

개인 휴대 단말 시스템용 표면탄성파 필터의 동향

이 만 형

Components Lab,
LG Innotek Co. Ltd.

요 약

본 고에서는 휴대 이동단말 시스템의 복잡다기능화 및 단말기내 적용되는 주파수 변조 방식의 변화에 따른 핵심부품으로서 표면탄성파필터의 요구 성능의 변화 및 그에 따른 대응방향에 대해서 설명하고 있다. 현재 전세계적으로 널리 보급되고 있는 코드분할다중접속방식(CDMA)의 이동단말기에서는 슈퍼헤테로다인 변복조방식의 적용에 따라 표면탄성파 소자로서 듀플렉서, 송신 RF 필터, 수신 RF 필터 및 수신 IF 필터 등이 적용되어 왔다. 하지만 최근 들어 RF 대역에서 기저대역으로 신호의 직접변환(Direct Conversion)이 가능한 Chipset의 보급과 더불어 급속히 Zero-IF화가 추진되고 있으며, 그에 따라 RF 필터부의 고성능화가 요구되고 있다. Zero-IF Chipset은 신호대 잡음비를 크게 하기 위해서 수신 RF 필터에 있어서 Balance 구동을 기본으로 하고 있으며, 듀플렉서에 있어서는 통과대역의 저손실화, 저지대역의 고감쇠화 및 송수신간 높은 격리도를 요구하고 있다. 본 고에서는 이러한 요구사항을 만족시킬 수 있는 표면탄성파 필터의 구현 원리와 향후 동향에 대해 논의하였다.

I. 서 론

최근 10여년에 걸쳐서 전세계적으로 개인 휴대 이동통신 시장의 수요는 급속히 증가하고 있다. 단말기의 초기 보급 당시에는 아날로그 방식으로서 단순히 음성서비스에만 의존하였던 것과는 상반되

게, 디지털 방식으로의 전환으로 인해 가입자의 급격한 증가와 더불어 대용량, 고속 신호처리가 가능함에 따라 각종 콘텐츠, 인터넷 등의 데이터통신은 물론이고, 동영상 전송이 가능해짐에 따라 멀티미디어 서비스도 가능하게 되었다. 디지털 이동통신은 크게 유럽표준의 GSM(Global System for Mobile Communication) 방식과 북미 표준의 CDMA(Code Division Multiple Access) 방식으로 대별되어 2세대(2G)에서 3세대(3G)로의 성장을 거듭하고 있으며, 가입자의 급격한 증가와 더불어 사용 주파수의 고주파화, 다중대역화(Multi-band) 및 주파수의 통합화가 추진중에 있다^{[1],[2]}. 이러한 추세와 더불어 휴대용 기기로서 이동통신 단말기는 사용자의 환경에 대한 부응, 즉 사용의 편의성을 만족시키기 위해서 복잡다기능화, 경박단소화, 고성능화가 지속적으로 추진되고 있으며, 적용 부품에 있어서도 예외는 아니다. 본고에서는 대표적으로 우리나라를 중심으로 해서 시장의 규모가 급격히 확산되어 가고 있는 개인 휴대 이동통신의 표준중 하나인 CDMA 방식 휴대 단말 시스템에 대해 분석하고, 사용부품의 동향을 살펴보고자 한다.

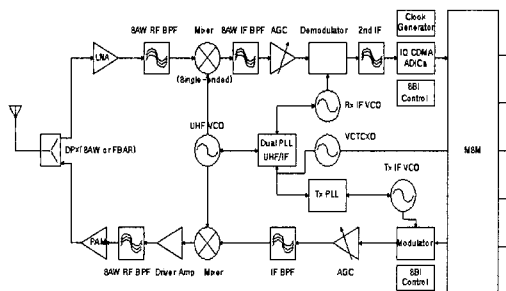
우리나라에서는 1990년대초 무선호출기를 필두로 해서 개인휴대이동통신의 시장이 태동하기 시작했으며, 이동전화로서는 아날로그 방식의 AMPS(Advanced Mobile Phone System) Phone을 시초로 성장의 기반을 마련하였고, 이후 이동통신기술의 급격히 발전과 더불어 1990년 하반기부터 IS-95 CDMA(Code Division Multiple Access) 방식의 도입으로 본격적인 디지털 이동통신의 시대가 열리기

시작하였다. 이와 함께 현재까지 수요자의 증대와 고객의 요구조건을 만족시키기 위해서 이동 단말기의 고성능화, 다기능화, 경박단소화 등이 지속적으로 추진되고 있다. 그와 더불어 국내의 부품시장도 가전기기 중심에서 무선기기 중심으로 무게중심이 이동하기 시작하였고, SAW 필터 시장 또한 발전에 발전을 거듭하게 되었다. 지금에 와서 SAW 필터는 개인 휴대 단말기로 대표되는 무선기기에 없어서는 안될 부품으로서 자리 매김을 하고 있으며, 그 성능을 좌우하는 핵심부품 중의 하나가 되었다. 최근까지 CDMA 방식의 단말기는 주파수 변복조방식에서 일반적인 Super Heterodyne 방식을 채택하고 있었으며, 그러한 휴대단말기는 [그림 1]과 같이 크게 Front-end부, RF Inter-stage부, IF부, Baseband부로 구성되어 있다. Front-end부에 있어서는 단말기의 소형화 및 고성능화와 더불어 유전체 듀플렉서로부터 SAW Duplexer로 대체되었으며, Baseband부 이외에는 반드시 한 개 이상씩 사용하게 된다. 단말기의 경박단소화의 요구에 의해 SAW 필터는 지속적으로 소형화되어 왔으며 사용되는 Chipset의 요구에 따라 고성능화 및 다기능화가 추진되어 왔다.

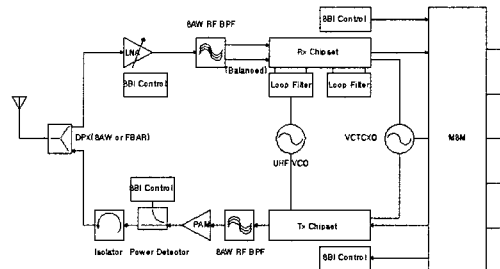
최근 들어서 Chipset 기술의 발전과 더불어 종전의 Super Heterodyne 방식의 주파수 변복조방식에서, [그림 2]와 같이 RF 대역으로부터 기저대역으로

신호를 직접 변환하는 Direct Conversion 방식, 즉 Homodyne 방식이 도입됨에 따라 SAW 필터 시장에 있어서도 변화가 일어나기 시작하였다. 적용 부품수가 줄어들게 된 것이다.

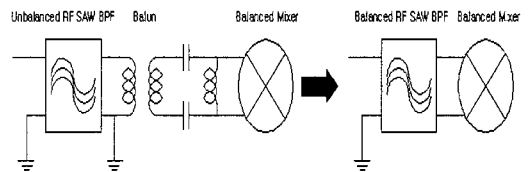
[그림 2]에서 알 수 있듯이 Direct Conversion 방식의 Chipset은 Zero-IF를 기본으로 하고 있으며, 수신단에 있어서 RF SAW 필터는 LNA와 Mixer 사이에 위치하게 되는데, SAW 필터의 입력에 해당하는 LNA의 출력은 Unbalance 회로이고, 출력에 해당하는 Mixer의 입력은 우수한 SN 비(Signal-to-Noise Ratio)의 구현이 가능한 Balance 입력 회로를 갖는다. 이러한 Chipset 내 회로소자들과 정합을 위해서는 Unbalance형 SAW 필터를 사용할 경우에는 Balun이 반드시 필요하게 되는데, 이러한 추가적인 수동부품이 사용되면 필수적으로 PCB 면적의 증가뿐만 아니라 삽입손실의 증가를 초래하게 된다. 그에 대한 해결방안으로 [그림 3]과 같이 Balun 기능



[그림 1] Super-Heterodyne 방식 CDMA 단말기의 블록도



[그림 2] Direct Conversion 방식 CDMA 단말기의 블록도



[그림 3] Balun 기능이 내장된 RF SAW Filter의 개념도

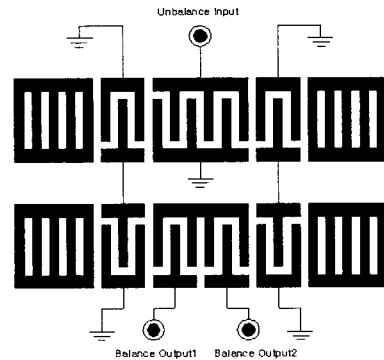
이 내장된 SAW 필터의 사용이 필수적이게 되었다^[2].

한편 송신단의 RF 필터의 경우에는 Tx Chipset에 의해 발생하는 수신대역의 Noise를 충분히 억압하기 위해 고감쇠형의 SAW Filter가 요구된다. Antenna Duplexer에 있어서는 소형화와 더불어 수신감도의 증진 및 송신 출력의 안정화를 위해서 저손실화가 요구되며, 송수신시 상호간의 간섭영향을 최대로 억압하기 위해 높은 격리도(Isolation)를 요구하고 있다. 본 고에서는 이러한 Direct Conversion 방식의 CDMA 단말기 시스템에 적합한 수신용 RF SAW 필터 및 Duplexer에 대한 설계이론 및 기본적인 구동원리에 대해 논하고, 더불어서 향후 발전 동향에 대해 설명하고자 한다.

II. RF SAW Filters

2-1 필터의 설계: 전기적 성능의 변화에 대한 대응

일반적으로 RF SAW 필터를 설계하는 기법에는 크게 Ladder 회로형 필터 기법과 이중모드 SAW (DMS: Double Mode-coupled SAW) 필터 기법이 있다. RF SAW 필터의 요구성능은 적용되는 단말기의 표준과 Chipset의 요구조건에 의해 결정된다. 앞서 언급했듯이 Direct Conversion 단말기의 수신단용 RF SAW 필터는 Unbalanced Input과 Balanced Output 특성을 기본으로 하고 있으며, 이에 적합한 설계기법은 이중모드 SAW 필터 구조로서, [그림 4]와 같이 반사기내에 IDT(Inter-Digital Transducer)를 적절히 배치함으로써 원하는 특성을 구현할 수 있다. [그림 4]에 도식적으로 표현한 바와 같이 전기적 요구성능을 구현하기 위해 42° Y-X LiTaO₃ 압전 단결정 기관상에 두개의 DMS Block을 상단과 하단으로 배치해서 중속접속시키게 되는데, 전기적 입력단에 해당하는 상측의 DMS Block은 반사기 내부에 배치된 한개의 입력 IDT와 양측의 두개의 출력

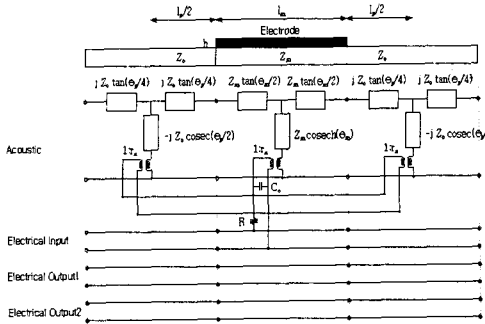


[그림 4] Balun기능이 내장된 DMS형 SAW Filter의 구조

Coupling IDT로 구성되며, 전기적 출력단에 해당하는 하측의 DMS Block은 반사기내에 배치된 Balance 신호를 유도하게 되는 두개의 출력 IDT와 양측의 두개의 입력 Coupling IDT로 구성함으로써 Unbalanced Input과 Balanced Output 특성을 구현할 수 있다. 이러한 DMS 필터의 주파수 특성은 각 IDT의 주기, 전극의 갯수, 그리고 위상을 제어하는 IDT간 간격에 의해 결정된다. 출력단의 두개의 출력 IDT는 Balance 신호를 유도하기 위해 [그림 4]와 같이 임의적으로 180° 의 위상차를 갖도록 배치시킨다.

이러한 SAW 필터의 전기적 특성에 대한 Simulation은 Smith 등가회로 이론을 바탕으로 실행하게 되는데, IDT에 대한 등가회로는 [그림 5]와 같이 한 개의 음향 경로(Acoustic Path)와 다수개의 전기적 입력과 출력에 해당하는 전기 경로(Electrical Path)로 구분해서 나타낼 수 있으며, 전기와 음향간 상호 변환은 변환기(Transformer)의 변환계수를 통해 표현할 수 있다^{[3][4]}. 이러한 Smith 등가회로는 일반적으로 널리 알려진 전송선로 이론, 즉 전송선로의 T형 등가회로를 바탕으로 유도되었음을 알 수 있다.

IDT의 전반적인 특성은 Chain Matrix를 이용하면 쉽게 해석할 수 있는데, 다수의 전극지를 갖는 IDT의 구조에 있어서는 [그림 5]의 전극지의 기본구조



[그림 5] IDT에 대한 Smith 등가회로

에 대한 Chain Matrix를 그 개수(N)만큼 행렬곱을 함으로써 얻을 수 있고, SAW 필터의 전반적인 특성(\$F_T\$)은 반사기 Block(\$F_R\$), IDT Block(\$F_T\$) 및 IDT사이 에 존재하는 전송선로(\$F_{SP}\$)에 대한 각각의 Chain Matrix의 순차적인 곱에 의해 구현할 수 있다.

전기적 입력단에 해당하는 상측 DMS Block의 전반적인 전송특성을 나타내는 Chain Matrix, \$FA_{Tij}\$는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$[FA_T] = [F_R]^{Nr} * [F_{SP}] * [F_{TO}]^{Nto} * [F_{SP}] * [F_{Ti}]^{Nti} * [F_{SP}] * [F_{TO}]^{Nto} * [F_{SP}] * [F_R]^{Nr} \quad (1)$$

이것을 계산상 편의를 위해 다시 Admittance Matrix \$YA_{ij}\$ (여기서 \$i, j = 1 \sim 2\$)로 나타내면 식 (2)로 표현할 수 있다.

$$\begin{vmatrix} lin \\ -I_c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} YA_{11} & YA_{12} \\ YA_{21} & YA_{22} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} Vin \\ Vc \end{vmatrix} \quad (2)$$

전기적 출력단에 해당하는 하측 DMS Block의 전반적인 전송특성을 나타내는 Chain Matrix, \$FB_{Tij}\$는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$[FB_T] = [F_R]^{Nr} * [F_{SP}] * [F_{Ti}]^{Nti} * [F_{sp}] * [F_{Tc}]^{Ntc} * [F_{sp}] * [F_{Ti}]^{Nti} * [F_{SP}] * [F_R]^{Nr} \quad (3)$$

마찬가지로 Admittance Matrix \$YB_{ij}\$ (여기서 \$i, j = 1 \sim 3\$)로 나타내면 식 (4)와 같다.

$$\begin{vmatrix} I_c \\ -I_{o1} \\ I_{o2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} YB_{11} & YB_{12} & YB_{13} \\ YB_{21} & YB_{22} & YB_{23} \\ YB_{31} & YB_{32} & YB_{33} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} V_c \\ V_{o1} \\ V_{o2} \end{vmatrix} \quad (4)$$

이중모드 필터의 3단자망 구조에 대한 전반적인 파동 특성은 식 (2)와 식 (4)로부터 행렬연산에 의해 식 (5)의 \$3 \times 3\$ Admittance Matrix, \$Y_{ij}\$ (여기서 \$i, j = 1 \sim 3\$)를 유도함으로써 구할 수 있다.

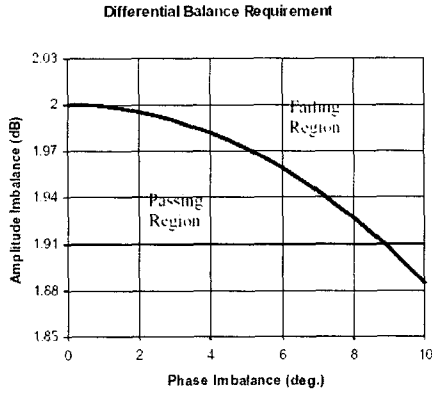
$$\begin{vmatrix} lin \\ -I_{o1} \\ I_{o2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} Vin \\ V_{o1} \\ V_{o2} \end{vmatrix} \quad (5)$$

상기의 Admittance 행렬로부터 Unbalance 입력과 Balance 출력을 갖는 3단자망 회로의 이중모드 SAW 필터의 주파수 특성을 이해하기 쉽게 산란행렬(Scattering Matrix), \$S_{ij}\$ (여기서 \$i, j = 1 \sim 3\$)로 나타내면 다음과 같다.

$$S_{ij} = (U_{ij} - y_{ij}) * (U_{ij} + y_{ij})^{-1} \quad (6)$$

여기서 \$U_{ij}\$는 단위행렬(Unit Matrix)을 나타내며, \$y_{ij}\$는 각 Port의 부하 임피던스로 정규화한 Admittance 행렬을 나타낸다. 이러한 산란행렬로부터 필터의 통과특성과 반사특성을 구할 수가 있는데, 그 중에서도 Balance형 3단자망 필터에서 중요한 Amplitude Balance와 Phase Balance를 쉽게 구할 수 있다. Balance 출력 포트에 해당하는 포트 2와 포트 3간의 통과특성의 차이, 즉 \$S_{21}\$과 \$S_{31}\$간의 Amplitude의 차이로부터 Amplitude Balance를 구할 수가 있고, 그 Phase의 차이로부터 Phase Balance를 구할 수 있다. 이는 Direct Conversion 방식 CDMA 단말기내 Zero-IF Chipset의 성능을 결정하는 중요한 인자 중의 하나로서 [그림 6]과 같은 요구특성을 만족시켜야 한다.

이와 같은 3단자망 구조로부터 2단자망 구조로 변환하기 위해서는 Balance 회로의 특성을 잘 이해할 필요가 있다. 본고에서 언급하고 있는 Balance형 필터의 두개의 Balance 출력을 2단자망 구조에서 하

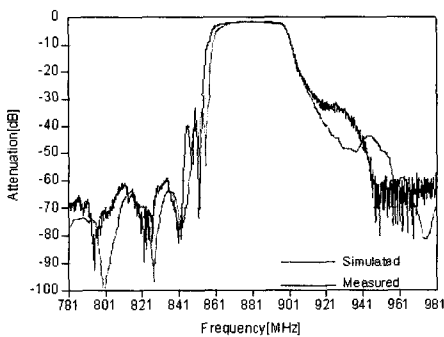


[그림 6] Amplitude and Phase Balance Specification Curve of Zero-IF Chipset

나의 출력으로 나타내기 위해서는 직렬접속을 하게 되면 쉽게 얻어진다. 즉 $V_{out} = V_{o1} = V_{o2}$ 이고, $I_{out} = I_{o1} - I_{o2}$ 가 되므로 2단자망 산란행렬을 쉽게 유도할 수 있다. [그림 7]에서는 이렇게 구해진 Direct Conversion 방식의 CDMA 단말기용 수신단 RF SAW 필터의 시뮬레이션 결과와 실제 제작된 소자의 주파수 특성을 비교하고 있으며 근사적으로 잘 일치함을 알 수 있다.

2-2 Size 요구조건에 따른 Package의 변화

단말기내 카메라 기능의 내장 및 GPS 기능 등의



[그림 7] Direct Conversion 방식 CDMA 단말기 수신단용 RH SAW 필터의 주파수 특성



[그림 8] SAW Filter용 Package의 종류

부가와 같은 복합다기능화와 단말기 자체의 경박단소화의 추세에 따라 적용되는 부품에 대한 지속적인 소형화 요구가 있으며, RF 부품으로서 SAW 필터도 예외는 아니다. 이러한 추세와 더불어 PCB의 유효면적 및 부피가 줄어들고 있고, 이에 대한 해결 방안으로서 종전의 3×3 mm 크기의 패키지에서 2.5×2.0 mm로 급격한 변환이 이루어졌으며, 최근 들어서는 2.0×1.4 mm 크기의 패키지가 상용화되어 출시되고 있다. 패키지의 소형화에는 필수적으로 조립공법의 변화를 가져오고 있는데, [그림 8]에 도식적으로 나타내었듯이 Chip과 패키지간 전기적인 접속방법에 있어서 종래의 3×3 mm 패키지의 경우에는 반도체 조립공정에서 일반적인 와이어본딩 기법이 적용되고 있는 반면, 2.5×2.0 mm 패키지로 소형화됨에 따라 Bump Bonding과 Flipchip 기법이 적용되고 있음을 알 수 있다. 더 나아가서 2.0×1.4 mm 크기의 패키지로 더욱 소형화됨에 따라 Bump Bonding과 Flipchip 기법의 적용은 물론이고, 조립된 Chip을 외부환경으로부터 보호하기 위해 Sealing 기법에 있어서도 Laminating 기법 적용 등에 의해 차별화하여 CSP(Chip Scale Package) 기법이 적용되고 있다.

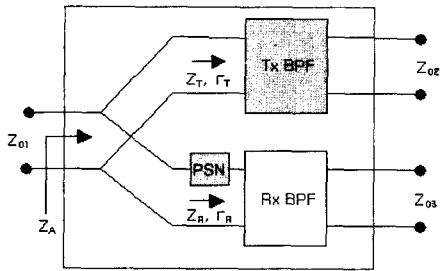
III. SAW Duplexers

3-1 전기적인 요구조건

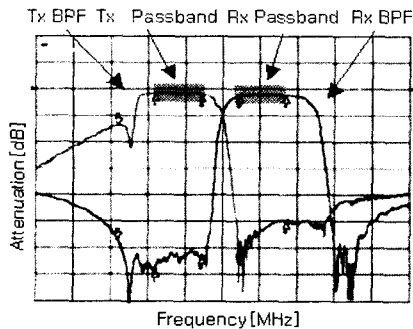
듀플렉서는 안테나와 송수신단을 연결하여 Full Duplexing 하기 위해 동시에 송신신호와 수신신호를 분리시키는 역할을 한다. 즉 송신시에는 송신단

의 PAM(Power Amplifier Module) 출력전력이 Duplexer를 통과하여 안테나로 최대전력을 전달하고, 수신시에는 반대로 안테나를 통해 수신된 미약한 RF 신호가 Duplexer를 통과하여 수신단의 LNA(Low Noise Amplifier)로 신호를 전달하는 역할을 하는데, 이때 이러한 수신신호에 대해 최대전력 전달을 위해 통과과정에서 삽입손실(IL: Insertion Loss)이 적어야 함은 물론이고, [그림 9]와 <표 1>에 나타난 것처럼 송수신시 상호간의 간섭영향을 최대로 억압하기 위해서는 감쇠특성 및 격리특성(Isolation)이 우수해야 할 뿐만 아니라, 송수신 각 대역에 있어서 간섭대역에 대해 반사특성이 우수해야 한다. [그림 10]은 CDMA 단말기의 요구조건을 만족시키는 대표적인 SAW 듀플렉서의 주파수 특성을 예시하고 있다.

더불어서 안테나를 통해 공중으로 고주파 신호를



[그림 9] SAW 듀플렉서의 구조에 대한 블록도



[그림 10] SAW 듀플렉서의 주파수 특성

<표 1> SAW Duplexer의 전기적인 요구성능

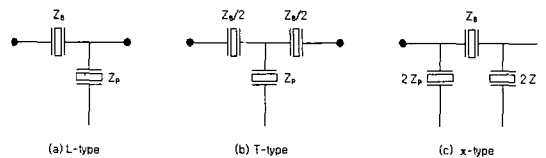
Frequency	Tx passband	Rx Passband
Impedance(Z)	$Z_r=Z_{01} \ll Z_R$	$Z_R=Z_{01} \ll Z_r$
Reflection coefficient(Γ)	Large Γ_R	Large Γ_T
Isolation	Larger	Larger

전송하기 위해서 SAW 듀플렉서는 PAM으로부터 인가되는 높은 전력의 신호를 받아들여야 하는데, 일반적으로 높은 전력의 신호가 SAW 필터 내부로 인가되면 기계적인 진동에 의한 Al 원자의 Stress Migration 현상과 공진에 의해 발생하는 열에 의한 Electro-migration 현상이 발생해서 전력파괴가 발생할 우려가 있는데, 이에 대한 대책으로 다층 전극막, 즉 적절한 두께로 조합된 Al alloy/Ti/Al alloy/Ti의 전극막을 사용함으로써 고내전력성을 얻을 수 있다^[5].

3-2 대역통과 필터의 설계

듀플렉서를 구성하는 고유의 내전력성과 우수한 Skirt 특성의 구현을 위해 전극지의 개수를 임의로 조절할 수 있는 Ladder 회로형 기법을 적용해서 송수신용 SAW 필터를 설계하게 된다. Ladder형 SAW 필터는 1-port의 직렬공진기와 병렬공진기간의 조합으로 구성되는데, 필터에 요구되는 임피던스 특성에 따라 [그림 11]과 같이 L형, T형, 또는 π 형의 기본 회로망 구조를 영상 임피던스 정합법에 의해 단단으로 종속 접속시켜 구성하게 된다.

SAW 듀플렉서는 송신용 필터와 수신용 필터의



[그림 11] 대표적인 Ladder형 SAW 필터의 회로망 구성도

안테나 단자를 전기적으로 병렬접속해서 구현할 수 있다. 일반적으로 SAW 듀플렉서용으로 구성되는 송신용 필터의 경우 상기의 T형 회로망을 2단 접속해서 사용하게 되는데, 이러한 경우 송신대역은 50 Ω으로 쉽게 정합이 가능하며, [그림 12]의 (a)와 같이 고주파측에 위치하는 간섭대역인 수신대역은 높은 임피던스를 가지게 됨으로써 별도의 위상천이기 (PSN: Phase Shifter Network)가 필요없게 되므로 소형화에 유리해진다. 수신필터의 경우에는 필터 구조 및 위상천이기의 설계 편의성을 위해 상기의 π형 회로망을 3단 접속해서 사용하게 되는데, 수신대역에서는 쉽게 50 Ω으로 정합되는 반면, [그림 12] (b)와 같이 간섭대역인 저주파측에 위치하는 송신대역은 낮은 임피던스를 갖게 되므로, 통과대역인 수신대역의 임피던스는 50 Ω을 유지하는 가운데 간

섭대역에서의 임피던스를 크게 증가시킬 수 있는 위상천이기의 도입이 필수적이다.

3-3 위상천이기(PSN: Phase Shifter Network)의 설계

앞서 언급한 바와 같이 듀플렉서의 수신단용 SAW 필터의 경우, 통과대역인 수신대역에서는 50 Ω 근처에서 임피던스 정합이 이루어지는 반면, 간섭대역인 송신대역에서 매우 낮은 임피던스를 가짐으로 인해 송수신간 병렬접속 구조를 갖는 안테나 단에서 임피던스의 부정합이 발생하므로 PSN을 사용해서 임피던스를 무한대 근처로 이동시켜줄 필요가 있다.

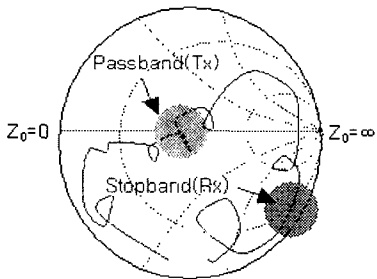
$$Z_{R_{x,i}}(X) = Z_0 \frac{Z_L + Z_0 \tan(\beta X)}{Z_0 + Z_L \tan(\beta X)}$$

$$\infty \text{ at } f_o, T_X \rightarrow Z_o + Z_L \tan(\beta X) = 0 \quad (7)$$

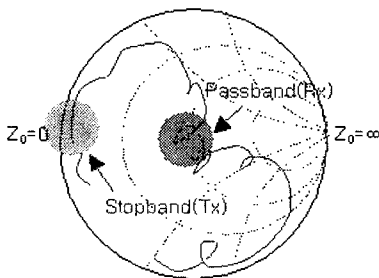
여기서 β는 위상상수, Z_L은 수신필터의 송신주파수에서 리액턴스, Z₀는 PSN의 특성임피던스로서 거의 50 Ω에 근사한다. PSN의 위상거리를 구해 보면 전송선로의 입력임피던스를 나타내는 식 (7)의 해로부터 근사적으로 λ/4의 (2n-1)배가 됨을 알 수 있다. 여기서 n=1, 2, 3, 4, 5, ...이다. 또한 [그림 12](b)의 Smith 차트로부터 도식적으로 추론해 보더라도 동일한 결과 나옴을 알 수 있다. SAW Duplexer를 저온소성세라믹(LTCC: Low Temperature Cofired Ceramic) 패키지를 사용해서 제작할 경우, PSN은 상기의 특성 임피던스와 위상거리를 갖는 Strip Line 형태의 전송선로로 구현 가능하다. 특성임피던스 Z₀를 갖는 Strip Line 전송선로의 선포는 [그림 13]의 모식도와 식 (8)로부터 계산할 수 있다.

$$Z_o \approx \sqrt{\frac{60}{\epsilon_r}} \text{Ln} \left(\frac{4h}{0.7\pi W (0.8 + t/W)} \right) \quad (8)$$

3-4 SAW Duplexer의 설계 및 제작 결과

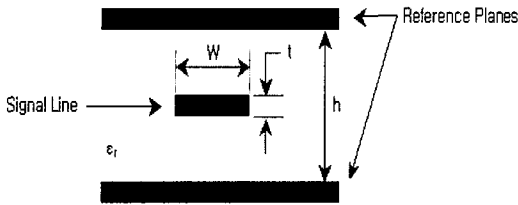


(a) 송신용 SAW 필터

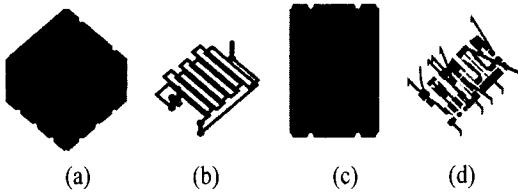


(b) 수신용 SAW 필터

[그림 12] 듀플렉서용 송수신 SAW 필터의 임피던스 특성

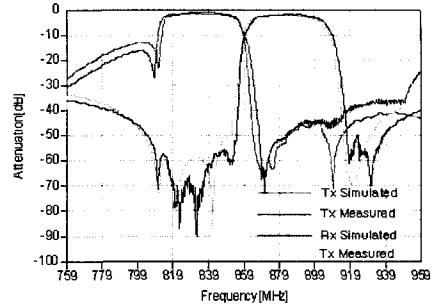


[그림 13] Strip Line 형태의 전송선로에 대한 기본 구조

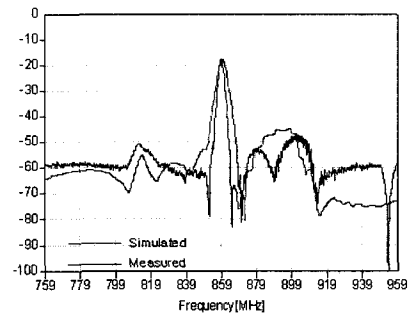


[그림 14] SAW 듀플렉서의 3차원 구조해석에 대한 모식도

SAW 듀플렉서를 해석함에 있어서 앞서 언급한 바와 같이 먼저 Smith 등가회로 해석법에 의해 송수신용 SAW 필터를 설계하고 각 공진기에 대해 S-parameter를 도출한 다음, 이렇게 설계된 SAW 필터의 임피던스 특성에 적합하도록 3차원 EM Simulation이 가능한 Ansoft HFSS를 이용해서 해석 및 최적화한다. 보다 상세히 설명하면 [그림 14]의 (a)와 (b) 같이 일반적으로 LTCC 패키지내에 PSN이 내장된 적층구조물에 대해 먼저 EM 해석을 진행하고, 다음으로 [그림 14](d)의 Chip Layout내 각 공진기에 대한 S-parameter를 삽입한 후, 본딩 와이어를 이용해서 [그림 14](c)의 패키지 본딩 패드와 전기적 접속을 형성함으로써 SAW 듀플렉서의 전반적인 전기적 특성을 해석할 수 있다. [그림 15]에서는 현재 널리 사용되고 있는 CDMA 대역의 SAW Duplexer에 대해 상기와 같이 Simulation한 결과와 그 결과를 바탕으로 실제 소자를 제작해서 측정된 결과를 비교하고 있는데, 주파수 특성에 있어서 잘 일치하고 있음을 알 수 있으며, 단말기의 성능에 직접



(a) 대역 통과 특성



(b) Isolation 특성

[그림 15] SAW 듀플렉서의 주파수 특성

적으로 영향을 미치는 전기적인 특성으로서 삽입손실(Tx: 2.5 dB max, Rx: 3.5 dB max)과 격리도(Tx: 55 dB min, Rx: 45dB min)를 충분히 만족시키고 있다.

3-5 Size 요구조건에 따른 Package의 변화

RF SAW 필터와 마찬가지로 SAW 듀플렉서에 있어서도 소형화의 요구는 예외가 아니다. LTCC 패키지 공법의 보급으로 인해 5×5 mm 크기의 제품이 널리 사용될 수 있었으며, 최근 들어 3.8×3.8 mm까지 소형화된 제품이 보급되고 있는 추세이다. 가까운 미래에는 LTCC 패키지 공법의 한계를 극복할 수 있고, 저가격화로 높은 신뢰성을 유지할 수 있는 반도체 공정이 적용된 수동집적소자(IPD: Integrated Passive Device)로서 PSN이 안정적으로 제작되어 보급되고, 더불어서 고밀도 실장기술이 부가되

게 된다면 3.5×3.5 mm 이하 제품도 널리 보급될 수 있으리라 짐작된다.

IV. SAW Filter가 내장된 FEM(Front-End Module)

이중대역 GSM 단말기의 경우에는 이미 오래전부터 ASM(Antenna Switch Module)을 필두로 해서 SAW 필터가 내장된 FEM(Fron-end Module)이 적용되고 있었던 반면, CDMA 단말기의 경우에도 지속적인 복잡다기능화와 경박단소화의 요구로 필터, 매칭용 인덕터, 커패시터 등과 같은 개별 수동소자와 능동소자를 집적화시킨 FEM 소자가 등장하기 시작했다. 대표적으로 Chipset 업체를 중심으로 수동소자로서 SAW 듀플렉서, RF SAW 필터 및 매칭소자를, 그리고 능동소자로서 Power Detector, PA(Power Amplifier) 소자를 집적화한 FEM 소자의 개발에 박차를 가하고 있다.

V. 결 론

CDMA로 대표되는 개인휴대 단말기의 복잡다기능화 및 경박단소화의 요구에 부응하는 RF SAW 필터와 SAW 듀플렉서의 요구성능, 구현 원리, 패키지의 변화 추이 및 향후 동향 등에 대해 논하였다. 그리고 앞서 언급한 바와 같이 시뮬레이션을 통해 Zero-IF CDMA Chipset의 요구성능에 잘 부합하는 Balance형 RF SAW필터와 SAW 듀플렉서를 구현할 수 있었으며, 시뮬레이션과 실제 측정 자료간 비교적 잘 일치하는 결과를 보임을 알 수 있었다. 본고에서 서술한 설계기법을 바탕으로 보다 더 최적화율을 향상시킨다면 단말기의 Front-end 적용 부품에 대한 고성능화, 초소형화 및 집적화에 충분히 기여할 수 있으리라 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] H. Meier, T. Baier and G. Riha, "Miniaturization and advanced functionalities of SAW devices", *IEEE Trans. on MTT*, vol. 49, no. 4, pp. 743-748, 2001.
- [2] C. Eder, G. Fischerauer, P. Hagn and G. Riha, "SAW filters for 3G systems: A quantum leap in size and passive integration is ahead", *2001 International symp. on acoustic wave devices for future mobile communication systems*, 2C-1, 2001.
- [3] Y. Satoh, O. Ikata, T. Miyashita, T. Matsuda and T. Nishihara, "A low-loss band-pass filter using SAW resonators(in Japanese)", *IEICE Trans., J76-A*, no. 2, pp. 245-251, 1993.
- [4] Y. Satoh, O. Ikata and T. Matsuda: "A band-pass filter using one-port SAW resonators", *Fujitsu Sci. Tech. Journal*, vol. 29, no. 4, pp. 367-376, 1993.
- [5] R. Takayama, H. Nakanishi, T. Sakuragawa, T. Kawasaki and K. Nomura, "High power durable electrodes for GHz band SAW duplexers", *2000 IEEE Ultrasonics Symp. Proc.*, to be published.

≡ 필자소개 ≡
이 만 형



행중

1986년 3월~1990년 2월: 한양대학교 공과대학 무기재료공학과 (공학사)
1991년 3월~1993년 2월: 한양대학교 일반대학원 무기재료공학과 (공학석사)
1997년 3월~현재: 경북대학교 대학원 센서공학과 박사과정 수료 및 학위 수

1993년 1월~2000년 9월: KEC(주) 종합연구소 선임연구원 (SAW & Microwave Ceramic Device 개발팀장 역임)
2000년 10월~현재: LG이노텍(주) 부품연구소 책임연구원 (SAW Device & FEM 개발팀장)