교기 등이 혼재하여 있으며 이러한 이유로 인하여 프리스케일러와 PLL 사이에 적절한 분주비를 설정하는 것과 Lock-up 시간이나 Spurious 특성등을 고려하여 PLL의 주변회로를 설계하여야 한다. 이 밖에 PLL을 사용 하였을때 회로의 인터페이스 문제나 노이즈 문제, 전원관계에 유의하여야 한다.^[7]

한편, 차세대 디지털 이동통신 서비스 제공을 위

해서는 부품과 단말기의 개발이 선행되어야 하는 것과 아울러 새로운 네트워크가 구현되어야 하는데 이것이 지능망(Intelligent Network : IN)이다. 지능망은 서비스 창출과 전개의 신속성, 망을 통한 공용서비스의 공급, 표준화된 개방접속등의 장점이 있다. 그림 7에는 지능망의 기본 Component를 도시하였다.^[2]

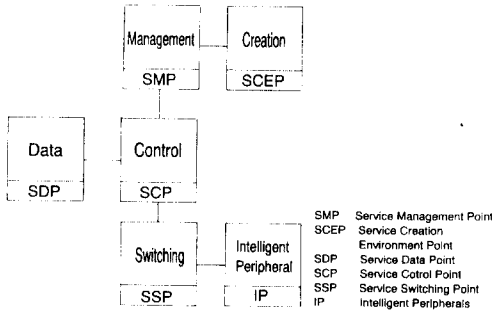


그림 7. 지능망의 Component

그림 8에는 GSM/DCS에서 제공할 서비스를 나타 내었다.^[2] 여기서 "Public Network Service"는 이동환경시에 DCS1800 장비에 접속된 망 가입자정보에 의해 발생하는 모든 호출의 5% 정도를 차지할 것으로 추정되고 있으며, "Personal GSM user subscribed Service"는 가입자에게 좀더 세부적인 서비스를 제공하는 것이다. Private Numbering Group, Special Billing Service, Outgoing Selective Call Screening, Incoming Selective Call Screening, Hunting Groups, Universal Numbering등의 서비스를 제공하게 될 이 부분은 전체 호처리(Call Processing)의 50% 정도를 차지할 것으로 예측되어 개인통신 지능망에서 제공하는 서비스의 주종을 이루게 될 것이다.

Classification	"Public" Services Direct-dialed services	"Personal" GSM User Subscribed Services Originating Services	Terminating Services
Penetration of all calls	>5%	>50%	>50%
Services	- Freephone - TeleVoicing - ACCCCC - Premium Rate	- Priv. Number Group - Billing Services - Outgoing Call Screen	- Incoming Call Screen - Hunting Group - Universal Number

그림 8. 지능망에서 제공하는 서비스의 분류

Ⅲ. 결 론

이동통신 시스템이 아날로그 방식에서 디지털 방식으로 전환됨에 따라 휴대전화기 또한 소형, 경량화 되어 가는 추세이다. 그러나 디지털화에 대해서 해결해야 할 문제점들도 적지 않다. 시스템 표준의 조기 확립에 의한 기술개발, 디지털 이동전화 단말기의 적절한 가격 수준, 단말기 식별 부호 관리 계획의 수립으로 인한 기존의 아날로그 셀룰라 서비스(FDMA 등) 가입자 보호, 이동통신 시스템의 효율적 활용을 추진할 수 있는 제도적 사항 마련 등이 그것이다.

한편, GSM에서 지능망의 구현은 네트워크 오퍼레이터에게 엄청난 서비스의 창출을 가져올 것이다. 서로 다른 종류의 네트워크를 통합하는 지능망의 구현이 되어야만 아날로그 이동통신에서 디지털 개념의 이동통신으로 바뀌어진 현 시점에서 위에서 지적한 디지털 이동통신의 취약점의 해결이 가능한 개인휴대통신 시스템이 성공할 수 있으며 현재의 기술개발 추세로 볼때 지능망 구조에 근거한 개인휴대통신으로의 전환은 더욱 빠르게 가속화될 것이다.

RF 부품 또한 MMIC화 됨에 따라 Si과 GaAs의 부품추이도 사용용도에 따라 달라질 수 있다. 결국 Power Module, Filter, Duplexer 및 변복조기 등의 RF IC는 점차 고밀도, 고효율화되는 방향으로 발전하고 있어 향후 초소형 단말기 구성의 핵심기술이 되리라 본다.

參 考 文 獻

[1] K. Hofmann, O. L. Fric, "Future Trends in Mobile Cimmunications PCN and The Future", CommunicAsia94 Int'l Coferece, Session 7, pp. F1 ~ F7, 1994.

[2] T. Heins, J. Wittkopp, "Intelligent Network aspects in a digital cellular network using GSM/DCS900/1800 standards", CommunicAsia94 Int'l Coferece, Session 7, pp. F15 ~ F29, 1994.

- [3] M. Huraguchi, M. Nakatsugawa, M. Aikwa, "A Novel MMIC Power Amplifier for Product-Size Cellular Telephone", IEEE MTT-S Digest, 1993.
- [4] K. Tateoka, A. Sugimura, H. Furukawa, M. Yuri, N. Yoshikawa, K. Kanazawa, "A GaAs MCM Power Amplifier of 3.6V Operation with High Efficiency of 49% for 0.9GHz Digital Cellular Phone Systems", IEEE MTT-S Digest, pp 569~ 572, 1994.
- [5] H. Matsumoto, T. Yorita, Y. Ishitawa, T. Nishikawa, "Miniaturized Duplexer Using Rectangular Coaxial Dielectric Resonator for Cellular Portable Telephone", IEICE Transactions vol. E. 74, No. 5, pp1214~ 1220, May, 1991.
- [6] J. Sevenhans, A. Vanwelsenaers, M. Van Paemel, J. Dulongpont, D. Rabaey, "A Single Chip Radio Transceiver for 900MHz GSM Handset, Mobile Terminals and Base Stations", RF EXPO Mar., 1993.
- [7] 富士通(株), 富士通半導體デバイスデータブック, 通信機器用IC, 1992.
- [8] Hewlett Packard, Cellular Telephone Handset Components, Feb. 1993.

筆者紹介



中 相 基

1950年 5月 23日生

1974年 2月 연세대학교 전자공학과 (공학사)

1978年 8月 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

1986年 5月 University of Florida 전자공학과 (공학석사)

1989年 8月 Auburn University 전자공학과 (공학박사)

1979年 6月 ~ 1984年 2月 국방과학연구소 선임연구원

1989年 9月 ~ 1992年 2月 현대전자(주) 수석연구원

1992年 3月 ~ 현재 전자부품종합기술연구소 수석연구원

주관심 분야 : 고주파/ 초고주파 부품, 이동통신/ 위성통신기기, 고주파 회로 및 MMIC 설계 등임.



申 昌 鉉

1988年 광운대학교 전자통신공학과 학사
1990年 광운대학교 전자통신공학과 석사

1991年 ~ 1993年 포스데이타(주) 기술연구소 근무
1993年 ~ 현재 전자부품종합기술연구소 전임연구원

주관심 분야 : 고주파/ 초고주파 부품 및 고주파 회로, 이동통신기기 등임.



閔 貞 東

1991年 서울시립대학교 전자공학과 학사
1993年 서울시립대학교 전자공학과 석사

1993年 현재 전자부품종합기술연구소 연구원

주관심 분야 : 디지털 신호처리, 고주파 부품 및 회로 등임.

洪 聖 喆

1982年 서울대학교 학사
1984年 서울대학교 석사
1989年 미시간 대학교 박사

현재 KAIST 부교수