

정합회로 설계를 위한 초음파 진동자 Modeling S/W Tool 구현 Ultrasonic Sensor Modeling S/W Tool for matching circuit design

최낙진*, 송준일, 성평모
서울대학교 전기공학부
서울 관악구 신림동 산56-1
nakjin@acoustics.snu.ac.kr

전병두
(주)LG이노텍 연구6그룹
경기 용인시 구성면 마북리 148-1

임준석
세종대학교 전자공학과
서울 광진구 군자동 98

본 연구는 '수중음향특화연구센터'의 지원으로 이루어졌습니다.

요약문 소나 센서부 설계 시 개별 센서에 대한 정합회로의 설계는 전체 가중회로의 특성에 매우 큰 영향을 미친다. 그러나 많은 경우 정합회로를 설계하는데 있어서 경험에 의한 수작업으로 수행하거나 매우 간단한 모델을 설정하여 그것을 바탕으로 설계하는 예가 많다. 다양한 센서에 대해서 유연하게 대응하는데 한계를 갖고 있고 또 많은 오류를 동반하기 때문에 정합회로 설계에 많은 시행착오를 초래한다. 본 연구에서는 다양한 센서에 유연하게 대응하는 정합회로 설계 도구를 구성하는 첫 단계로써 실제 소나 센서의 특성 측정 및 그를 바탕으로 한 소자 모델링을 일괄 작업화한 설계 프로그램을 구성하여, 그 구성과 기능에 대해서 설명하고자 한다.

I. 서론

수중에서 정보를 수수하는 효율적인 수단으로 초음파를 이용한다. 이런 초음파 시스템에서 전기에너지를 최대로 초음파 에너지로 변환하기 위해서는 정합회로의 최적 설계가 필수적이다. 정합회로를 구성하기 위해서는 초음파 진동자를 전기 회로로 모델링하는 것이 필요하다. 초음파 진동자를 전기회로로 모델링하는 데는 KLM 모델 같이 물질 상수와 전기 회로를 조합한 정형화된 모델 등이 사용된다. 이런 모델은 사용한 Piezo 물질 상수나 초음파 진동자의 물리적인 크기 등이 결정되면 진동자를 만들지 않아도 대강의 모델을 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 실제 구현 후에 일어나

는 차이를 보상할 수 있는 여지가 없다는 단점도 함께 가진다. 이런 단점에도 불구하고 사용의 간편함 등으로 인해서 현재도 많은 연구자들에 의해서 사용되고 있다. 보다 정확한 모델을 얻기 위한다면 이미 제작된 초음파 진동자를 직접 측정하여 신호 처리에서 사용하는 시스템 인식의 방법을 적용하여 등가의 모델을 구하는 것이 더 정확한 방법이 될 것이다.

본 논문에서는 이미 만들어진 초음파 진동자의 모델링 단계를 측정, 시스템 인식을 통한 다항식 모델링, 회로 합성의 3단계로 나누고, 각 단계를 알맞은 S/W화한 Tool를 구축한 첫 결과를 소개한다.

II. 정합회로 설계 Software의 주요기능

정합회로 설계 software의 개략적인 실행 순서도를 그림 1에 나타내었다. 본 프로그램을 편의상 MCD Tool(Matching Circuits Designing Tool) 0.9라고 명명하였다. 본 tool에서 이용한 알고리즘은 기 발표된 논문의 알고리즘을 참조하였다. [1]

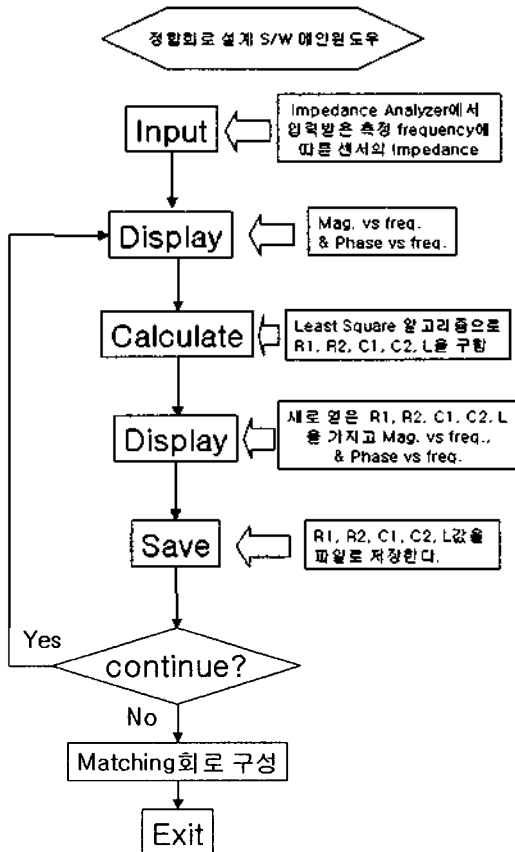


그림 1 정합회로 설계 S/W의 간략한 순서도

위의 정합회로 설계 S/W의 순서도를 보고, 그 단계별 기능들을 살펴보면 다음과 같다.

1. "Input" Part

본 tool에서 입력은 파일로만 받게 되어 있다. 이렇게 한 이유는 본 프로그램에서의 입력 데이터가, Impedance Analyzer를 이용하여 센서의 임피던스를 측정하는 또 다른 프로그램의 출력데이터가 되기 때문이다. 입력파일은 확장자가 *.dat로써 주파수, 임피던스의 크기, 임피던스의 위상 순으로 정보를 가지고 있다. 위에서 언급한 바와 같이 이

프로그램의 입력은 "센서 임피던스 측정 프로그램"의 출력에 해당하므로, 본 프로그램에서는 "센서 임피던스 측정 프로그램"을 본 프로그램에서 바로 실행할 수 있는 버튼을 만들어놓아서, 두 가지 프로그램을 연결해서 사용할 수 있도록 하였다.

2. "Display" Part

입력으로 읽어들이는 데이터를 가지고, 센서의 특성을 주파수에 따른 그 크기와 위상을 각각의 그림으로 표시하였다.

3. "Calculate" Part

이제 입력받은 데이터를 가지고 센서의 등가회로에서 R_1 , R_2 , C_1 , C_2 , L 값을 구한다. 이를 위하여 반복 Least Square 방법을 사용해서 모델링 오차가 특정 오차 범위에 들어오도록 한다.

4. "Display" Part

3번 기능 "Calculate"에서 Least Square 방법으로 구한 R_1 , R_2 , C_1 , C_2 , L 값들을 가지고, 다시 등가회로의 Impedance를 그려본다. 이때 물론, R_1 , R_2 , C_1 , C_2 , L 값들도 숫자로 나타내어 준다. Least square 방법은 점진적으로 에러를 줄여주며 수렴하는 알고리즘이므로 각각의 수렴단계에서의 임피던스의 크기와 위상, 그리고 이때의 R_1 , R_2 , C_1 , C_2 , L 값들을 표시해줌으로써, 어떻게 R_1 , R_2 , C_1 , C_2 , L 를 구하는지 이해를 돕도록 하였다.

5. "Save" Part

허용범위내로 에러가 줄어들게 되면, 이때의 R_1 , R_2 , C_1 , C_2 , L 값들을 파일로 저장하도록 하였다. 그럼으로써, 또 다른 응용을 할 수 있게 하였다.

6. Matching 회로의 구성

5번에서 구한 등가모델로부터 정합회로를 합성한다. 이 부분은 아직 개발중이다.

III. 정합회로 설계 S/W의 동작구조

Part II에서 언급한 바와 같이 본 소프트웨어에서의 입력은 임피던스 측정 프로그램에서의 출력데이터이다. 본 프로그램(그림 3)의 "Execute Measurer" 버튼을 누르면 그림2의 임피던스 측정 프로그램이 실행되어서, GPIB Bus를 통하여 센서의 임피던스가 측정되고, 그 데이터가 프로그램에서 지정해준 "*.dat" 파일로 저장된다.

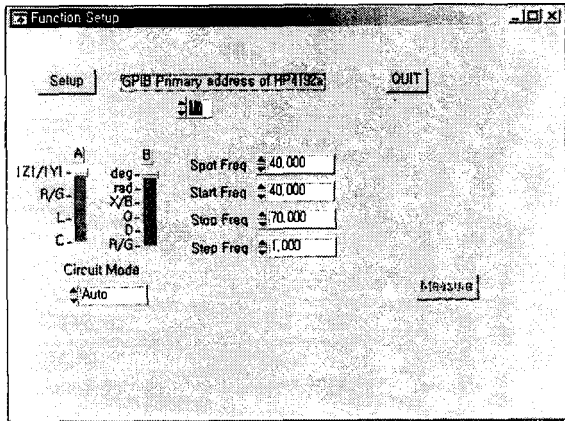


그림 2. 임피던스 측정 프로그램

임피던스 측정 프로그램을 이용한 측정이 끝난 뒤에는 본 프로그램의 "Open" 버튼을 눌러서 측정된 데이터파일(*.dat, 여기서는 "test.dat")을 읽어들이는다.

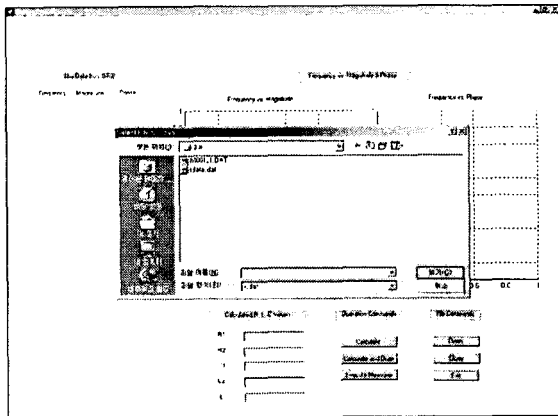


그림 3. 파일로부터 입력 데이터를 불러들임

그림 3에서 읽어들이는 데이터를 가지고, 그 수치를 나열하고, 주파수별 크기와 위상에 대한 각각의 그림을 그림 4에서 보는 것과 같이 보여준다.

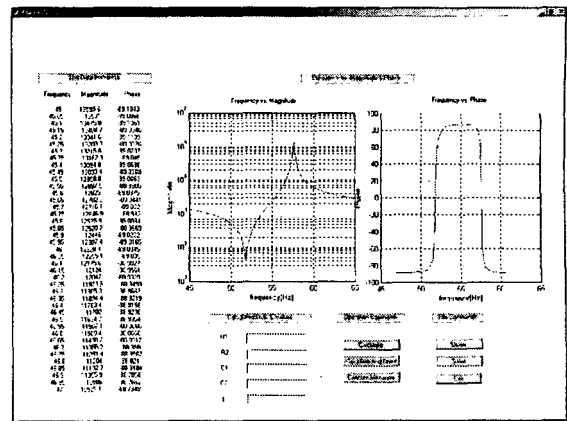


그림 4. Impedance의 Magnitude와 Phase를 표시

이제 측정된 데이터를 가지고 R, L, C 값들을 계산해야 하는데, "Calculate" 버튼을 누름으로써, 이 계산이 수행된다. 이 R_1, R_2, C_1, C_2, L 5가지의 변수들은 정합회로에서의 입력 단에 대한 출력단의 파위가 최대가 되는, 즉 전체 resistance가 maximize가 되는 값으로 되는 값으로 구해지게 된다. 이 때 사용된 알고리즘은 Least Square Method를 사용하였다. Least Square Method는 반복적으로 해를 구해나가는 방식으로 구현되어, 본 소프트웨어에서도 각 단계별로 구해지는 R, L, C 값들과 그에 따른 magnitude와 phase를 그림으로 하나씩 update하면서 보여주도록 설계하였다.

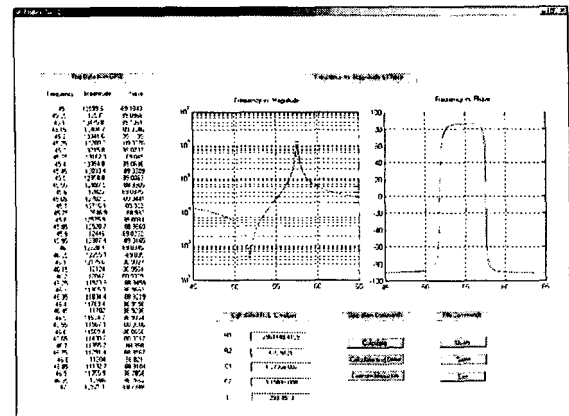


그림 5. 계산 후 R, L, C 값들을 표시한 화면

계산이 끝난 후에 그림5와 같이 최종적인 R_1, R_2, C_1, C_2, L 값들이 나오게 된다. "Save" 버튼

을 눌러서 R_1 , R_2 , C_1 , C_2 , L 데이터들을 저장할 수 있도록 하였다.

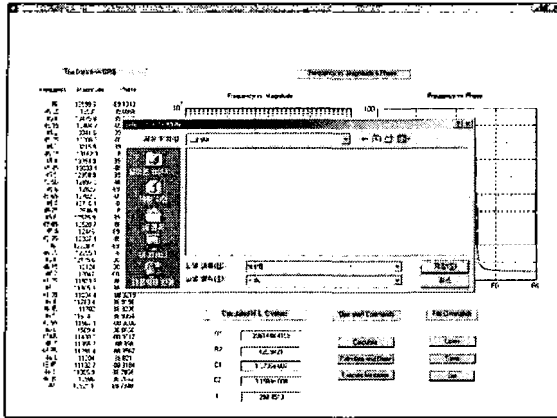


그림 6. 최종 데이터를 저장하는 화면

IV. 결론

초음파 진동자 시스템 설계에서 정합 회로 구성을 위해서는 진동자 등가회로에 대한 정확한 추정이 필수적이다. 등가회로를 구하는 여러 가지 방법 중 한 방법으로 임피던스 측정 장치로부터 얻은 데이터를 바탕으로 시스템 인식 방법에 의해서 등가의 모델을 구하고 이로부터 전기회로화된 모델을 구현할 수 있다. 이는 비교적 구현된 진동자의 특성을 충실히 반영할 수 있는 방법으로 여겨진다.

본 논문에서는 위의 방법을 토대로 진동자 모델링하는 방법을 각각 S/W로 구현하고 전체를 유기적으로 연결한 일종의 design tool을 소개하였다.

참고문헌

- [1] Byung-Doo Jun and Koeng-Mo Sung, Estimation of Equivalent Circuit Parameters for Piezoelectric Transducer Using Least Square Method, ICA/ASA98, Seattle.
- [2] MATLAB Manuals