

이동통신시스템용 대역 통과 여파기 설계기술 동향

安 達

순천향大學校 工科大學 電氣, 電子工學部

I. 서 론

현대에 여러 종류의 통신 시스템이 개발 되면서, 이에 사용되는 여러가지 특성의 대역통과 여파기들의 개발이 필요하게 되었는데, 전기적인 특성을 만족하는 회로망 구현 방법에는 크게 나누어서 2가지의 방법이 있으며, 그중 하나는 영상 파라메타 방법(image parameter method)이다. 이 방법은 1930년대에 W.P.Mason과 R.A.Sykes에 의해 개발된 방법으로 회로망 파라메타를 이용하여 영상임피던스(image impedance)와 영상 웨이즈(image phase)를 정의하고 이를 이용한 감쇠 함수 특성을 유도하는 방법이다. 이 방법을 이용한 여파기의 설계에 있어서는 먼저 원하는 통과 대역과 저지 대역을 가질 수 있는 회로망 파라메타를 선택하고 부가해서 통과 대역의 중심 주파수에서의 영상임피던스가 종단임피던스와 같게 한다. 그러나 이 방법의 단점은 영상임피던스가 주파수의 함수가 되어 통과대역 내에서의 부정합을 발생하며 이로 인한 특성의 왜곡이 여파기가 설계되기 전에는 특성의 왜곡을 예측할 수 없는 단점이 있다. 두 번째 방법은 앞에서 기술한 영상파라메타를 이용한 여파기 설계의 단점을 보완하기 위해 개발된 방법으로 S.Darlington, M.E.Valkenburg 등에 의해 도입된 삽입손실 방법에 의한 여파기 설계 방법이다. 이 방법은 수학자들에 의해 개발된 수학의 다항식 함수 특성을 이용하여 구현할 수 있는 회로를 설계하는 것으로 RF 및 마이크로웨이브대역에서의 여파기 설계에 사용되는 대표적인 다항식들은 Maximally Flat, Chebyshev, 및 Elliptic 함수 등이 있다.

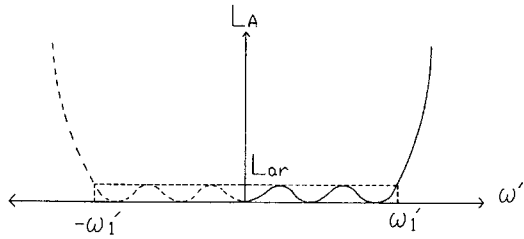
요즈음, 이동통신 시스템에서 사용되고 있는 대역통과 여파기들은 통과대역에서의 삽입손실, 저지대역에서의 감쇠량, 그리고 크기 등의 3가지 조건을 동시에 만족시켜야 한다. 그러나, 여파기 설계에 사용되는 Maximally flat나 Chebyshev의 함수 특성은 3가지 조건을 동시에 만족시키기가 힘들게 된다. 따라서, 이들을 만족시키기 위한 연구들이 1980년대 이후 지속적으로 진행되어 오고 있

다.

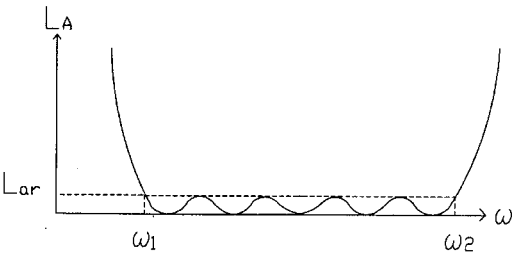
본 논문에서는 삽입손실 방법에 기초한 대역통과 여파기의 기본 설계이론을 기존의 논문들에 의해 발표된 수식중심이 아닌 설계식의 유도과정 및 변환식들을 가능한한 서술적으로 전개하며 수식을 필요로 하는 이들을 위해서는 참고문헌을 명기하고, 국내외의 설계 기술 동향을 적고자 한다.

II. 설계이론

삽입 손실 방법에 기초한 대역통과 여파기를 설계하는 방법「1」은 두가지로 나눌 수 있는데 이들 모두 기본적인 내용은 같다.



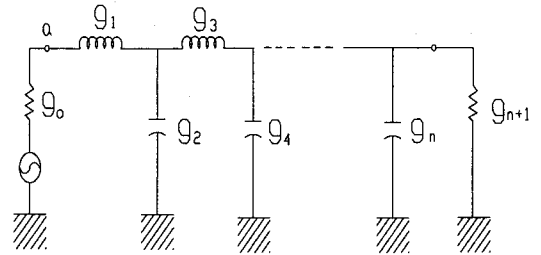
(그림 1) (a) 저역 통과 여파기의 주파수에 대한 감쇠특성



(그림 1) (b) 대역 통과 여파기의 주파수에 대한 감쇠특성

그림 1-a는 저역통과 여파기의 주파수에 대한 감쇠특성을 나타내는 것으로 자연계에 존재하는 주파수가 양의 값만을 가지므로 실선으로 표시된 부분만을 사용하여 DC 부터 원하는 주파수 까지만 전기신호를 통과 시키는 저역통과 여파기라고 이

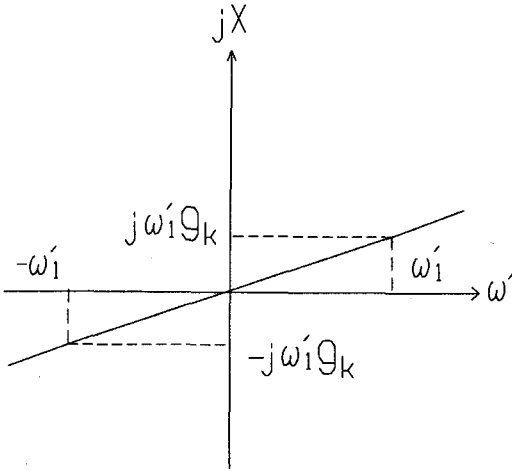
야기하나 실은 이 여파기 특성은 앞에서 언급한 수학 다항식 함수에서 나온 것으로 만약 주파수가 음의 값을 가진다면 저역 통과 여파기도 $-\omega'$ 에서 $+\omega'$ 까지의 통과 대역을 갖는 대역 통과 여파기로 생각할 수 있다. 따라서 대역 통과 여파기를 설계하는 기본 방향은 그림 1-a에 나타난 저역 통과 여파기의 주파수 특성을 그림 1-b의 대역 통과 여파기 주파수 특성으로 변환할 수 있는 주파수 변환함수를 구하는 것이다(그림 1에서 저역 통과 여파기와 대역 통과 여파기의 주파수 특성에서 각주파수 표기가 다른 것은 주파수 변환함수를 표현할 때 혼동을 피하기 위한 것이다). 그리고, 주파수 변환 함수를 구하는 기본 이론은 두가지 정도의 이론이 있다. 그 첫 번째의 이론을 이해하기 위해서는 그림 2에 나타난 저역통과 여파기 회로를 이해해야 한다.



(그림 2) 저역 통과 여파기의 회로도

그림 2는 앞에서 언급했던 수학의 다항식중 Maximally Flat나 Chebyshev형으로 부터 회로망 합성 기법을 이용하여 구할 수 있는 구조중 일부이다. 이 회로망에 사용된 소자들중 주파수에 따라 이미턴스(imittance)가 변화하는 소자는 인덕터나 캐패시터로, 인덕터에 대해서 $-\infty$ 에서 $+\infty$ 의 각주파수(angular frequency)에 대한 임피던스 특성을 나타내면 그림3과같이 각주파수에 대해 선형적으로 변화 함을 쉽게 알 수 있다.

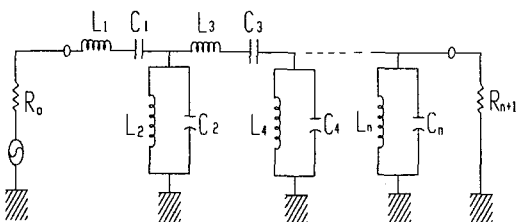
특히 음의 각주파수 영역에서의 임피던스 특성까지 나타 내었기 때문에 일반적으로 회로망에서 사용되는 양의 허수 임피던스만을 갖는 인덕터 특성과는 다르게 음의 허수 임피던스도 가짐을 알 수 있다. 따라서 첫 번째 이론의 주된 요지는 음, 양의 허수 임피던스를 갖는 회로망 소자를 음의



(그림 3) 인덕터의 임피던스특성

각주파수 영역이 아닌 양의 각주파수 영역에서 구하는 것인데 실제 구현 가능한 소자로는 저역 통과 여파기에서의 인덕터의 특성과 같이 선형적으로 변화하는 것은 구할 수 없으며 근사적으로 사용할 수 있는 소자가 인덕터와 캐패시터를 직렬로 연결한 직렬 공진 회로이다. 반면, 저역 통과 여파기에서의 캐패시터는 어드미턴스에 대해 앞의 인덕터에서 언급한 과정을 반복하면 대역통과 여파기에서 근사적으로 사용할 수 있는 소자가 인덕터와 캐패시터를 병렬로 연결한 병렬 공진 회로라는 것을 쉽게 알 수 있다. 이상에서 언급한 기본 내용을 이용하여 대역 통과 여파기를 구현하면 그림4와 같이 표현되며, 주파수 변환 함수 및 중심 주파수는 식 1 및 식 2에 나타나 있다.

$$\frac{\omega'}{\omega_1} = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1} \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \quad (1)$$



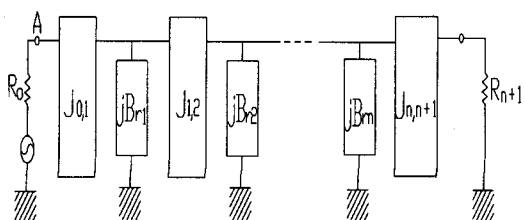
(그림 4) 대역 통과 여파기의 회로도

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2} \quad (2)$$

식 2에서 중심 각주파수가 통과대역 각주파수의 산술평균으로 표현되지 못하는 이유는 앞서 언급한 바와 같이 이미턴스가 선형적으로 변화하지 않기 때문에 생긴 결과이다. 이 과정을 통하여 대역통과 여파기의 소자값을 구하게 되면 소자값이 유일하게 정해지게 되어 특별한 경우에는 구현이 불가능한 소자값을 유도하게되는 문제가 발생하며, 또한가지의 문제는 사용주파수 영역이 높아지면서, 집중소자형의 공진기를 이용하지 못하고 그에대해 근사적으로 등가인 분포소자형 공진기로 대역통과 여파기를 구현하게 되는데 높은 주파수 영역에서는 사용하는 분포소자에 따라 두 종류의 공진기를 자유자재로 구현하기가 현실적으로 어렵게 된다. 따라서, 위에서 언급한 대역통과 여파기 설계방법은 실제 구현하는 회로에 응용하는 것보다는 주파수 변환함수를 유도하는 이론을 이해하는데 도움을 준다.

주파수 변환함수를 위한 두 번째 이론은 앞의 방법이 가지고 있는 제약을 해소하기 위한 구조로 인버터라고 하는 회로망을 정의하고 이를 이용한 여파기 설계방법이다. 인버터는 영상파라미터에서 정의한 이미턴스와 영상웨이즈로 표현되는데 임피던스가 모든 주파수에서 K(ohm)이고 영상웨이즈가 모든주파수에서 $\pm 90^\circ$ 인 회로망을 임피던스 인버터인 K-인버터라 하고 어드미턴스가 모든 주파수에서 J(mho)이고 영상웨이즈가 모든 주파수에서 $\pm 90^\circ$ 인 회로망을 어드미턴스 인버터인 J-인버터라 한다. 이 회로망에서 중요한 내용은 인버터의 파라미터인 이미턴스와 영상웨이즈가 주파수에 무관한 것으로 가정하고 있는 것이다. 이는 달리 표현하면, 이상적인 인버터는 이상적인 $\lambda/4$ 어미턴스 변환기로 생각할 수 있으며, 이의 성질은 4단자 망인 인버터 회로망의 한쪽 단자에 인덕터(캐패시터)를 연결하고 반대편 단자에서의 입력 임피던스를 보면 캐패시티브(인덕티브)의 특성을 가지며, 직렬 공진 회로(병렬 공진 회로)를 연결한 경우에는 병렬 공진 회로(직렬 공진 회로)의 특성을 가진다. 이는 앞의 방법에서 가지고 있는 두종류의

공진기를 이용한 대역 통과 여파기가 아닌 한 종류의 공진 회로를 이용한 대역 통과 여파기 설계의 가능성을 나타낸다. 일반적으로 설명하는 인버터를 이용한 대역 통과 여파기 구조는 K-인버터와 직렬 공진 회로를 이용한 구조, J-인버터와 병렬 공진 회로를 이용한 구조로 나뉘며, 특별한 경우 K-인버터와 J-인버터를 병행하여 설계한다. 본 논문에서는 그림 5에 나타난 바와 같이 J-인버터와 병렬 공진 회로를 이용한 대역 통과 여파기 설계 이론을 다룬다.



(그림 5) 인버터를 이용한 대역 통과 여파기의 회로도

이 설계 방법의 중요 내용은 그림2의 a지점에서의 반사 특성과 그림5의 A지점에서의 반사 특성을 같게하면, 회로망의 구성 소자가 무손실 소자들로 구성되어 있기 때문에 전송 특성도 같을 것이라는 가정에서 출발한다. 참고문헌「2」를 참고하여 수식을 전개하여 정리하면 인버터의 값과 공진기의 썬셉턴스 및 저역통과 여파기의 소자값들과의 관계가 유도되는데 이에 대한 식은 식 3에서 식 5에 나타나 있다.

$$J_{0,1} = \sqrt{\frac{B_{r1}}{R_0 \omega_1 g_0 g_1}} \quad (3)$$

$$J_{j,j+1} = \sqrt{\frac{B_{rj} B_{rj+1}}{(\omega_j g_j)(\omega_{j+1} g_{j+1})}} \quad j=1, \dots, n-1 \quad (4)$$

$$J_{n,n+1} = \sqrt{\frac{B_{rn}}{R_{n+1} \omega_n g_n g_{n+1}}} \quad (5)$$

이식들을 살펴보면 우변의 분자, 분모의 항에서 분자의 항은 대역 통과 여파기의 공진기 썬셉턴스이고, 분모의 항은 저역 통과 여파기의 이미턴스값을 나타내므로 분자, 분모가 모두 주파수의 함수이다. 그런데 좌변의 항은 인버터값으로 앞서 언급한 바에 의하면 주파수에 무관한 값을 가져야 한

다. 따라서, 우변의 분자, 분모의 주파수 변화량이 동일 해야 함을 알 수 있고, 이 관계로부터 주파수 변환 함수를 유도할 수 있으며, 그식은 식1,식2와 같은 형태로 나타내어진다. 한편,식3에서 식5까지의 내용으로부터 위에서 언급한 대역통과여파기 설계방법의 제약인 소자가 유일하게 결정되는 문제를 인버터값에 대한 관계식을 이용하여 해결할 수 있는 방법을 얻을 수 있다. 그런데, 실제 구현 가능한 인버터들은 주파수에 따라 변화함을 참고 문헌「3」을 통하여 알 수 있으며, 이러한 이유들로 인해 대역통과 여파기 설계에 사용되는 주파수 변환함수들이 여파기 구조마다 항상 다르게 존재한다.^[3] 한편, 집중소자인 인덕터, 캐패시터를 이용한 여파기의 설계가 사용 주파수 대역이 올라감에 따라 이용이 어렵게 되어 전송 선로를 이용하여 인덕터, 캐패시터를 대치하여 설계를 하게 되는데 전송 선로의 구조에 따라 직렬 공진기 또는 병렬 공진기를 구현할 수 있게 된다. 그 경우에는 전송 선로의 입력 임피던스로부터 등가적인 공진기의 이미턴스를 구해내어 그회로로부터 주파수 변환 함수와 소자 값을 구해 내게 된다.^[3]

지금까지는 이론적으로 무손실 소자를 이용한 여파기 설계에 대해 고찰 하였으나, 실제의 경우에는 공진기 자체의 손실이 존재하고, 손실의 정도를 무부하 Q로 표현한다. 이같은 공진기의 손실은 통과대역에서의 삽입손실로 나타나게 되는데^[4], 중심 주파수에서의 관계식은 식 6에 나타내었다.

$$I.L.[dB] = 4.343 \sum_{i=1}^n \frac{g_i}{Q_i w} \quad (6)$$

여기서, n은 저역 통과 여파기에서 리액턴스소자의 갯수를 나타내며, Q는 각 공진기의 무부하 Q, g_i는 저역통과 여파기 리액턴스소자의 크기, 그리고 w는 대역통과 여파기의 통과 대역폭과 중심 주파수의 비를 나타낸다. 이 식을 살펴보면, 대역 통과 여파기의 손실을 줄이기 위해서는 공진기의 무부하Q가 절대적인 영향을 줄을 알 수 있으며, 저역 통과 여파기의 소자 값도 영향을 줄을 알 수 있다. 그런데 공진기의 무부하 Q를 키우기 위해서

는 공진기의 크기가 커지는 단점이 있으며, 저역 통과 여파기의 소자값을 줄이기 위해 소자의 갯수를 줄이면 대역 통과 여파기의 감쇠 특성이 나빠지는 단점이 생기게 된다. 따라서, 설계자는 대역 통과 여파기 설계시 사용자의 요구 조건에 따라 최종적인 규격을 정하고 그에 맞는 여파기를 설계해야 한다. 일반적으로 정해지는 사용자 요구사항의 항목은 표 1에 나타내었다.

〈표 1〉 일반적인 대역통과여파기의 요구사항

항 목
통과 대역 주파수
저지 대역 주파수
삽입 손실(max.)
통과 대역 리플
VSWR 또는 반사 손실
저지 대역 감쇠 특성
입출력 임피던스
harmonic 특성
온도 특성
크기
무게
입출력 형태(N-, SMA-, SMD-type)
power rating

표 1의 요구 사항중 설계에 처음 임하거나 이론이 약한 상태에서 이해하기 쉬운 항목이 통과대역 리플인데 이는 여파기를 설계할 때 Chebyshev 형태의 여파기 설계시 필요로 하는 항목인 리플과는 내용이 다른 것으로 설계시 사용할 리플은 요구항목중 VSWR 또는 반사손실로부터 유도 되어지는 항목이며, 그 관계식은 식 7에 나타내었다.

$$Ripple(Lar) [dB] = -10 \log(1 - 10^{-\frac{RL(LdB)}{10}}) \quad (7)$$

그리고, 요구 항목에 나타나는 통과 대역 리플은 공진기의 손실에 기인한 것으로 일반적으로 공진기의 손실이 커질수록 통과 대역 리플은 증가한다.

이상은 일반적인 대역 통과 여파기 설계 이론을 서술적으로 표현한 것으로 실제 여파기 설계시 이용하는 설계 절차는 아래와 같다.

단계 1. 표 1의 설계 항목으로부터 대역 통과 여

파기의 형상, 설계시 사용할 통과 대역 리플, 공진기의 갯수등을 정한다

단계 2. 설계된 공진기의 형상으로부터 공진기의 무부하 Q를 실험 또는 이론적으로 예측하여 설계된 공진기를 이용한 대역 통과 여파기가 통과 대역내의 삽입 손실 등을 만족하는가를 판단한다.

단계 3. 대역 통과 여파기 제작후 정확한 특성을 얻기위해 미세 조정을 한다.

단계 4. 규격에서 필요로 하는 환경 시험을 시행 후 완료한다.

III. 설계기술동향

2장에서 서술한 설계이론은 회로망 합성 방법을 이용한 기본적인 대역 통과 설계 이론이며, 2장의 말미에 서술한 삽입 손실을 줄이기 위한 방법들이 사용되어지는 시스템에 따라 여러 가지의 방법들이 제시되고 있다. 현재 개발되어 상용화되었거나, 개발중 또는 개발 예정인 이동통신 시스템들은 AMPS 및 CDMA 시스템, PCS, WLL, FPLMTS 등인데 대역 통과 여파기 설계의 관점에서 보면 시스템별 구분보다는 기지국 및 중계기용과 단말기용으로 나누어 생각하는 것이 바람직하다.

1. 기지국 및 중계기용 대역 통과 여파기 설계 기술 동향

기지국에서 사용되는 대역 통과 여파기의 종류로는 송신 여파기, 수신 여파기, 채널 여파기 및 듀플렉서등으로 구분할 수 있다. 이들중 채널 여파기를 제외한 대역 통과 여파기류는 국내에서 AMPS 기지국이 외국 통신회사들로부터 수입되고, 디지털 이동통신 시스템이 CDMA 방식으로 결정되어 국산화 되는시점에 국내의 몇몇 중소기업들이 일부는 독자적으로, 일부는 AMPS에서 사용된 외국제품을 변형하여 국산화되는 시스템에 공급하기 시작하였다. 이들 제품은 2장의 설계 이론에서 언급한 기본적인 구조를 전송선로를 이용하여 구현한 것으로 단순한 형상을 가지고 있으며, 알루미늄

높이를 정밀가공 또는 금형을 이용하여 제작하고, 손실을 개선하기 위하여서 은도금을 한 형상을 가지고 있었다. 이러한 결과로 CDMA 방식의 기지국에는 거의 모든 종류의 대역 통과 여파기가 국산화되어 지금도 사용중에 있다. 그 후 외국의 제품이 공진기간의 cross결합을 이용하여 여파기의 통과 대역 양쪽에 transmission zero 점을 주는 구조가 개발되어 상품화 되었고 이에 대응하여 일부 업체는 외국의 구조를 그대로 적용한 구조를 제품으로 개발하였으며, 일부 업체에서는 원하는 저지대역 쪽에만 transmission zero 점을 주는 구조를 자체 개발하였다. 또한 1996년 하반기에 국내 PCS 사업자가 선정된 이후 이들 시스템에 사용되는 대역 통과 여파기류는 CDMA 시스템에서는 개발하지 않았던 채널 여파기까지 국내에서 설계를 하고 있으며, 송수신 여파기 및 듀플렉서는 CDMA 시스템에서 사용하였던 구조들을 대개 이용하고 있으며, 채널 여파기의 경우는 대역폭이 좁고 삽입 손실 규격이 까다로와 유전체 공진기를 이용한 high-Q 공진기 여파기를 설계, 제작하는데 거의 대부분의 업체들이 유전체 공진기의 재료인 유전체료를 외국에서의 수입에 전량 의존하고 있으며, 1개 업체 정도만이 국내의 유전체료 업체와 공동으로 개발 생산하는 것으로 알려져 있다. 이들 여파기의 경우도 금속 캐비티 대신 유전체 공진기를 사용한다는 것을 제외하고는 설계 이론 측면에서 볼 때에는 기본 대역 통과 여파기의 구조를 유지하고 있다. 특히 CDMA 시스템에서 인정받은 국내의 대역 통과 여파기 제조 기술로 인해 PCS의 경우 거의 모든 제조 업체들이 국내 제품을 사용하는 것을 고려하고 있는 것으로 알려져 있다. 이를 근거로 볼 때, 대역 통과 여파기 제조 및 생산 기술은 안정화 된 것으로 사료되지만 일반적인 구조에 대한 설계 능력은 이론에 근거한 것보다는 경험에 근거해 개발하는 팀이 많이 있다. 향후 개발 예정에 있는 시스템에 적용할 대역 통과 여파기 설계 기술의 국제 경쟁력 강화를 위해서는 현재의 경험에 근거한 것으로는 부족할 것으로 생각된다. 따라서, 이들 회로 구조에 대한 이론적 해석 능력을 가진 팀들이 많이 양성되도록 지원이 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

2. 단말기용 대역통과 여파기 설계기술 동향

단말기에 사용되는 대역 통과 여파기의 종류로는 송수신을 분리시킬 수 있는 듀플렉서가 가장 중요한 품목으로 이동통신 시스템 시장이 전세계적으로 확장되어져 가는 과정에서 단말기 부품 회사들이라면 한 번쯤은 개발하고자 하는 마음을 가지고 있다. 이제 품은 여파기의 전기적인 규격보다는 단말기에 사용하여야 하기 때문에 크기에 많은 제약을 받아 공진기를 구현하는 것을 유전체료를 이용한 전송선로 공진기로 구현 방법과 SAW 형태의 여파기 구현 방법이 있다.

그중 유전체료를 이용한 단말기 듀플렉서를 설계, 제작하는데 크게 세 가지의 문제점들을 안고 있다. 그 첫 번째는 유전체료에 대한 것으로 현재의 세계 시장은 미국, 일본 및 유럽의 몇 개 국가가 조성에 대한 거의 대부분의 중요 특허를 가지고 있으며, 국내의 경우 대부분의 업체 또는 학계에서 가지고 있는 특허들은 이미 특허가 등록되어 있는 주된 조성에 한, 두 가지 정도의 첨가제를 삽입하여 유사한 특성을 얻도록 개발된 것이며, 한, 두 업체 또는 학계 연구팀 정도가 중요 조성에 대한 국제 특허를 출원 중에 있는 것으로 알려져 있다. 두 번째 문제점은 같은 크기에서 훨씬 더 우수한 전기적 특성을 얻기 위한 회로 구조에 대한 특허 문제로 2장에서 언급한 이론에 근거한 여파기 구조는 거의 모두 특허로 등록되어 있다고 하여도 과연 아닐 정도이다. 그러나 현재 단말기의 크기가 소형화를 지향하는 구조에서는 기존 등록되어 있는 특허 구조로는 제작이 어려운 문제가 대두되고 있어 새로운 구조의 여파기 설계 기술이 개발되는 것이 시급한 것으로 사료된다. 세 번째 문제점은 유전체료의 제작 및, 도금 등 생산 기술에 대한 것으로 이에 대한 특허는 일본이 다수 소유하고 있다.

또한 SAW 여파기의 경우에는 전자파가 아닌 기계적인 파동을 이용하는 것으로 전자파보다 훨씬 느리기 때문에 같은 주파수에서 파장이 짧은 장점이 있어 작은 크기 안에서 여파기를 구현할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 이 구조는 사용 주파수 영역이 높아감에 따라 전극 폭이 작아지게 되어 사용 주파수에 제약이 따르고, 송신 쪽과 같은 높은 출력

의 경우에는 이용이 어려운 문제점이 있다.

국내의 경우 유전재료를 이용한 여파기 설계기술 수준의 정도는 외국제품을 기본으로 설계하는 것으로 특히 문제가 항상 존재하고 있다. 또한 SAW 여파기의 경우도 기초설계기술의 부족으로 원천기술확보가 미진한 상태이고 한,두팀의 학계연구팀을 제외하고는 이 분야를 전문적으로 연구하는 기관이 없다. 이상의 기존의 설계기술동향으로 부터 단말기용 여파기 설계기술에 관해서는 아직까지 국내의 설계기술은 자립을 이루지 못하고 있음을 알 수 있다.

IV. 맺음말

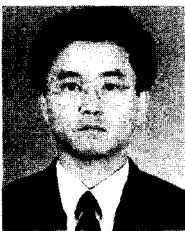
본 논문 에서는 이동통신 시스템에 사용되고 있는 대역통과 여파기들의 설계기술동향을 알기 위해 기본적인 설계개념을 서술적으로 설명하였으며, 설계기술동향에서 알 수 있듯이 현대의 이동통신 시스템에 사용될 대역통과 여파기의 상품화를 위해서는 혼자 모든 것을 할 수 있는 것이 아니고 회로설계팀, 정밀기계가공팀, 재료팀 및 생산기술팀이 유기적인 공동연구를 통해서만이 가능함을 알 수 있다. 따라서 학계에서는 회로설계기술을 독자

적인 기술로 발전시킬 수 있는 팀들이 많아져야 하겠고, 재료팀의 경우 독자적인 특허를 보유한 재료들의 개발을 위해 힘써야 하겠다. 한편, 국내의 여러 가지 여건상 대역통과 여파기와 같은 이동통신용 부품의 전문업체들이 특성화하여 발전하는 것이 이동통신장비의 국산화율을 높일 수 있는 지름길로 사료되며 나아가서는 세계시장에서 경쟁력 있는 제품을 수출할 수 있는 길이라고 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] R.E.Collin, *Foundation for Microwave engineering*, Mc-Graw Hill,inc.,1966,pp. 398-403.
- [2] 안 달,인버터의 주파수 특성을 이용한 대역통과 여파기 설계에 관한 연구,서강대학교,공학박사학위논문,pp.30-40,1989.
- [3] G.Matthaei 외 2인, *Microwave Filters, Impedance Matching Networks*, Mc-Graw Hill, inc., 1964, pp.214-518.
- [4] S.B.Cohn, "Dissipation loss in multi-coupled resonator filters," Proc.IRE, vol.47, 1957, pp.1342-1348.

저 자 소 개



安 達

1961年 10月 15日生
 1984年 서강대학교 이공대학 전자공학과 졸업(공학사)
 1986年 서강대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 1990年 서강대학교 대학원 전자공학과 공학박사

1990年 9月~1992年 8月 한국전자통신연구소 이동통신기술연구단 선임연구원
 1992年 9月~1994年 8月 순천향대학교 전자공학과 전임강사
 1994年 9月~현재 순천향대학교 전기, 전자공학부 조교수

주관심 분야 : RF & Microwave 수동부품 설계