

# Speech privacy를 고려한 고속열차 실내 음환경 평가

## Assessment of indoor sound environment in high-speed train considering speech privacy

장형석† · 김재현\* · 전진용\*\*

Hyung Suk Jang, Jae Hyeon Kim and Jin Yong Jeon

### 1. 서 론

고속열차는 교통 기술 경쟁력 향상을 위한 고속화 및 고급화 연구가 지속되고 있다. 고속열차의 고급화의 방안으로 열차 소음에 대한 관심이 증가하고 있으나 대부분 외부 소음저감연구에 집중되고 있다. 또한 열차 제작시 객차 내부 음환경은 소음레벨 외에는 세부적으로 고려되지 않고 규정이 없는 상황이다. 따라서 본 연구는 KTX의 객실 음환경 현황을 파악하기 위하여 정차시, 주행시의 현장측정을 진행하였다. 실내 음환경과 Speech privacy 평가 결과를 통하여 KTX 고속열차의 음환경과 문제점을 도출하고자 한다.

### 2. 객실 음환경 측정

#### 2.1 정차 시 객실 음환경 측정

고속열차 측정은 내부공간 특성을 평가하기 위하여 운행하지 않는 KTX 일반석 객실에서 진행하였다.

실내음향측정법(ISO 3382-1)에 의한 음향환경평가(RT: 잔향시간, EDT: 초기감쇄시간, C50: 명료도, IACC<sub>E</sub>: 양이상관도)와 오픈 플랜 오피스측정법(ISO 3382-3)을 이용한 Speech privacy를 평가하였다.

그림1 과 같이 음원은 A와 B위치에, 마이크로폰은 좌석위치에서 수음하였다. 음원은 무지향성 스피커를 사용하여 Pink Noise와 Sine sweep을 사용하여 측정하다. 마이크로폰은 1/2" 마이크로폰과 Binaural microphone을 사용하였다.

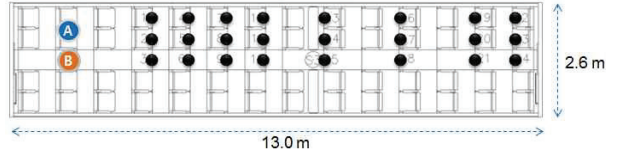


Figure 1 Source and Microphone Positions in the 2<sup>nd</sup> class passenger car

그림2의 실내음향 파라미터 측정 결과, 열차 내부는 용적이 작고 흡음소재로 구성되어 RT와 EDT가 500-1kHz 평균 0.18초로 측정되었다. 반면, C50은 500-2kHz 평균 17.0dB로 높은 명료도를 보였다. IACC<sub>E</sub>는 중고주파대역 500-4kHz 평균 0.33로 양귀에 도달하는 음의 차이가 크나 저주파대역 125-250Hz 평균 0.89로 양 귀에 도달하는 음의 차이가 적은 것으로 나타났다.

그림3과 같이 오픈 플랜 오피스 평가 파라미터를 측정한 결과 정차 시 STI는 배경소음이 낮을 경우 전 좌석에서 0.85이상으로 객차의 좁은 공간특성상 음성전달이 잘되는 것으로 평가되었다. L<sub>p,a,s,4m</sub>은 좌석 54dB, 통로 57dB로 통로에서 음성전달 레벨이 더 큰 것을 알 수 있었다.

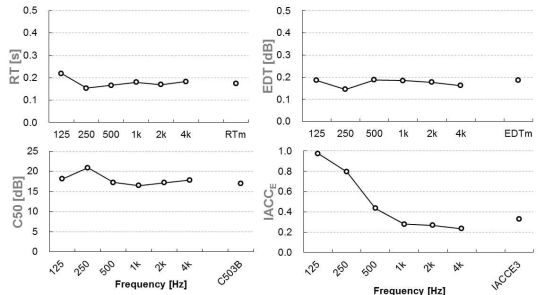


Figure 2 Acoustic measurement results in the 2<sup>nd</sup> class passenger car

† 교신저자; 한양대학교 건축공학과  
E-mail : caf2hs@naver.com  
Tel : (02)2220-1795, Fax : (02)2220-4794

\* 한양대학교 건축공학과

\*\* 한양대학교 건축공학부

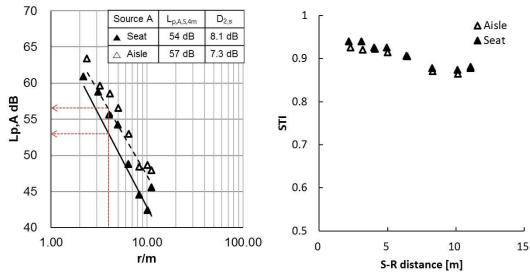


Figure 3 Results of Spatial decay rate of speech ( $D_{2,s}$ ), A-weighted sound pressure level of speech at a distance of 4m ( $L_{p,a,s,4m}$ ) and spatial sound distribution of the speech Transmission index (STI) in a KTX passenger car

## 2.2 주행 시 객실 음환경 측정

차량별, 속도별 주행 중 음성전달을 평가하기 위하여 KTX와 KTX-산천을 탑승하여 측정을 진행하였다. 음원은 국어정보베이스시스템(KAIST)의 문장 음원 중 선정하여 portable speaker로 재생하였으며, 무향실에서 측정하여 그림4와 같은 주파수 특성을 나타내었다. 수음원은 Binaural microphone과 Field recorder를 사용하였다.

KTX는 가운데 중앙 좌석을 기준으로 서로 마주 보는 의자 배치가 되어 있기 때문에 음원은 열차의 주행과 역방향, 수음원은 정방향에서 측정을 진행하였으며, 음원과 수음원과의 거리는 5.6m이다. 또한, KTX-산천은 한방향의 의자 배치로 음원과 수음원 모두 정방향에 위치하였고, 음원과 수음원과의 거리는 5.9m이다.

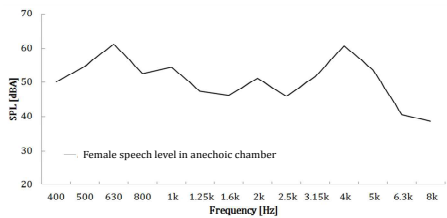
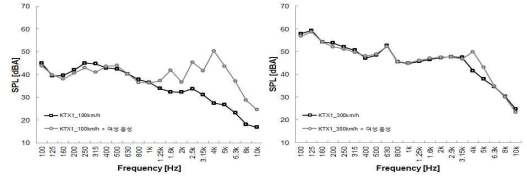
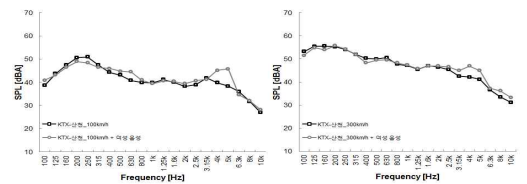


Figure 4 Frequency characteristics of female speech source in an anechoic chamber

그림5(a)와 같이 KTX의 경우 주행중에도 중고주파에서 음성전달 레벨이 증가하여 speech privacy 확보가 취약한 것으로 평가되었다. 이는 KTX의 마주보는 의자 배치에 의한 것으로 사료된다.



(a) KTX 100km/h and 300km/h



(b) KTX-Sancheon 100km/h and 300km/h

Figure 5 As a result of the transmission of voice frequency band for KTX and KTX-Sancheon

그림5(b)와 같이 KTX-산천의 경우 KTX 보다 상대적으로 음성전달 증가레벨이 낮으나, 주행시에 음성전달이 이루어지는 것으로 평가되었다.

## 3. 결 론

본 연구에서는 KTX 고속열차 현장 측정을 통해 객실의 실내 음환경에 대해 평가하였다. 측정 결과 현재 KTX 실내의 음향 특성을 파악하였고, 각 차량별, 속도별 측정을 통하여 취약한 Speech privacy 문제점을 도출 할 수 있었다. 주변사람소리가 성가심을 유발할 것으로 평가되어 향후 주관평가 진행할 계획이다.

## 참 고 문 헌

[1] 문경호, 김재철, 이찬우 “KTX 객차의 실내소음 평가 및 분석”, 2003 “한국철도학회 2003년도 추계학술대회 논문집(III)”

[2] K. S. Choi, KAIST Language resources v.2001. Result of Core Software Project from Ministry of Science and Technology, Korea. <http://kibs.kaist.ac.kr> (Lastviewed10/04/2011).

## 후 기

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비지원(12PRTD-C061756-01-000000)에 의해 수행되었습니다.