

핸드폰 용 마이크로스피커 전산해석

박 석 태
주성대학 음향과

Hybrid computational analysis of microspeaker for mobile phone

Seok-Tae Park

Department of Acoustical Engineering, Juseong College

stpark@jsc.ac.kr

요약

핸드폰등에 사용되고 있는 마이크로스피커를 개발하는 과정에서 마이크로스피커의 진동특성과 음향특성을 전산해석하였다. 해석과정에서 기초 데이터를 얻기 위하여 하이브리드 방법을 이용하여 각 부품들의 채원 및 마이크로스피커 모델링을 위한 매개변수들을 규명하였다. 전산 해석 결과와 측정된 전기 임피던스 및 음향 응답특성은 잘 일치함을 보였다. 또한, 진동특성을 분석하여 각 주파수에서의 다이어프램의 변위등 진동특성을 분석하여 다이어프램등의 형상에 따른 이상 진동현상등을 파악할 수 있었다. 전산해석 방법을 이용하면 최적 음향특성을 위한 마이크로스피커의 다이어프램 형상 및 전자기 회로 개선에 사용할 가능성을 알 수 있었다.

1. 서론

본 연구는 최근에 필수품이 되어가고 있는 모바일 폰에 장착되는 마이크로스피커의 전산해석에 대해 정리한 것이다. 일명 핸드 폰이라고도 불리는 모바일 폰에 장착된 마이크로스피커는 초창기에는 벨소리를 내거나 음성을 전달하는 단순한 기능만이 필요하였다. 그러나, 근래에는 64 화음 등 음향특성 개선 및 음향 파워증대등이 요청되고 있다. 마이크로스피커를 생산하는 업체에서는 이러한 고객들의 요구사항을 만족시켜 주는 제품을 개발하려고 노력해오고 있다. 마이크로스피커는 구조상 트위터 구조와 유사하나 크기가 매우

작으며 따라서 내구성 측면에서 취약한 단점이 있다. 개발 업체 입장에서는 이러한 단점들을 극복하고 낮은 공진주파수와 더 높은 출력 및 좋은 음질의 마이크로스피커를 개발하는 것은 매우 어려운 작업이 되고 있다. 본 연구에서는 새로 개발하려고 하는 마이크로스피커를 전산해석을 함으로써 개발에 따른 시행착오를 줄이면서 제품개발 시간을 단축시키며 동시에 제품 특성을 미리 파악하기 위하여 전산해석을 시도하게 되었다.

2. 마이크로스피커 모델링

Fig.1 에 본 연구 대상인 마이크로스피커를 나타냈다. 다이어프램 직경은 12.4mm 이며 공칭저항 8 오옴, 정격출력은 0.8 와트급이며 무보빈 코일형이다. 후면에 다공물질로 감쇠를 조절하는 방식을 사용했다. Fig.2 는 실물인 샘플 마이크로스피커를 나타냈다. Loudsoft 사의 Finecone v1.7 소프트웨어를 사용하여 전산해석을



Fig.1 Draft of microspeaker



Fig.2 Sample microspeaker

수행하였다. 기하학적 모델링은 전문 CAD 소프트웨어를 사용하여 2 차원 축 대칭 도면을 작성하고 이 도면 데이터를 해석 소프트웨어에서 읽어들이고 후에 3 차원 도면화 작업을 하였다. CAD 로 도면화 시키는 부품은 동적거동을 하는 다이어프램, 서라운드, 더스트 캡, 보빈, 보이스 코일, 스파이더등 총 6 개이며 각 부품을 레이어 별로 작성하며 스파이더는 마이크로스피커에 없으므로 도면에서 생략하였다. Fig.3 에 해석 전용 소프트웨어에서 읽어들이는 마이크로스피커의 2 차원 도면을 나타냈다. Fig.3 에 보이는 각 부품 별로 또한 각 부위 별로 기하학적 연결상태를 체크하고 변경할 수 있다. 해석을 위한 재료 물성치인, 두께, 밀도, 영률, 감쇠계수, 포외송 비 등을 각 부위별로 부여할 수 있다. 마이크로스피커를 구동하기 위한 하중조건으로 간편화된 T-S 매개변수를 지정하고 가진전압을 정하면 사용자가 원하는 전력으로 마이크로스피커를 구동하여 그때의 진동거동 및 음향응답특성, 지향특성, 전기 임피던스 특성등을 해석할 수 있다. 해석 소프트웨어를 사용하여 진동거동 해석을 유한요소 해석법으로 수행하였다. 집중질량계 모델 또는 다이어프램의 breakup 을 고려하는 유연체 모델 중에서 양자택일할 것을 사용자가 선택할 수 있다. 음향거동은 Rayleigh 방법을 사용하여 해석시간을 단축 하는 방식을 택하고 있다.



Fig. 3 Two dimensional model for microspeaker

3. 매개변수 규명

스피커에 대한 T-S 매개변수를 규명하는 방법은 여러가지가 있다[1-5]. 본 연구에서는 선형 모델링 방법을 사용하였다. 선형 모델링에 대한 매개변수 규명 방법중에 “알려진 질량법”을 사용하여 매개변수를 규명하였다. 초기에는 박스법을 사용하여 매개변수를 규명하려고 시도하였으나 규명된 동적질량과 실측한 결과가 상이한 결과를 나타냈다. 이와 같은 결과는 사용한 박스의 밀봉이 완전치 않았거나 사용한 박스 부피 계산오차가 T-S 매개변수 규명결과에 영향을 미쳤을 것이라 추측되었다. 이러한 오차문제를 해결하기 위하여 샘플 마이크로스피커들에서 동적질량을 실측하여 “알려진 질량법”으로 T-S 매개변수를 규명하였으며 이 결과들을 하중조건 계산을 위한 단계에 사용하였다.

4. 전산 시뮬레이션

4.1 기하학적 조건 및 물성치 부여

Fig.4 에 샘플 마이크로스피커의 3 차원 모델을 나타냈다. 해석의 일관성을 위하여 각 부품의 방향성을 체크하고 일치시키는 작업을 수행하였다. 마이크로스피커의 서라운드의 외곽은 고정단 조건으로 무한 베플에 장착되어 있다고 가정하였다. 유한요소의 크기와 개수는 소프트웨어에서 자동으로 결정되었다. 각 구성부품의 물성치인, 두께, 영률, 밀도등은 Fig.3 의 2 차원 선 요소마다 부여할 수가 있으며 선 요소는 3 차원 형상으로 자동으로 변환되며 3 차원 유한요소 모델이 생성된다. 모델 형상은 사용자가 시각적으로



Fig.4 Section view of finite element model for sample microspeaker

판단하기가 용이하도록 Fig.4 처럼 일부 단면만을 표시할 수도 있다.

4.2 하중조건

하중조건은 마이크로스피커에 가하는 전압으로 표현된다. 사용자가 원하는 전압으로 마이크로스피커를 구동하고자 할 때에 실제 마이크로스피커를 구동시키는 힘은 가해진 전압이 마이크로스피커 전기계에서 전류를 발생시키고 발생한 전류에 힘 요소를 곱한 값인 로렌츠 힘이 음성코일에 발생하여 보빈을 상하방향으로 가전시켜 전류와 같은 주파수로 움직이도록 만든다. 이러한 로렌츠 힘을 주어진 가진 전압에 대하여 발생하도록 시뮬레이션하려면 마이크로스피커(이하 유니트)의 T-S 매개변수를 소프트웨어에 입력시켜야 한다. 즉, 전산 해석 소프트웨어에 시험으로 구한 전기 임피던스 곡선 데이터를 넣어주고 규명한 T-S 매개변수를 지정하여 소프트웨어에서 시뮬레이션으로 예측한 전기 임피던스 곡선과 시험결과를 비교하여 하중조건인 매개변수를 수정하는 방식을 택하였다. 즉, 하이브리드 해석방법을 택하였다.

4.3 집중 질량계 모델

이 방법은 진동해석을 전체 시스템을 유연체가 아닌 집중 질량계 모델로 간주한다. 각 부품에 대해 입력한 물성치 데이터는 무시되며, 따라서 시스템에서 각 부품의 컴플라이언스와 질량, 감쇠 계수등을 사용자가 "집중질량계 매개변수"에서 입력하여야 한다. 이러한 데이터들은 T-S 매개변수 규명법으로 구한 스피커 매개변수들과 실측으로 구한 다이어프램, 스파이더등의 컴플라이언스와 질량등으로 표현된다. 이렇게 구성된 데이터들로부터 진동거동, 전기임피던스, 음향 지향 특성, 음향응답특성등이 해석된다. Fig.5 는 전기임피던스 특성을 나타냈다. Fig.6 은 단순 모델에 대한 음향응답특성을 나타냈다. Breakup 특성이 보이지 않으며 고주파수에서 비교적 평탄하게 나타나 실제 시험결과와는 다른 특성을 보이고 있다. 즉, 단순모델은 저주파수에서의 거동만을 예측하는데 사용될 수 있다.

Fig.7 은 지향특성을 나타냈다. 다음절에서는 고주파수 영역까지 해석하는 유연체 모델링을 기술한다. 이 방법은 각 부품의 물성치 데이터를 기초로 하여 기하학적인 강성계수까지를 고려하는 방식으로 각 부품의 고차 진동 모우드들까지 고려하는 해석방법이다.

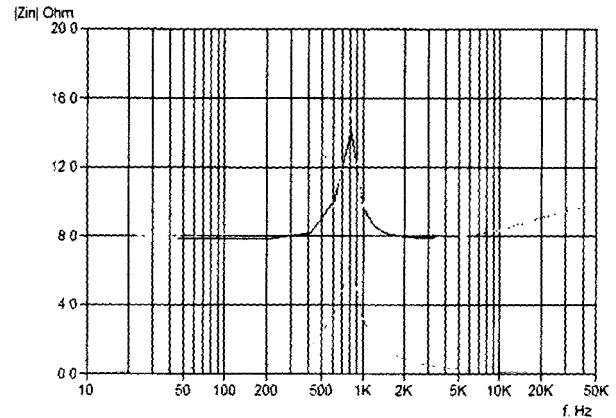


Fig.5 Comparison of electrical impedance between simulated (upper black) and test result(upper pink), blocked impedance (upper cyan)

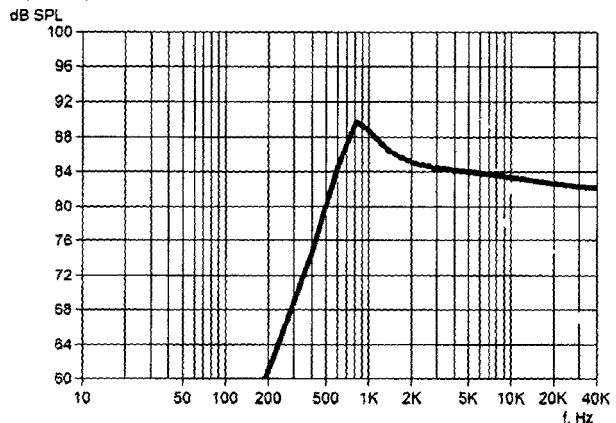


Fig.6 Comparison of acoustic response function between simulated (bold black) and test result(pink), lumped model

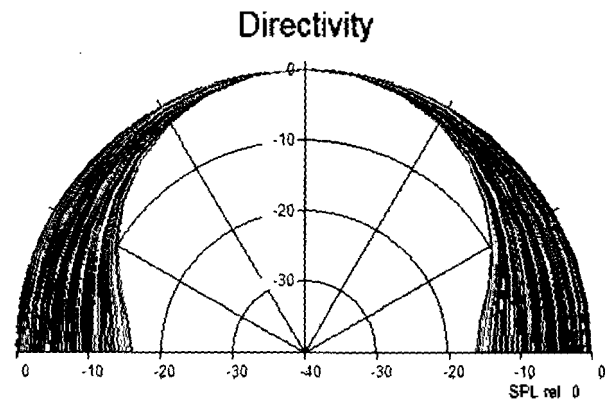


Fig.7 Directivity pattern of microspeaker based on simple model

4.4 유연체 모델

이절에서는 유연체 모델을 이용한 해석을 하였다. Fig.8 에는 11kHz 에서 다이아프램의 breakup 현상이 있음을 나타냈다. 음향응답특성 곡선인 Fig.9 에서도 이 주파수에서 급격한 골이 발생함을 확인할 수 있었다. 800Hz 부근에서 전산해석시험결과는 급격한 peak 치를 나타내나 시험결과는 완만한 응답을 나타냈다.



Fig.8 Section view of dynamic behaviour@11kHz, breakup mode shown

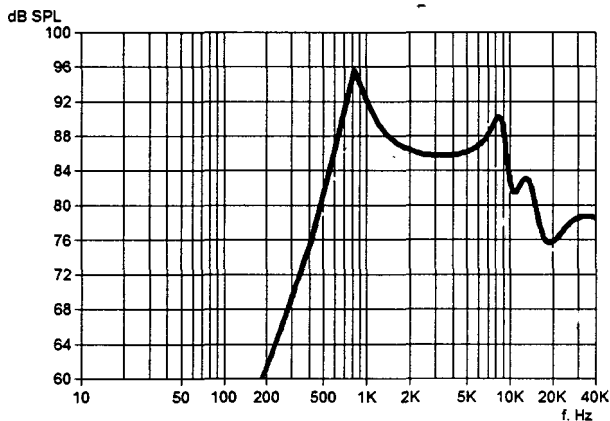


Fig.9 Comparison of acoustic response function between simulated (bold black) and test result(pink)

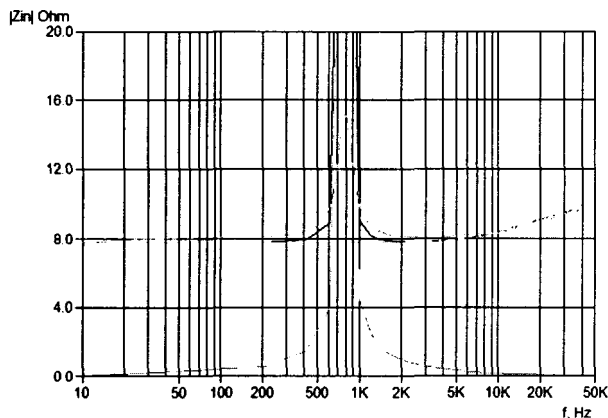


Fig.10 Comparison of electrical impedance between simulated (upper black) and test result(upper pink), blocked impedance (upper cyan)

이 결과는 전산해석에 사용된 물성치의 감쇠특성이 실제보다 작은 값으로 주어졌기 때문이라 추측되었다.

5. 결론

본 논문에서는 핸드 폰에 사용되는 마이크로스피커에 대한 전산해석을 집중 질량계 모델과 유연체 모델에 대하여 해석하였다. 집중 질량계 모델은 물성치를 모른 상태에서 질량, 컴플라이언스 및 T-S 매개변수들을 알 수 있다면 쉽게 전산해석이 가능한 잇점이 있으나 다이아프램등의 breakup 등에 의한 음향특성등에 대한 영향은 알 수 없었다. 반면에, 유연체 해석법은 물성치들을 정확히 알고 있다는 가정하에 다이아프램 등의 breakup 이 전기임피던스, 음향응답특성, 지향특성 등에 미치는 영향을 고려할 수 있었다. 어느 경우이나 하중조건을 정확히 하려면 정확한 T-S 매개변수 규명이 필수적임도 알 수 있었다.

참고문헌

1. L.L.Beranek, Acoustics, the Acoustical Society of America, 1993
2. Small, Richard H., Direct Radiator Loudspeaker Analysis, AES, vol.20, No.5, pp.383-395, 1972
3. Small, Richard H., Passive-Radiator Loudspeaker Systems Part 1: Analysis, AES, vol.22, No.8, pp.592-601, 1974
4. 박석태, 라우드스피커의 선형 매개변수 규명법에 대한 연구, 한국음향학회지, 21 권 4 호, pp.415-420
5. LEAP EnclosureShop Reference manual, Release 5, LinearX Systems, 2003