

PCS용 듀플렉서 설계

正會員 林程洙*, 朴東徹**

Duplexer Design for the PCS Application

Jeong-Soo Lim*, Dong-Chul Park** Regular Members

要 約

동축형 세라믹 공진기를 이용한 체비셰프 대역통과 필터에 감쇠극(attenuation pole)을 삽입한 준 타원형 필터 두 개를 결합하므로써 저지대역에서의 감쇠를 극대화할 수 있는 듀플렉서(duplexer)를 설계하고 시뮬레이션하였다. FCC에서 2 GHz 대역에 할당한 광대역 PCS용 Block-A,B,C를 위하여 송신 및 수신필터에 각각 3개 및 4개의 공진기를 사용하여 설계된 듀플렉서의 경우 송수신 채널의 저지대역에서 각각 65 dB 및 100 dB 이상의 감쇠량을 나타내었고 Block-D,E,F,G를 위하여 송신 및 수신필터에 각각 2개 및 3개의 공진기를 사용하여 설계된 듀플렉서의 경우 송수신 채널의 저지대역에서 각각 50 dB 및 90 dB 이상의 감쇠량을 나타내었다.

ABSTRACT

This paper describes a duplexer design method for the application of PCS (Personal Communications Services). Two bandpass filters of normal Chebyshev response are modified by adding attenuation poles in stopbands, and are connected to the antenna port through a branch circuit. The transmission characteristics of these modified bandpass filters are pseudo-elliptic, and the attenuation poles are so located as to obtain the maximum attenuation in stopbands. A duplexer designed for FCC-allocated Block-A,B,C is composed of a 3-resonator transmitting filter and a 4-resonator receiving filter, and isolation levels of more than 100 dB in the transmitting band and 65 dB in the receiving band are achieved. A duplexer designed for Block-D,E,F,G is composed of a 2-resonator transmitting filter and a 3-resonator receiving filter, and isolation levels of more than 90 dB in the transmitting band and 50 dB in the receiving band are achieved.

*忠南大學校 電子工學科
Dept. of Electronics Eng., Chungnam National Univ.

**忠南大學校 電波工學科
Dept. of Radio Sciences and Eng., Chungnam National Univ.

論文番號 : 95159-0426

接受日字 : 1995年 4月 26日

본 논문의 연구에 많은 도움을 주신 한국전자통신연구소 통신부품실 최태구실장님의 실원 여러분들께 感謝를 드립니다.

I. 서 론

기존의 차량 및 개인 휴대용 전화기, 삐삐를 포함해서 휴대용 컴퓨터의 접속등 고부가가치 무선서비스를 목적으로 하는 PCS(Personal Communications Services)시장이 급세기 중으로 약 2,000억불 이상일 것으로 추정되며 이러한 폭발적인 수요를 감당하기 위하여 FCC(Federal Communications Commission)에서 기존의 협대역 PCS(900 MHz)와 함께 광대역 PCS 주파수대역으로 Block-A, B, C (1,850-1,890 MHz 및 1,930-1,970 MHz 쌍)와 Block-D, E, F, G(2,130-2,150 MHz 및 2,180-2,200 MHz 쌍)를 규정하였다(1).

900 MHz 대역에서 사용되는 휴대용 전화기에 응용되는 듀플렉서에 대한 설계 예는 많은 문헌에서 찾아 볼 수 있다(2-7). 듀플렉서 설계방법들은 가능한 부피와 무게를 줄이기 위하여 고유전율의 세라믹 공진기를 사용한다던가, 공진기 갯수를 줄이기 위한 설계 방법을 채택하고 있다. 본 논문에서도 듀플렉서의 부피와 무게를 줄이기 위해 모든 공진기에 감쇠극을 넣어 공진기의 갯수를 줄이는 방법을 채택하고 있다.

본 논문에서는 FCC에서 규정한 광대역 PCS용 트랜시버에 응용을 목적으로 Block-A, B, C 용 듀플렉서를 설계하였다. 송신필터(1,850-1,890 MHz)는 3개의 공진기를 사용하여 설계하였고 수신필터(1,930-1,970 MHz)는 4개의 공진기를 사용하여 설계하였다. HP사의 MDS(Microwave Design System)로 시뮬레이션한 결과 송신필터의 경우 통과대역인 1,850-1,890 MHz에서 설계된 리플인 0.1 dB를 유지하면서 저지대역인 수신대역(1,930-1,970 MHz)에서 65 dB 이상의 감쇠량을 얻을 수 있었고 수신필터의 경우 통과대역인 1,930-1,970 MHz에서 설계된 리플인 0.1 dB를 유지하면서 저지대역인 송신대역(1,850-1,890 MHz)에서 100 dB 이상의 매우 높은 감쇠량을 얻을 수 있었다.

그리고 Block-D, E, F, G 용 듀플렉서도 Block-A, B, C 용 듀플렉서와 같은 방법을 사용하여 설계하였다. 송신필터(2,130-2,150 MHz)는 2개의 공진기를 사용하여 설계하였고 수신필터(2,180-2,200 MHz)는 3개의 공진기를 사용하여 설계하였다. MDS로 시뮬레이션한 결과 송신필터의 경우 통과대역인 2,130-

2,150 MHz에서 설계된 리플인 0.1 dB를 유지하면서 저지대역인 수신대역(2,180-2,200 MHz)에서 50 dB 이상의 감쇠량을 얻을 수 있었다. 수신필터의 경우 통과대역인 2,180-2,200 MHz에서 설계된 리플인 0.1 dB를 유지하면서 저지대역인 송신대역(2,130-2,150 MHz)에서 90 dB 이상의 높은 감쇠량을 얻을 수 있었다. 따라서 비록 공진기 갯수가 줄었음에도 불구하고 송수신 채널 모두 저지대역에서 감쇠량이 충분함을 알 수 있다.

II. 듀플렉서 설계이론

2.1 감쇠극 삽입방법(6,7)

그림 1.(a)와 같이 공진기와 직렬로 인덕턴스 L_{pr} 를 삽입하게 되면 그림 1.(b)의 서셉턴스 특성과 같이 ω_0 에 병렬 공진점을 갖고, ω_p 에 직렬 공진점을 갖게 된다. 따라서 위쪽 저지대역에 감쇠극을 갖는 대역통과 필터의 공진기로서 사용할 수가 있으며, 그림 2.(a)와 같이 공진기와 직렬로 커패시턴스 C_{pr} 를 삽입하게 되면 그림 2.(b)의 서셉턴스 특성과 같이 ω_0 에 병렬 공진점을 갖고, ω_p 에 직렬 공진점을 갖게 된다. 따라서 아래쪽 저지대역에 감쇠극을 갖는 대역통과 필터의 공진기로서 사용할 수가 있다.

2.2 준 타원형 송수신 필터의 설계

어드미턴스 인버터를 이용한 체비세프형 대역통과 필터의 설계방법과 동일한 방법으로 설계한다(8). 그러나 공진기와 직렬로 인덕터 혹은 커패시터가 삽입됨에 따라서 공진기의 등가 서셉턴스 슬로우프 파라미터(susceptance slope parameter)가 감쇠극 삽입 주파수 및 인접한 어드미턴스 인버터의 함수가 된다. 따라서 저지대역내의 원하는 주파수들에 감쇠극을 삽입하기 위하여 L_{pr} 혹은 C_{pr} 과 감쇠극 주파수를 동시에 변화시키면서 각 공진기의 서셉턴스 슬로우프 파라미터와 저지대역의 리플이 일정하게 되도록 반복 계산하여 L_{pr} 혹은 C_{pr} , 감쇠극 주파수 및 어드미턴스 값들을 정하면 설계가 완료된다. 본 논문에서는 송신필터 설계시에는 각각의 공진기에 대해서 그림 3으로 부터 유도되는 식(1)에서 식(4)까지를, 수신필터 설계시에는 각각의 공진기에 대해서 그림 4로 부터 유도되는 식(5)에서 식(8)까지를 반복 계산하였다. 이때 반복계산은 10-20회 정도면

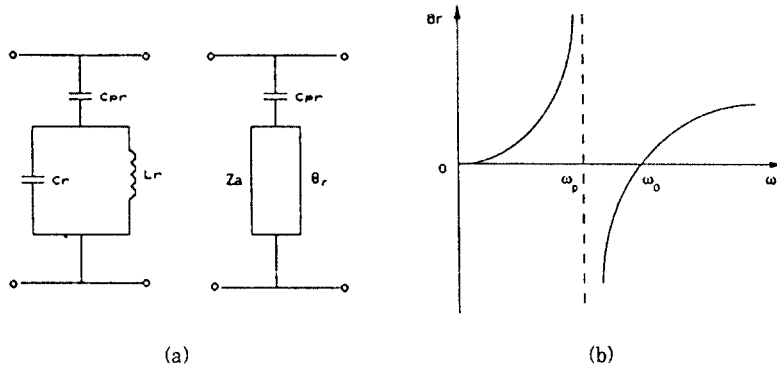


그림 1. 공진기와 직렬로 인덕터가 연결된 회로
 (a) 등가회로 (b) 서셉턴스 특성
 Fig. 1. A resonator circuit with a resonator and an inductor connected in series
 (a) The equivalent circuit (b) The susceptance characteristic

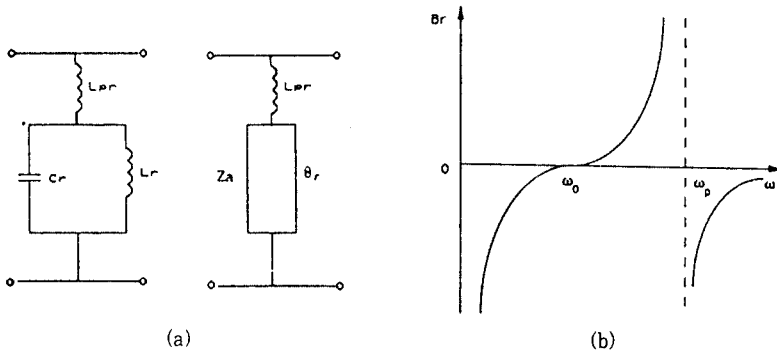


그림 2. 공진기와 직렬로 커패시터가 연결된 회로
 (a) 등가회로 (b) 서셉턴스 특성
 Fig. 2. A resonator circuit with a resonator and a capacitor connected in series
 (a) The equivalent circuit (b) The susceptance characteristic

충분하였다. 어드미턴스 인버터는 인덕터 혹은 캐패시터로 구성된 Π 형 등가회로를 사용하였다. 그러나, 위쪽 저지대역에 감쇠극을 삽입할 경우 각 공진기에 인접한 어드미턴스 인버터가 모두 캐패시터로 구성되면 수렴하지 않고 발산하게 되며 아래쪽 저지대역에 감쇠극을 삽입할 경우에는 각 공진기에 인접한 어드미턴스 인버터가 모두 인덕터로 구성되면 역시 수렴하지 않고 발산하게 됨을 발견할 수 있었다.

$$L_{r-1,r} = \frac{1}{u\omega_0} \cdot \left(\frac{g_{r-1}g_r}{b_{r-1}b_r} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$L_{pr} = \frac{-Z_A \tan \theta_p}{\omega_p}, \quad \theta_p = \theta |_{\omega=\omega_p} \quad (2)$$

$$\theta_r = \tan^{-1} \left[\frac{\omega_0}{Z_A} \left(\frac{L_{r-1,r}}{\omega_0^2 L_{r-1,r} C_{r,r+1} - 1} - L_{pr} \right) \right] \quad (3)$$

$$b_r = \frac{1}{2} \left[\frac{\omega_0 L_{r-1,r}}{\omega_0^2 L_{r-1,r} C_{r,r+1} + 1} + \frac{\omega_0 L_{pr} + Z_A \theta_r \sec^2 \theta_r}{(\omega_0 L_{pr} + Z_A \tan \theta_r)^2} \right] \quad (4)$$

여기서 Z_A : 공진기의 특성임피던스 [Ω]
 ω_p : 감쇠극 각주파수 [rad/sec]
 θ_2 : r번째 공진기의 전기적 길이 [rad]

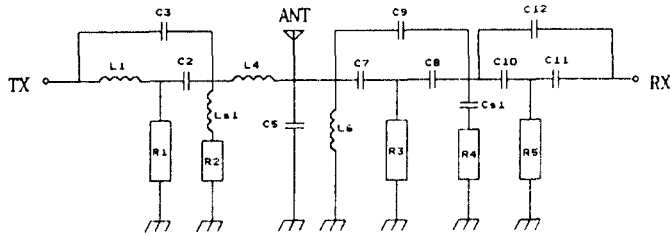


그림 6. 설계된 Block-D, E, F, G 용 듀플렉서의 등가회로
 Fig. 6. The equivalent circuit of the duplexer for Block-D, E, F, G

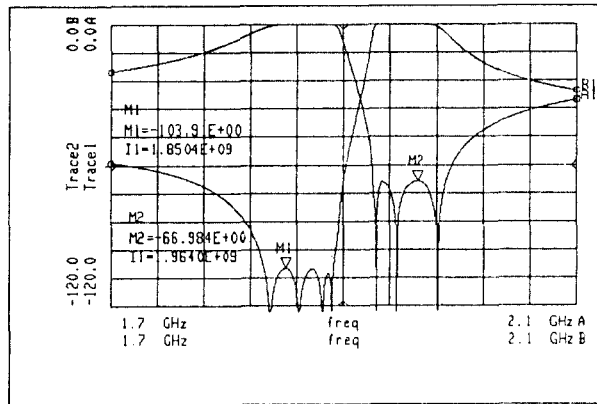


그림 7. Block-A, B, C 용 듀플렉서의 주파수 응답특성
 Fig. 7. The simulated transmission characteristics of the designed duplexer for Block-A, B, C

A, B, C 및 Block-D, E, F, G 용으로 설계한 듀플렉서를 MDS 로 시뮬레이션한 주파수 응답특성은 각각 그림 7 및 8 과 같다.

Block-A, B, C 용 듀플렉서의 경우 송신필터(1,850-1,890 MHz)는 3개의 공진기를 사용하여 체비셰프형 대역통과 필터를 설계한 후 감쇠극(attenuation pole) 3개를 수신대역(1,930-1,970 MHz)에 동일한 리플이 되도록 분산시켜 삽입한 준타원형(quasi-elliptic) 대역통과 필터가 되도록 설계하였다. 동일한 방법으로 수신필터(1,930-1,970 MHz)는 4개의 공진기를 사용하여 체비셰프형 대역통과 필터를 설계한 후 감쇠극 4개를 수신대역(1,850-1,890 MHz)에 동일한 리플이

되도록 분산시켜 삽입한 준타원형 대역통과 필터가 되도록 설계하였다. 이렇게 설계된 두개의 필터가 상호 간섭을 일으키지 않도록 분기회로(branch circuit)로 결합시켰다. 설계된 듀플렉서를 MDS로 시뮬레이션 한 결과 송신필터의 경우 통과대역인 1,850-1,890 MHz 에서 설계된 리플인 0.1 dB 를 유지하면서 저지대역인 수신대역(1,930-1,970 MHz)에서 65 dB 이상의 감쇠량을 얻을 수 있었고 수신필터의 경우 통과대역인 1,930-1,970 MHz 에서 설계된 리플인 0.1 dB 를 유지하면서 저지대역인 송신대역(1,850-1,890 MHz) 에서 100 dB 이상의 매우 높은 감쇠량을 얻을 수 있었다.

Block-D, E, F, G 용 듀플렉서의 경우에는 송신필터

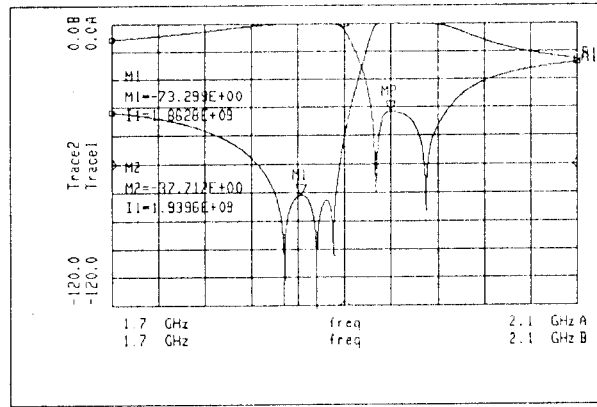


그림 8 Block-D, E, F, G용 듀플렉서의 주파수 응답특성
Fig. 8. The simulated transmission characteristics of the designed duplexer for Block-D, E, F, G

(2.130-2.150 MHz)는 2개의 공진기를 사용하여 체비세프형 대역통과 필터를 설계한 후 감쇠극 2개를 수신대역(2.180-2.200 MHz) 양 끝단에 삽입한 준타원형 대역통과 필터가 되도록 설계하였다. 수신필터(2.180-2.200 MHz)는 3개의 공진기를 사용하여 체비세프형 대역통과 필터를 설계한 후 감쇠극 3개를 수신대역(2.130-2.150 MHz)에 동일한 리플이 되도록 분산시켜 삽입한 준타원형 대역통과 필터가 되도록 설계하였다. 두개의 필터가 상호 간섭을 일으키지 않도록 겹치시킨 후 역시 MDS로 시뮬레이션 한 결과 송신필터의 경우 통과대역인 2.130-2.150 MHz에서 설계된 리플인 0.1 dB를 유지하면서 저지대역인 수신대역(2.180-2.200 MHz)에서 50 dB 이상의 감쇠량을 얻을 수 있었다. 수신필터의 경우 통과대역인 2.180-2.200 MHz에서 설계된 리플인 0.1 dB를 유지하면서 저지대역인 송신대역(2.130-2.150 MHz)에서 90 dB 이상의 높은 감쇠량을 얻을 수 있었다. 따라서 비록 공진기 갯수가 줄었음에도 불구하고 송수신 채널 모두 저지대역에서 감쇠량이 충분함을 알 수 있다.

위의 결과를 기 발표된 듀플렉서 설계방법들(2-7)에 의해서 설계된 듀플렉서의 시뮬레이션 결과들과 비교해보면, 본 논문에서 제안된 듀플렉서 설계방법에 의해서 설계된 듀플렉서가 적은 수의 공진기를 사용하였음에도 불구하고 기 발표된 듀플렉서 설계방법에 의해서 설계된

듀플렉서의 특성과 유사하거나 보다 우수한 특성을 보여 줄 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 듀플렉서의 송수신 필터에 사용되는 모든 공진기에 감쇠극을 삽입시켜 준 타원 필터화 하므로써 공진기의 갯수를 줄이고 저지대역에서의 감쇠를 극대화하였다. 설계결과를 시뮬레이션하여 확인한 결과 설계과정의 타당성이 입증되었으며 본 논문의 설계방법에 의하여 설계되어지는 듀플렉서는 특히 송신필터의 통과대역내에서 수신필터의 삽입손실을 매우 크게 할 수 있을 뿐 아니라 설계방법이 매우 단순한 장점을 갖는다.

본 논문의 설계방법에 의해서 설계된 듀플렉서는 기 발표된 설계방법들에 의해서 설계된 듀플렉서에 비해 적은 수의 공진기를 사용하면서도 유사하거나 보다 우수한 특성을 나타냄으로서 본 논문의 설계방법을 사용할 경우 제작된 듀플렉서의 부피와 무게가 기존 설계방법의 경우보다 더욱 작아질 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Narses J. Colmenares. "The FCC on personal wireless." IEEE Spectrum, May, 1994, pp.39-

46.

2. Haruo Matsumoto and Toshio Nishigawa, "Design of Miniaturized Dielectric Duplexer with Attenuation Poles," IEICE Trans., Vol. J76-C-1, No. 5, May, 1993, pp.164-172.
3. Toshio Nishikawa, "RF Front-End Circuit Components Miniatured Using Dielectric Resonators for Cellular Portable Telephones," IEICE Trans., Vol. E74, No. 6, June, 1991, pp.1556-1562.
4. Sagawa M., Makimoto M., Eguchi K. and Fukushima F., "Miniaturized Antenna Duplexer for Portable Radio Telephone Terminals," IEICE Trans., Vol. E74, No. 5, May, 1991, pp.1221-1225.
5. Haruo Matsumoto, Tadahiro Yorita, Youhei Ishikawa and Toshio Nishigawa, "Miniaturized Duplexer Using Coaxial Dielectric Resonators for Cellular Portable Telephone," IEICE Trans., Vol. E74, No. 5, May, 1991, pp.1214-1220.
6. 남윤권, 임정수, 박동철, "Duplexer 설계기법의 연구," 1994년도 춘계 마이크로파 및 전파전자연구회 학술발표회 논문집, Vol. 17, No. 1, 1994년 5월, pp.101-105.
7. Tae-Goo Choi, Jeong-Soo Lim, Yun-Kwon Nam and Dong-Chul Park, "A Method for Reducing the Number of resonators in Duplexer Design," Singapore ICCS '94 Conference Proceedings Vol. 1, No. 3, Nov., 1994, pp.256-260.
8. G. L. Matthaei, L. Young and E. M. T. Jones, *Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures*, McGraw-Hill, New York, 1964.



林 程 洙(Jeong-Soo Lim) 정희원

1951年 3月 18日生
 1973년 : 경북대학교 공과대학 전자공학과(학사)
 1986년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)

1991~현재 : 충남대학교 대학원 전자공학과(박사과정)
 1976~현재 : 국방과학연구소 선임연구원
 ※주관심 분야 : 레이더, 마이크로웨이브 수동소자



朴 東 徹(Dong-Chul Park) 정희원

1952年 2月 5日生
 1974년 : 서울대학교 공과대학 전자공학과(학사)
 1976년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)

1984년 : University of California, Santa Barbara(박사)
 1976년~1993년 : 충남대학교 공과대학 전자공학과 교수
 1993년~현재 : 충남대학교 공과대학 전파공학과 교수