

## Si RF 제품 및 산업계 동향

양성기(삼성전자 S-LSI 사업부)

### I. 서론

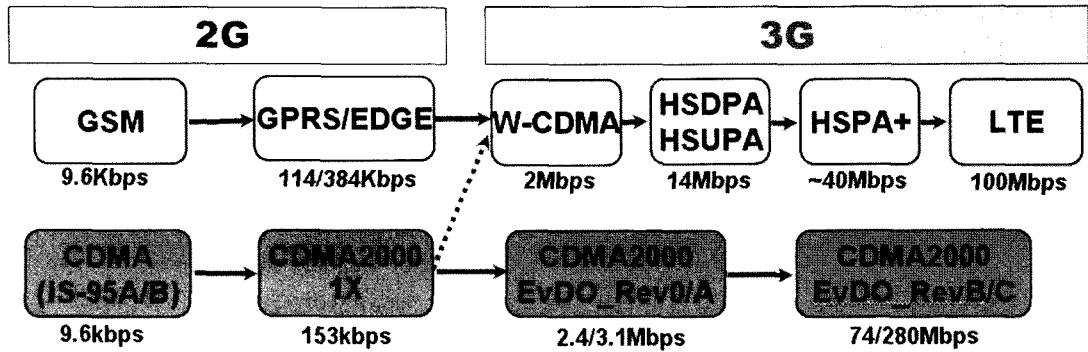
2000년을 전후하여 RF분야는 Si기술을 바탕으로 일대 전환기를 맞아 수많은 연구 성과와 함께 여러 대기업들과 신생 벤처 기업들에서 다양하고 혁신적인 제품들이 쏟아져 나오기 시작하였다. 이에 힘입어 오늘날 모바일 기기는 저가격화, 소형화, 다기능화가 급속히 진행되어 사람들에게 더 많은 정보 혜택을 제공하고 있다. 현재 상용화 수준에서 주로 이야기 되는 RF기술 분야는 mobile-phone(cellular), wireless network(MAN/LAN/PAN), mobile-TV, GPS등으로 나눌 수 있으며, 많은 기업들이 각 분야에서 경쟁하고 있다. 본 고에서는 각 분야에서 선도적인 업체의 개발 동향을 살펴보고, 이를 바탕으로 최근에 산업체에서 이루어지고 있는 RFIC기술의 흐름을 정리하여 보고자 한다. 기본적인 RF transceiver기술에 대해서는 본 고와 함께 게재되는 다른 논문들을 참조하면 될 듯하여 별도로 다루지 않으며, 또한 제품 정보에 대한 출처는 web상에서 업체, 제품명으로 쉽게 검색 가능하므로 따로 참고 문헌 등에 표기하지 않도록 하겠다.

### II. 각 분야별 선도 제품 현황

#### 1. Cellular

그림1은 cellular표준의 진화 과정을 보여주고 있다. 2G까지는 비동기식 GSM계열과 Qualcomm주도의 동기식 CDMA계열로 나뉘었으나, 3.5G부터는 W-CDMA계열(HSDPA~LTE)로 통합되는 추세이다. 물론 Qualcomm은 여전히 CDMA2000-EvDO\_REV\_A/B/C에 대한 로드맵을 내놓고 있으나, 현재로서는 REV\_B/C의 보편화는 쉽지 않아 보인다.

CDMA는 시스템에서 요구되는 잡음 지수 및 선형성 사양이 매우 높고 full-duplex방식으로 동작하므로, Qualcomm은 얼마 전까지도 SiGe 공정을 사용하여 receiver/transmitter가 분리된 2~3 chip solution으로 대응하여 왔다. 그러나, 2005년부터는 CMOS선형성 개선 설계 기술[1]을 바탕으로 800MHz단일 대역용 0.25um CMOS제품(RFR6122/RFT6122)을 출시하였으며, 최근에는 800MHz/1900MHz dual-band 및 receiver diversity까지 지원하는 0.18um CMOS 1-chip transceiver(RTR6500)를



〈그림 1〉 Cellular 표준의 진화

출시하며 GSM계열에 비하여 상대적으로 집적화, CMOS화가 더뎠던 부분을 만회하였다. 또한, 2006년부터는 개발된 RF transceiver를 modem, power management IC등과 SiP(system in package)기술로 single-chip 형태로 구현한 QSC시리즈를 출시하여 가격, size 등의 경쟁력을 제고하였다. 한편, Qualcomm은 상대적으로 안정된 modem solution을 바탕으로 비동기 GSM/W-CDMA분야에도 뛰어들어 GSM/GPRS/EDGE/W-CDMA/HSxPA 및 receiver diversity를 지원하는 고집적 0.18um CMOS RF transceiver(RFT6285)를 출시하였으며, CDMA에서와 같이 1-chip SiP QSC제품군도 출시 예정에 있다. Transceiver구조는 2002년 RFx6000시리즈가 발표된 이후 모두 direct conversion(zero-IF)구조를 적용하고 있으며, modem frontend에 있는 넓은 dynamic-range를 갖는 sigma-delta ADC 및 modem과의 긴밀한 calibration을 통하여 RF transceiver설계의 부담을 줄이는 접근을 하고 있다.

GSM계열은 그동안 Si-Lab, Renesas, Philips (현재 NXP), TI등의 많은 회사들이 시장을 주도하였으나, EDGE와 W-CDMA 계열까지 추

가된 현재는 Infineon이 0.13um CMOS공정을 사용한 SMARTi제품군으로 꾸준히 시장을 유지하고 있다. 반면, 앞서 언급된 바와 같이 Qualcomm이 새롭게 가세하였을 뿐만 아니라 그 동안 wireless-LAN분야에서 우위를 갖고 있던 Broadcom도 65nm SoC solution(BCM21551)으로 cellular분야에 공격적인 도전을 하고 있어 귀추가 주목된다. 한편, Infineon은 아직 시장 형성이 되어 있지 않은, 사실상 4G에 해당하는 LTE(long term evolution)에 대응한 RF transceiver시제품도 해당 modem개발 이전에 먼저 출시하여 향후의 시장을 주도하려고 하였다. 적용된 기술은 W-CDMA계열은 zero-IF, GSM계열은 협대역 신호의 특성상 1/f noise 및 DC-offset문제로 low-IF receiver구조를 주로 적용하고 있으며, 역시 넓은 dynamic-range를 갖는 sigma-delta ADC를 적용하여 analog baseband회로의 비중을 최소로 하면서 multi-mode에 대응하고 있다. Transmitter쪽은 GSM/GPRS까지는 constant envelop신호 특성을 이용하여 offset-PLL구조가 주류였으나, 현재는 EDGE 및 W-CDMA에 대응하기 위해 direct up-conversion 혹은 polar transmitter 구

조를 적용하고 있다. 대부분의 IC가 GSM 4-band, W-CDMA 3-band를 지원하고 있어 RF frontend의 비중은 여전히 큰 상태이다.

## 2. wireless network

wireless network은 coverage에 따라 MAN (metropolitan area network), LAN(local area network), PAN(personal area network)으로 나뉘며, 각 영역별 표준 현황과 선도 업체를 표1에 정리하였다.

IEEE-802.11a/b/g 및 Bluetooth는 2000년 전후로 수많은 벤처 기업들이 뛰어들었던 분야로서, 현재는 Broadcom, Atheros, CSR 등이 시장의 많은 부분을 점유하고 있다. 나머지 분야는 최근에 제품 출시가 시작되어 시장이 형성되는 시점에 있으며, WiMax wave-2나 IEEE-802.11n등은 MIMO(multiple input multiple output)를 기본으로 하고 있어서 상대적으로 RF부분의 비중이 크기 때문에 초기 단계인 현재까지는 주로 RF단품 형태로 개발된 상태이다. 하지만 Broadcom은 BCM4325에서 2x2 MIMO구조를 갖는 dual-band IEEE-802.11n 및 IEEE-802.11a/b/g 호환성을 유지하는 제품을 baseband와 함께 65nm SoC로 구현하여 역

시 공격적인 시장 대응을 하고 있다. 이 분야의 transceiver구조도 대부분 direct-conversion 방식을 적용하고 있으나, TI는 sampling receiver 및 all-digital PLL에 근거한 transmitter가 적용된 DRP(digital RF processor)를 개발하여<sup>[2]</sup> 90nm 공정으로 Bluetooth에 우선 적용하여 상용화하였으며, 최근에는 이 구조를 65nm 공정에 적용하여 Bluetooth(BL6450)이 외에 IEEE-802.11a/b/g/n(WL1273)등까지 점차 확대 적용하고 있다.

WiMax분야는 Beceem, GCT 등이 선도적인 제품 대응을 하고 있으며, 최근에는 Beceem (BCSR200), 국내 벤처인 카이로넷 (XRO3000) 등에서 2x2 MIMO를 지원하는 wave-2 solution을 발표하였다. IEEE-802.20(broadband wireless access)분야는 Qualcomm이 OFDMA 특허를 갖고 있는 Flarion사를 인수하여 제품 개발(FLR500-A) 및 표준화를 주도하였으나 Qualcomm의 일방적 독주로 현재는 표준화 작업이 사실상 중단된 상태가 되었다. UWB는 아직 주로 벤처 기업에서 주로 개발을 진행하고 있는데, WiMedia진영의 Alereon사가 상대적으로 제품 출시가 앞서 있으며, 고주파 광대역(3~10GHz) 특성상 SiGe공정을 사용하여 RF 단독칩으로 구현되었다(AL5100). ZigBee

〈표 1〉 wireless network 표준 및 선도 업체

Cover-Range		IEEE 표준	선도 업체
MAN	~1km	802.16a/e (WiMax)	Beceem, GCT
		802.20 (BWA)	Qualcomm
LAN	~100m	802.11a/b/g	Broadcom, Atheros
		802.11n	
PAN	~10m	802.15.1 (Bluetooth)	CSR, Broadcom
		802.15.3 (UWB)	Alereon, Freescale
		802.15.4 (ZigBee)	Freescale, Philips(NXP)

분야는 Freescale, NXP 등 대기업과 일부 벤처 기업에서 solution을 대응 중이다.

### 3. Mobile-TV

mobile-TV 표준은 우리나라가 선도하는 DMB, Nokia 주축의 DVB-H, 일본의 ISDB-T, 그리고 Qualcomm이 주도하는 Media-FLO가 표준 경쟁을 벌이고 있다.

상대적으로 선형 보급된 우리나라의 DMB solution은 Frontier-Si사와 더불어 integrant 등의 국내 벤처가 빠른 RF solution 대응을 하였다. 반면, GCT는 선도적으로 S-DMB (GDM7001) 및 T-DMB (GDM7004) CMOS SoC solution을 출시하였다. 삼성전자는 Media-FLO를 제외한 DVB-H/DMB/ISDB-T multi-mode 대응의 global mobile-TV solution을 개발하여 시장에 진입하기 시작하였으나, 우선적으로는 DVB-H에 비중을 두고 있다. Qualcomm도 Media-FLO뿐만 아니라 DVB-H, ISDB-T를 지원하는 solution (MBP1600)을 SiP로 구현하여 자사의 global cellular phone solution에 mobile-TV 기능을 추가하려고 하고 있다. Mobile-TV receiver에 적용되고 있는 구조는 상대적으로 대역폭이 넓은 DVB-H, Media-FLO의 경우

direct-conversion 방식을 취하고 있는 반면, DMB, ISDB-T는 업체 별로 direct-conversion 혹은 low-IF 구조가 혼용되어 있는데, 아직까지는 low-IF 제품이 상용화에 더 앞서 있는 것으로 보인다. S-DMB의 경우는 수신 감도 향상을 위해 대부분 diversity를 지원하고 있다.

### 4. GPS

GPS 단독 solution으로는 SiRF사가 최대의 점유율을 확보하고 있다. SiRF사는 그 동안 SiGe RF chip과 baseband IC를 SiP로 구현하여 대응하여 왔으나, 최근에는 경쟁력 유지를 위해 90nm 공정을 사용한 SoC solution (GSD3t)을 출시하였다. 그러나, GPS 시장은 구현될 IP의 크기는 작은 반면 여러 분야에서 활용도가 증가하면서 점차 다른 solution과 통합될 필요성이 커졌다. 이에 따라, 2007년 하반기 들어 표3과 같이 주요 RF solution 업체들이 GPS 개발 벤처들을 인수하여 solution을 확보하는 사례가 빈번하게 발생되었다. GPS signal processing을 mobile기기의 host processor에서 software로 수행하는 경향도 생기면서 RF 단품으로 존재하거나 다른 RF solution에 통합될 수도 있다. GPS receiver는 주로 중간 주파수가  $f_0 (=1.023\text{MHz})$

〈표 2〉 Mobile-TV 표준 및 선도 업체

Standard	주도 국가	선도 업체
DVB-H	유럽 (Nokia)	삼성전자, Broadcom
DMB	한국	Frontier-Si, GCT
ISDB-T	일본	Maxim
Media-FLO	미국 (Qualcomm)	Qualcomm

〈표 3〉 2007년 하반기 추진된 GPS 개발 업체 M&A 사례

인수 업체	GPS 개발 벤처	설립년도	인수 금액	보유 SoC Solution,
Broadcom	Global-Locate	1999	\$143M	Hammerhead-II
Atheros	u-Nav	2001	\$54M	uN3010
Philips(NXP)	GloNav		\$110M	GNS4540

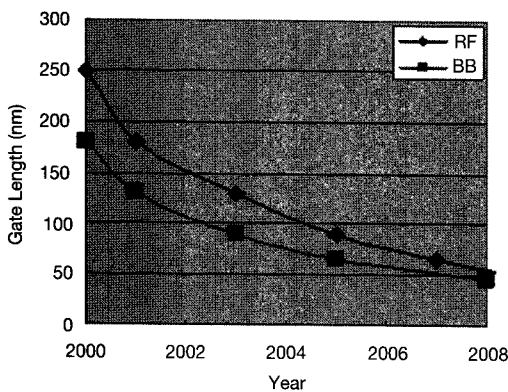
~ 4fo인 low-IF구조를 적용하고 있으며, 최근 들어서 10mA이하 수준의 CMOS저전력 설계가 이루어지고 있다.

### III. 전반적인 기술 동향 분석

II-절에서 각 분야별로 살펴본 제품 개발 경향을 종합해 보면 다음과 같다.

#### 1. CMOS-RF 보편화 및 SoC 구현 현실화

CMOS-RF는 2000년 이후 급속히 보급되어 대체가 된지 오래이며, 이제 SiGe BiCMOS공



〈그림 1〉 연도별 RF 및 digital baseband 제품 gate-length 변화 추이

정은 일부 높은 RF특성이 요구되는 표준의 초기 시제품에서만 제한적으로 사용되는 수준이 되었다. 이는 단순한 가격상의 문제뿐만 아니라 RF-BB SoC화를 통해 경쟁력을 확보해야 하는 측면에서 절실한 사항이다. 따라서, RF block들도 digital block과 함께 신규 공정에 맞게 적기에 개발되어야 한다.

그림2는 IEEE VLSI symposium과 ISSCC학회에 발표된 제품 수준의 논문들을 바탕으로 연도별 baseband(digital)과 RF회로에 처음 적용되기 시작한 CMOS공정의 gate-length추이를 정리한 것이다. Baseband와 RFIC와의 gap은 초기 대략 2년 정도였으나, 점차 시간이 지날수록 이 gap은 1년 정도로 줄어들고 있음을 알 수 있다. 적기에 SoC에 필요한 RF solution을 구현하고 또 점차 높아지는 공정 비용을 대응하기 위해서는, RF회로 설계의 simulation정확도 확보를 확보하여 설계 수정을 최소화하는 것이 필수적이다. 이를 달성하기 위해 active/passive device modeling, substrate coupling 분석, EM-simulation, PKG modeling 등 CAE측면의 뒷받침이 점차 중요해지고 있다.

#### 2. RF Transceiver 구조

RF transceiver구조는 변환 방식상 direct-

conversion이 대부분이며, 일부 표준에서만 (GSM, GPS, DMB, ISDT-T) low-IF 가 적용되고 있다. Receiver구조는 sigma-delta ADC로 최대한의 dynamic-range를 확보하고, 이를 통해 baseband analog부분을 단순화 하는 방식으로 정립되었으며, transmitter는 direct up-conversion방식과 함께 점차 polar방식도 확대 적용되고 있다. 이러한 구조의 IP들은 성숙도가 상당히 진행되어 대부분의 application에 약간의 회로 trimming만으로 IP화하여 SoC구현 가능한 수준에 이르게 되었다. 한편, TI의 DRP기술은 한 단계 더 발전된 구조이나, 현실적으로는 receiver성능이 일부 떨어져 특성 경쟁력의 문제가 있다. 하지만 앞으로 더 작은 gate-length를 갖는 공정에서 clock속도가 더 빨라지고 회로 개선도 추가될 경우 특성 경쟁력도 곧 극복될 것으로 보인다.

### 3. Convergence화

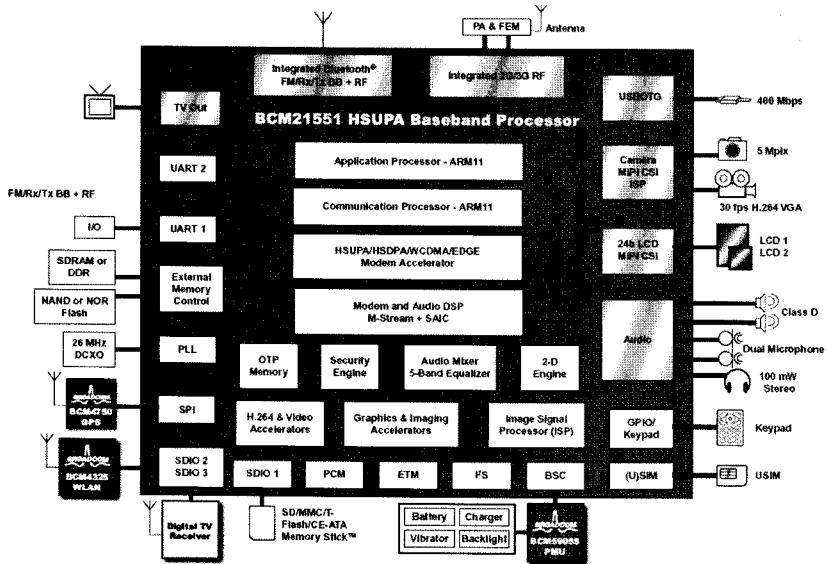
점차 cellular/network/GPS/mobile-TV 등의 표준들이 하나의 IC에 구현되지는 추세이다. 이에 따라, 기존에 각 분야에 존재하였던 선도 업체들이 종합 solution provider로 살아 남느냐 마느냐 하는 기로에서 있다. 각 업체들은

solution확보를 위해 각각의 기술을 가진 업체들을 적극적으로 인수하고 있으며, 그 중심에는 mobile phone solution을 확보하고 있는 Qualcomm, Infineon, TI등이 있고 Broadcom은 최근에 두각을 나타내고 있는 회사이다. Broadcom의 경우 2000년 Innovent System사를 인수하여 본격적으로 wireless시장에 진입한 이후 모두 26개의 업체를 M&A로 인수하였다. Convergence를 위한 multi-mode 대응 측면에서도 digital-RF기술이 큰 경쟁력을 지니므로 점차 확대 적용될 것으로 판단된다. 표4는 주목할 업체들의 solution보유 현황을 확보 순서로 표시하였다.

그림3은 Broadcom에서 출시한 가장 높은 convergence를 갖는 SoC solution칩으로, 2G/3G-Cellular(GSM/GPRS/EDGE/W-CDMA/HSxPA) 및 Bluetooth, FM Transceiver를 지원하는 IC의 구성도이며, 14mm×14mm 621-pin FBGA에 실장되었다. 그림 상단에 있는 두 개의 RF transceiver block에서 볼 수 있듯이 이제 RF transceiver도 다른 digital IP와 비슷하게 IP조합으로 파생 제품을 만들어 가는 수준까지 이르렀다고 하겠다.

〈표 4〉 주요 선도 업체의 solution 보유 현황  
(숫자는 업체별 확보 순서이며 괄호는 최근 M&A 로 확보한 solution임)

업체	CDMA	GSM	WCDMA	WLAN	BT	GPS	TV
Qualcomm	1	3	3	(6)	4	2	5
Broadcom	-	4	4	1	2	(5)	(3)
TI (DRP)	-	3	-	5	1	2	4



〈그림 3〉 Broadcom Cellular/Bluetooth/FM Transceiver 65nm SoC Solution (BCM21551)

#### IV. 국내 업체 동향

표5에 주요 국내 RF개발 업체와 주 분야를 정리하였다. 삼성전자는 cellular RF solution 및 Mobile-TV 등을 중심으로 개발하고 있고, 나머

지 벤처 업체는 각각 업체에 특화된 개발 item 을 갖고 있다. GCT는 DMB 1-chip화에 이어 WiMax solution으로 점차 매출 확대가 기대되는 상태이고, FCI와 Integrant는 DMB RF단품에서 매출을 올렸으나, 각각 외국 업체에 M&A된 후 새로운 전기를 맞이한 상태이다.

〈표 4〉 국내 주요 RF 업체 현황

업체	설립 년도	주 분야
삼성 S-LSI	1974	Cellular (CDMA/W-CDMA), Mobile-TV
GCT	1998	DMB, WiMax
FCI	1998	CDMA, DMB
Integrant	2000	DMB
PHYCHIPS	2002	ZigBee, RFID, GPS
RadioPulse	2003	ZigBee
카이로넷	2005	WiMax

PHYCHIPS, RadioPulse, 카이로넷 등은 아직 개발된 IC를 상품화로 연결시키지는 못하였으나, 조만간 시장에서 좋은 결과를 기대해 볼만하다. 특히, 카이로넷은 설립 이후 단기간에 WiMax wave-2 solution까지 발표하여 그 결과가 주목된다.

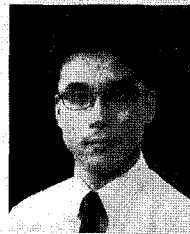
## V. 결론

이상에서 주요 RF응용 분야의 제품 개발 동향을 알아보았고, 전반적인 기술 추이를 종합하여 보았다. 이 분야는 점차 CMOS SoC화가 이루어지고 있으므로, RF단독 제품의 기회는 점차 줄어들고 IP개념으로 변화하고 있다. 하지만, 여전히 RF부분은 전체 solution의 특성을 결정하고 IC의 경쟁력을 좌우하는 매우 중요한 부분임에는 틀림이 없다. 또한 data-rate을 높이기 위해 MIMO기술이 보편화 되는 추세를 감안하면 RF부분의 비중은 계속적으로 커질 것으로 판단된다. 또한 convergence추세로 total solution 개념이 중요해짐에 따라 앞으로는 경쟁력을 가진 일정 규모 이상의 회사만 살아 남을 것으로 판단된다. 현재 주요 국내 업체의 방향 정립과 분발이 요구된다고 하겠다.

## 참고 문헌

- [1] V. Aparin, L. E. Larson, "Modified derivative superposition method for linearizing FET low-noise amplifiers," IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., Vol. 53, Feb. 2005, pp. 571 - 581.
- [2] R. B. Staszewski et. al., "All-Digital TX Frequency Synthesizer and Discrete-Time Receiver for Bluetooth Radio in 130-nm CMOS," IEEE J. Solid-State Circuits, Vol. 39, Dec. 2004, pp. 2278 - 2291.

## 저자소개



양 성 기

1988년 3월-1992년 2월 서울대학교 전자공학과  
 1992년 3월-1994년 2월 서울대학교 대학원 전자공학과 석사  
 1994년 3월-1999년 8월 서울대학교 대학원 전자공학과 박사

주관심 분야 : RF transceiver architecture 및 회로 설계