

능동형 위치추정의 음장해석을 위한 유한차분해석법 적용에 대한 연구

The study on application of the Finite Time Difference Method for the sound field analysis of active localization

김기현* · 유호민* · 구성열* · 왕세명†

Kihyun Kim, Homin Ryu, Seongyeol Goo and Semyung Wang

1. 서 론

라우드스피커와 마이크로폰 어레이를 이용한 능동형 위치추정시스템은 라우드스피커가 제어공간에 음원을 전달하는 수신기의 역할을 수행하고, 마이크로폰 어레이가 제어공간에서 형성되는 그 음장을 측정하는 수신부의 역할을 함으로서 능동형 개념으로 음장제어공간의 공간정보를 얻는 시스템을 나타낸다. 능동형 위치추정은 음장변화의 개념을 적용하여 음원뿐만 아니라 소리를 발생하지 않는 물체의 위치를 예측할 수 있는 장점을 갖기 때문에 보안시스템에서 적용되어 조용하게 침입하는 침입자의 위치를 파악할 수 있다[1]. 하지만 제어공간의 복잡성에 따른 음장의 형성 및 능동형 시스템의 적용 가능성을 확인하기 위하여 시뮬레이션을 이용한 음장해석이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 음장해석기법 중 유한차분해석법을 적용하여 복잡성에 따른 음장변화 및 능동형시스템의 적용가능성을 검증하고자 한다.

본 논문에서는 유한차분해석법의 적용을 위하여 비교적 간단한 구성인 무향공간에서 음원이 전파되며, 제어공간에 물체가 있을 경우 음원이 그 물체에 의해 맞고 돌아오는 음장을 시뮬레이션으로 묘사하고자 한다.

2. 유한차분해석법의 적용

2.1 해석 영역의 구성

유한차분해석법이 적용된 해석영역의 구성은 그림 1과 같다. 그림1은 능동형 위치추정시스템의 실험

구성(그림 2)과 동일한 구성으로 설정되었지만 음원의 경우 실험구성에서 사용된 스피커의 지향성이 고려된 음원이 아닌 단음원(Monopole source)으로 모델링 되었다.

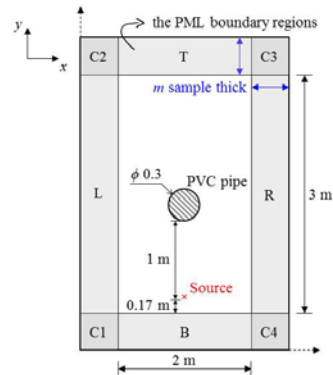


Figure 1 Simulation configuration in Finite Difference Time Domain

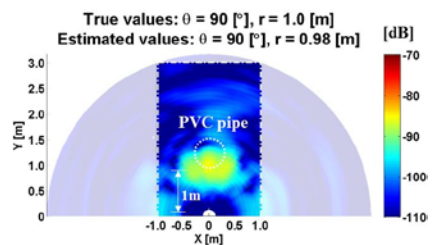


Figure 2 Experimental result of active localization system in an anechoic chamber

2.2 음원 및 경계조건 모델링

그림1에서 구성된 해석영역의 음원은 그림3과 같이 Gaussian Modulated Sine 또는 Burst sine으로 명명되는 일정한 포락선(envelop)을 갖는 사인파가 사용되었다. 음원의 샘플링은 51.2kHz로 이산화되었으며 additive source로 모델링 되었다. 무향환경을 표현하는 경계조건 즉, 전파되는 음원이 해석영역 끝에서 산란되지 않고 무한히 전파되는 조건은

† 교신저자; 정희원, 광주과학기술원 기전공학부
E-mail : smwang@gist.ac.kr

Tel : (062)715-2390, Fax : (062)715-2384

* 광주과학기술원 기전공학부

PML(Perfectly Matched Layer) absorbing boundary condition이 적용되었다. PML 경계조건은 Mur ABC(Absorbing Boundary Condition) 보다 유한차분해석법으로 음장 모델링시 해석영역의 끝단에 발생하는 오차를 더 줄일 수 있다[2]. 본 논문에서 사용된 PML 경계조건의 50개의 지점($m=50$)이 좌(L)·좌상(C2)·상(T)·우상(C3)·우(R)·우하(C4)·하(B)·좌하(C1)에 각각 적용되었다.

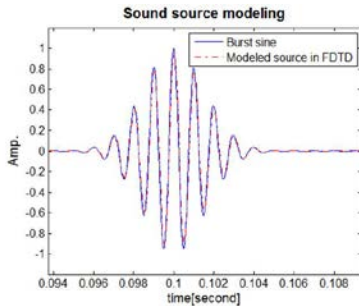


Figure 3 Modeled sound source: Burst Sine

음원 정면 1m 앞에 위치한 PVC 파이프는 stair-step으로 원형의 기하학구조가 모델링 되었으며 경계조건은 Soft wall(Pressure-release) 경계조건이 적용되었다.

2.3 해석 결과

그림4는 유한차분해석법으로 모델링된 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 음원이 재생되었을 때 음원앞에 위치한 PVC 파이프에 의해 음장의 변화된

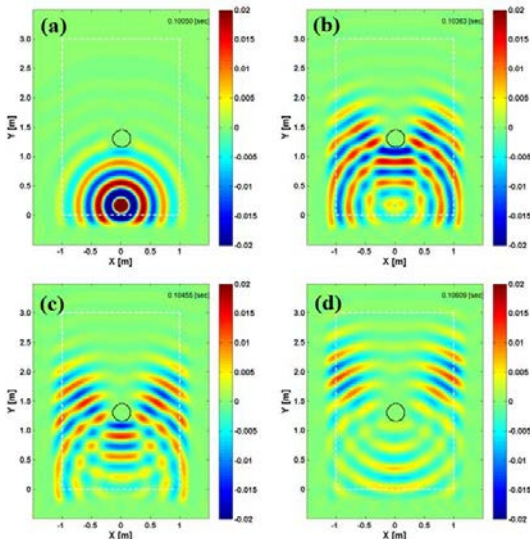


Figure 4 FDTD Simulation results in control domain

모습이 잘 표현되고 있다. 또한 PVC파이프의 존재 유무에 따라 음장의 변화를 음원지점에서 살펴보았을 때 그림5와 같이 PVC파이프의 위치에 해당되는 시간차에서 반사음이 존재하는 것을 확인할 수 있다.

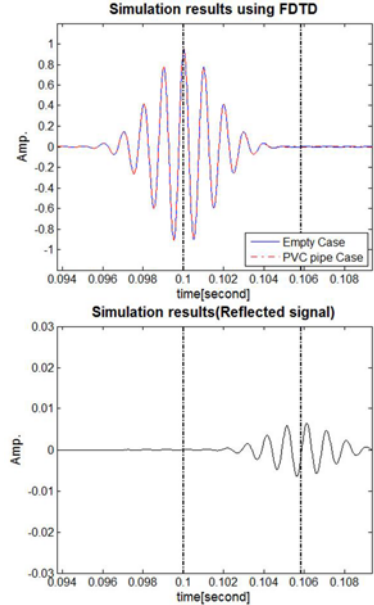


Figure 5 Simulation results: the signals on source position regarding cases with and without a PVC pipe

3. 결론

본 논문에서는 능동형 위치추정시스템이 적용되는 음장을 묘사하기 위한 유한차분해석법이 음장해석에 적용되었다. 유한차분해석법의 적용가능성과 검증을 위하여 간단한 구성을 통하여 해석을 진행하였으며 그 결과 합리적인 해석결과를 얻어 물리적인 고찰이 가능케 하였다. 추후 복잡한 구성을 갖는 경우의 음장을 해석하기 위하여 다양한 경계조건을 유한차분해석법에 적용하여 개발할 계획이다.

참고 문헌

- [1] K.Kim, D.Kim, H.Ryu, S.Wang, S.Q.Lee, K.H. Park, "Active localization of a silent intruder using acoustic imaging in anechoic space", The 19th International Congress on Sound and Vibration, July 2012.
- [2] X.Yuan, D.Borup, J.W.Wiskin, M.Berggren, R.Eidens, S.A.Johnson, "Formulation and validation of Berenger's PML absorbing boundary for the FDTD simulation of acoustic scattering", IEEE Trans. Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 44(4), 816~822, 1997