

# 임피던스정합회로의설계를위한DesignS/WTool구현

## Implementation of the Designing S/W Tool for Impedance Matching Network

편용국(Yong-Kug Pyeon)<sup>1)</sup>

### 요약

소나 센서부 설계시 개별 센서에 대한 정합회로의 설계는 전체 가중회로의 특성에 매우 큰 영향을 미친다. 기존의 정합회로 설계 방법은 우선 센서에 대한 등가회로 소자값들을 구해내고, 그 소자값들로부터 정합회로의 소자값들을 계산해내는 방법이었다. 하지만 이번 Tool에서는 주파수 영역에서 측정된 센서의 임피던스로부터 직접 정합회로의 소자값들을 구해내는 방법을 사용하였고, 이 일련의 작업을 일괄 작업화한 설계프로그램을 소개하고자 한다. 본 프로그램에서는 선택한 정합 조건을 만족하는 회로 구성 및 L,C 값을 결과로 내도록 설계되었다.

논문접수 : 2004. 3. 9.

심사완료 : 2004. 3. 17.

---

1) 정회원 : 강원도립대학 정보통신과 겸임교수

### 1. 서론

수중에서 정보를 주고받는 효율적인 수단으로서 초음파를 이용한다. 이러한 초음파 시스템에서 소나 시스템에서의 각각의 센서들에 대한 임피던스 정합회로의 설계는 시스템 성능을 최적화하는데 매우 중요한 역할을 하게 된다. 지금까지의 정합회로 설계 방법에서는 경험적으로 센서에 대하여 최적의 성능을 보이는 회로를 선택하여 사용하거나, 센서에 대한 등가회로부터 정합회로의 소자 값들을 구해서 사용해왔다. 그러나 이론적

인 센서등가회로와 실제 센서특성 간의 편차가 크거나 센서에 대한 등가회로를 알지 못하는 경우에는 이러한 설계방법을 그대로 사용할 수 없게 된다. 따라서 센서의 주파수 특성 데이터만 이용하여 관심 주파수 영역에서 최적의 정합회로 소자 값을 찾아낼 수 있다면 실제 정합회로 설계시 센서에 대한 등가회로를 알 필요가 없다는 장점이 있다. 본 논문에서는 임피던스 정합회로로 Inductor(L)과 Capacitor(C)만으로 구성되는 LC ladder network을 사용하였으며, 회로 구성 형태와 실제 구현 가능한 소자 값들의 범위 내에서 일정 수준이상의 power gain을 얻을 수 있도록 하였다. 먼저, 정합회로로 사용 될 LC 회로 형태를 지정한 후에 정합 할 주파수 대역 내에서 소자 값을 정하게 된다. 또, 수중 음향 시스템에서 실제로 장착 가능한 소자들의 조건을 고려하여 각 소자들의 범위를 미리 지정해 주고 가장 좋은 결과를 나타내는 소자 값을 선택하게 한다.

본 연구에서는 다양한 센서에 유연하게 대응하는 정합회로 설계 도구를 구성하는 주파수 영역 측정에 의한 임피던스 정합회로 등가회로 모델링 기법을 제안한다. 또한 실제 측정된 초음파 변환기의 임피던스 데이터에 본 알고리즘을 적용하여 정합회로를 추정할 수 있는 일괄작업화한 설계 프로그램을 제작하여, 그 구성과 기능에 대해서 소개하고자 한다.

### 2. 임피던스정합알고리즘

일반적으로 임피던스 정합의 문제는 그림 1

에 나타난 것처럼 복소 부하(complex load)에 대하여 loss가 없는 L 과 C들을 사용하여 원하는 주파수대역에서 이득을 최적화하는 것 (gain-bandwidth optimization)이라고 말할 수 있다 [1].



그림 1. 일반적인 형태의 정합회로 구성

그림 1과 같은 회로에서 정합회로의 효과를 나타낼 수 있는 요소로 power gain이 많이 사용된다.

$$G_T(w) = 1 - |\rho|^2 = \frac{4R_L(w)R_{22}(w)}{[R_L(w) + R_{22}(w)]^2 + [X_L(w) + X_{22}(w)]^2} \tag{1}$$

power gain은 위의 식 (1)과 같이, 전원으로 부터 발생되는 power와 부하에 걸리는 power의 비로 정의되며 주파수에 대한 함수이다. 식 (1)에서 Z22는 그림 1에서 나타난 것처럼 부하 쪽에서 소스쪽을 바라보는 임피던스이고,  $\rho = (Z_{22} - Z_L^*) / (Z_{22} + Z_L)$  는 complex normalized reflection factor 이다. 이 power gain을 원하는 주파수 대역에 내에서 우리가 지정해준 수준 이상으로 하는 것이 일반적인 정합의 목적이 된다 [1][2].

실제로 부하의 회로 형태나 회로의 등가회로가 주어지는 경우에는 일반적인 회로 이론을 이용하여 전체 회로를 해석하여 정합 회로를 설계할 수 있으나, 부하를 해석할 수 없는 경우에 대해서는 이러한 이론을 적용할 수 없다. 따라서, 부하의 값에 상관없이 정합회로를 설계하려면 부하에 대한 주파수 특성 데이터로부터 회로를 설계해야만 한다.

이번 논문에서 구현하는 회로 설계 방법은 실제로 구현 가능한 정합 회로의 형태를 미리 정한 후에 회로의 소자 값을 최적화 하게 된다. 소자 값들을 찾을 때에도 정합 회로에 사용하는 소자들의 구현 가능성을 고려하여 각

소자들이 가질 수 있는 값의 범위를 지정해 주어서 범위 내에서 가장 좋은 결과를 얻을 수 있는 회로를 설계하게 된다.

최적의 회로를 설계 할 때에는 먼저 정합을 시킬 주파수 영역을 선택하여야 한다. 이것은 사용자가 필요에 따라 설정하게 되는데, 이것에 따라 협대역 또는 광대역 임피던스 정합이 되는 것이다. 그러나, 어느 이상의 파워이득을 얻을 수 있는 주파수 범위는 부하의 임피던스 특성에 관련이 있으므로 항상 만족하는 결과를 얻을 수는 없게 된다. 그렇지만, 회로의 형태를 결정 한 후에 실제로 구현 가능한 회로 소자값들의 범위를 지정해주게 되면, 범위 내에서 가장 효과를 극대화시킬 수 있는 소자값들을 찾을 수 있게 된다. 따라서 이 방법은 관심 주파수 영역에서 원하는 파워이득과 실제 정합회로를 통하여 얻어진 파워 이득의 차이를 최소화 하는 방향으로 소자들 값을 변화 시켜가게 된다. 이 둘 소자값을 찾아내는 방법으로는 Grid Search라 불리는 일반적인 알고리즘을 사용할 수 있게 된다. 이 방법의 특징은 관심영역에서 rough하게 구간을 나누어 좋은 성능을 나타내는 소자의 근사값을 찾은 후에, 근사값이 존재하는 구간을 보다 더 세밀하게 나누어서 다시 search를 하여 가장 좋은 결과를 나타내는 소자값을 정하는 것이다. 이 방법을 이용하게 되면 찾고자하는 소자값들이 많을수록 반복하여 계산하는 양이 늘어나는 것을 효과적으로 제어할 수 있게 된다. 이 때, 찾아나가는 방법도 여러가지가 있을 수 있다. 예를들어, 보통 우리가 지정해주는 LC 값의 범위가 넓기 때문에 처음 찾을 때는 구간을 로그스케일로 나누어서 찾고, 그 다음에 범위를 좁힌 후에는 선형스케일로 구간을 나누어서 찾는 방법이다. 또, 만약에 우리가 사용할 수 있는 LC 용량에 좁은 범위에서 검색하게 된다면, 선형스케일로 계속 찾아나가는 것이 좋은 방법일 것이다. 전자의 방법이나 후자의 방법이나 현재 컴퓨터들의 계산 능력이나 속도들을 고려해 볼 때 2,3단계만의 Grid Search를 수행하여도 만족할 만한 결과를 얻을 수 있다.

### 3. 임피던스정합회로 Design S/W

Section 2에서 제안한 검색 알고리즘을 이용하여 실제로 프로그램을 구현해 보았다. 임피던스 정합회로 Design S/W의 전체적인 프로그램 실행 순서도를 그림 2에 도시화했다.

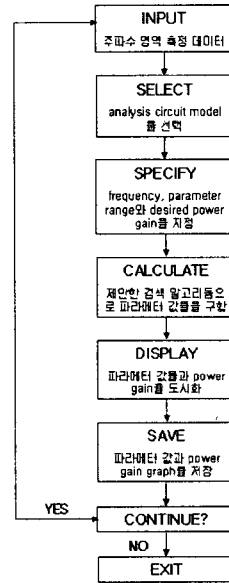


그림 2. 임피던스 정합회로 Design S/W 전체 순서도

위의 순서도에 요약한 것과 같이 본 프로그램에서는 입력으로 주파수 영역에서 측정된 데이터를 받는다. 그리고 나서 원하는 타입의 분석 회로 모델을 선택하고 분석하고자하는 주파수와 파라미터의 범위를 지정한다. 구 후에 Section 2에서 제안한 검색알고리즘으로 선택한 회로 모델을 파라미터를 얻게 되는 것이다.

그림 3이 프로그램의 초기화면이다. 제일 먼저 "Open" 버튼을 눌러서 impedance analyzer에서 측정된 frequency에 따른 센서의 임피던스를 불러들인다. 그러면, 이 데이터의 실수부와 허수부의 값이 그려지게 되고, 우리가 분석하고자 하는 주파수의 범위를 입력한 후에 "Next" 버튼을 누르면 그림 4같은 창이 나온다.

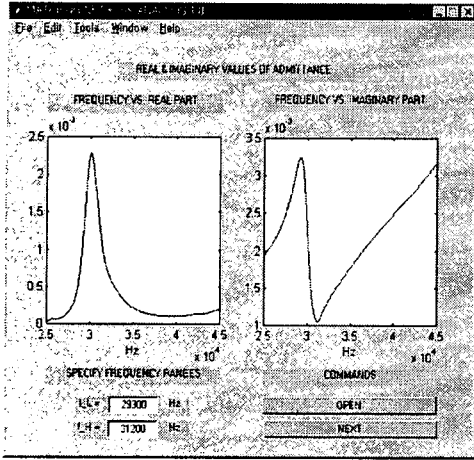


그림 3. 임피던스 측정 데이터를 불러들임

그림 4의 창에 나오는 여러가지 회로분석 모델중에서 원하는 회로모델을 선택한 후에 "Next" 버튼을 누르면, 그림 5와 같은 창이 나온다. 여기에 원하는 power gain 값과 파라미터의 범위를 지정한 후에 "Next" 버튼을 누르면 계산이 끝난 결과, 즉 추정한 파라미터 값들이 나오고 "Output Figure"로 power gain값들이 도시화된다(그림 6).

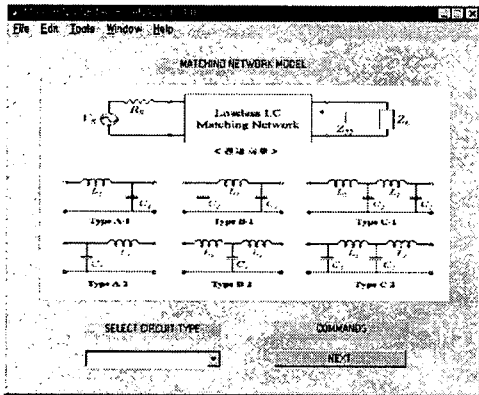


그림4. Analysis circuit model을 선택

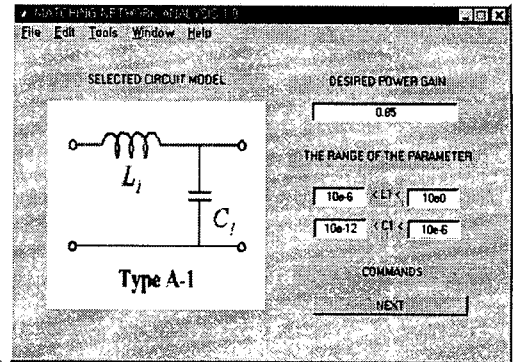


그림5. Desired power gain과 파라미터의 범위를 입력

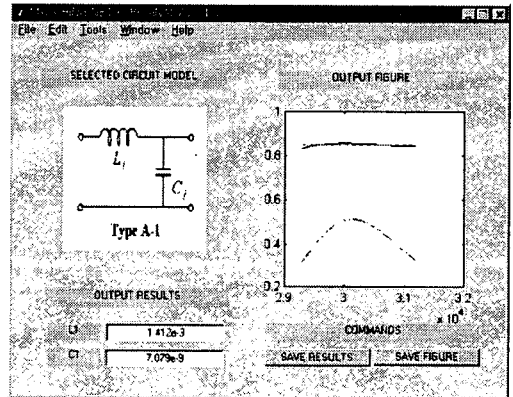


그림 6. 파라미터 계산이 끝난 후의 화면

#### 4. 결론

본 논문에서는 선택한 정합 조건을 만족하는 회로 구성 및 LC 값을 결과로 내도록 하는 프로그램을 소개하였다. 이 프로그램은 정합회로로 사용될 LC 회로 형태를 지정한 후에 정합할 주파수 대역 내에서 소자 값을 계산하는 작업을 통합한 프로그램이다.

#### 참고 문헌

1. H. J. Carlin, "A new approach to gain-bandwidth problems," *IEEE Trans. Circuits and Systems*, V24N4, April 1977,

pp, 170-175.

2. A. N. Gerks, "Broadband Impedance Matching Using the "Real Frequency" Network Synthesis Technique," *Applied Microwave & Wireless*, V10N6, July 1998, pp.26-36.
3. Thomas R. Cuthbert, Jr., "Broadband Impedance Matching Using GRABIM", *Applied Microwave & Wireless*, V11N3, March 1999, pp.68-80.
4. MATLAB Manuals

편 용 국



1993년 삼척대 전자공학 학사  
1996년 관동대 전자공학 석사  
2004년 세종대 전자공학 박사  
1999년 SK건설(주) 사원  
2001년~현재 강원도립대학  
정보통신과 겸임교수  
관심분야 : 신호처리, 디지털통신