

실도로 난기류 조건의 바람소리 합성

Wind Noise Synthesis Considering Turbulent Wind Conditions on Roads

국형석† · 조정식* · 전승* · 이강덕**

H.-S. Kook, J.-S. Cho, S. Jeon, and K.-D. Ih

1. 서 론

최근 NVH 개발 경향은 소음의 레벨을 낮추는 것 뿐만이 아니라 소음이 운전자에게 주는 감성적 느낌을 중시하는 것이다. 이러한 경향은 공력 소음 개발에서도 유효하다. 스펙트럼 상의 단순 레벨 비교에서 벗어나, 바람 소리의 감성적 특성을 평가하고 향상시키기 위해서는 실도로 느낌의 바람 소리를 직접 들음으로써 평가할 수 있는 환경이 구축되어야 한다. 이를 위해서는 실제와 다양한 가상의 난기류 및 주행 조건에서 얻을 수 있는 바람 소리가 어렵지 않게 제공 되어야 한다. 바람직하기로는 동 주행 조건에서 바람 소리가 제거된 나머지 실내 소음(노면 소음 및 엔진 소음)이 같이 제공되어, 바람 소리 감성 평가, 기타 소음과의 밸런싱(balancing), 기타 소음에 의한 마스킹 효과(masking effects) 등 종합적이고 다양한 청음 평가가 자유롭게 이루어질 수 있도록 해야 한다.

차량 NVH 개발에서 공력 소음 평가의 많은 부분이 아직도 음향 풍동에서 이루어 진다. 음향 풍동에서는 원하는 풍향·풍속 조건에서 언제든지 시험 할 수 있고, 시험 결과의 반복성이 좋은 장점이 있지만 단점도 존재한다. 첫 번째는 풍동에서 느끼는 바람 소리는 실도로에서 운전자가 느끼는 실제 바람 소리와 차이가 많다는 것이다. 실도로와 풍동에서의 기류 특성의 차이에서 비롯되며, 특히 실도로에 존재하는 난기류가 풍동에는 존재하지 않는 것이 가장 큰 이유이다. 최근 이와 같은 점에 주목하여 실도로 시험에서 느낄 수 있는 실제의 바람 소리와 비슷한 결과를 풍동 시험에서 얻기 위한 연구가 관심을 얻고 있다^(1,2).

이에 관한 연구에는 크게 두 가지 방식의 접근 방법이 있다. 첫 번째 접근 방식은 기류 조건이 실도

로와 비슷하게 될 수 있도록 풍동을 개조하는 방식이다. 이러한 목적으로 이태리 Pininfarina 는 자체 풍동에 난류 발생 시스템(TGS; Turbulence Generator System)을 설치하여 2003 년부터 운용하고 있으며, Audi 와 공동 연구를 진행하였다⁽¹⁾. 두 번째 접근 방식은 일반 음향 풍동에서 시험하되 시험 결과를 후처리(post-processing)하여 실도로 느낌의 바람 소리를 만들어 내는 방식이다. 독일 Stuttgart 의 FKFS(자동차공학과 차량엔진 연구소)가 최근 발표한 연구 결과가 이러한 방식을 취하였다⁽²⁾.

풍동 시험 평가의 두 번째 약점은 실도로 시험 또는 PG 시험과는 달리 실내 소음에 노면 소음과 엔진 소음이 없어 바람 소리의 종합적인 평가가 어렵다는 점이다. 이를 보완하기 위해 음향 풍동의 테스트 섹션 안에 설치된 새시 다이노모 또는 사륜을 모두 구동할 수 있는 컨베이어 벨트 위에서 시험하는 방법이 있으나, 노면 조건을 재현하는 것은 한계가 있어 실제 활용도는 높지 않은 편이다.

본 연구의 목표는 기존의 풍동을 많은 비용을 들여서 개조하거나, 청음 평가를 위해 실도로에서 별도로 방대한 데이터를 수집하는 일 없이, NVH 개발 단계에서 전통적으로 행하던 기존의 시험에서 나온 데이터를 최대한 활용하여 실도로 난기류 조건의 바람 소리 평가 환경을 구축하는 것이다. 이러한 연구 목표를 이루기 위하여 기존의 방법을 구현하는 것은 물론 새로운 방법을 개발하고 구현하기도 하였다. 청음 평가용 실내 소음의 합성을 위해 필요한 시험 및 데이터 처리의 흐름을 그림 1 에 보였다. 각 부분을 설명하면 다음과 같다.

2. 본 론

2.1 모수적 모형을 이용한 노면 소음 추출

첫 번째 개발 과제인 노면 및 엔진 소음의 추출을 위해 전통적인 방법인 주파수 영역 시스템 식별 기법에 기반한 방법과 본 연구에서 처음 시도하는 시간 영역

† 교신저자; 국민대학교 자동차공학과

E-mail : kook@kookmin.ac.kr

Tel : (02) 910-4832, Fax : (02) 910-4832

* 현대.기아 연구개발총괄본부 기능시험 1 팀

** 현대.기아 연구개발총괄본부 NVH 연구위원

시스템 식별 방법인 모수적 모형의 모수 추정 방법에 기반한 방법 두 가지를 각각 구현해보고 비교해 보았다. 시간 영역 모수적 모형에 기반한 모면 소음 모형을 그림 2에 보였다. 노면 및 엔진 소음의 전달 경로 파악을 위한 시험에 일반적으로 필요한 채널의 수보다 훨씬 작은 수인 20 개의 입력 채널만을 사용하였다. 시스템 전달 함수를 별도의 시험에서 파악하지 않고 운전 중 직접 파악하는 OTPA(Operational Transfer Function Analysis) 방식으로 추정하였으며, 데이터 길이가 최소 10~20 초 정도만 되면 노면 소음을 추출하는데 충분하였다.

두 가지 추출 방법 모두 만족할 만한 결과를 보였는데, 난기류 바람 소리가 큰 편인 실내 소음에서 추출된 노면 소음은 난기류 바람 소리를 거의 포함하지 않았으며, 대부분의 실내 소음이 기타 소음으로 이루어진 경우 추출된 노면 소음 신호는 스펙트럼 상에서 실내 소음 레벨과 유사하였다.

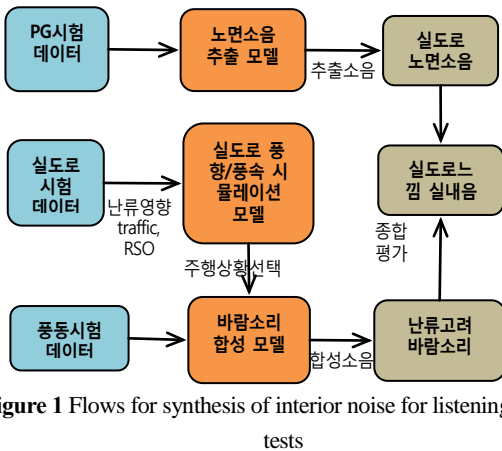


Figure 1 Flows for synthesis of interior noise for listening tests

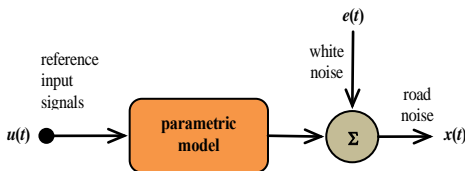


Figure 2 A parametric model for road noise

2.2 모수적 모형을 이용한 바람 소리 합성

바람 소리 합성 기술 역시 두 가지 방법으로 구현하고 비교해 보았다. FKFS 개발한 크로스페이딩을 이용한 방법은 프로그램 구현이 쉬우나 많은 양의 풍동 시험을 요구하며, 소리 조각을 이어 붙인 지점에서 약간의 이음이 발생한다. 본 연구에서 처음 시도한 방법인

비정상 모수적 모형에 기반한 바람 소리 합성은 프로그램 구현이 복잡하고 모수 추정에 필요한 컴퓨터 런타임이 길지만 비교적 작은 양의 풍동 시험 데이터만 필요로 한다. 비정상 모수형 모형의 개념을 그림 3에 나타내었다. 모수적 모형은 비교적 간단한 형태의 모형을 사용했지만 모의 시험 결과 크로스페이딩 방법으로 합성한 바람소리에 뒤지지 않는 바람 소리를 합성할 수 있었다. 바람 소리 합성에 있어서 모수적 모형의 가능성을 확인하였다. 모수적 모형은 유연하기 때문에 향후 계속 연구에 의해서 더 향상될 수 있는 여지가 있다고 판단된다.

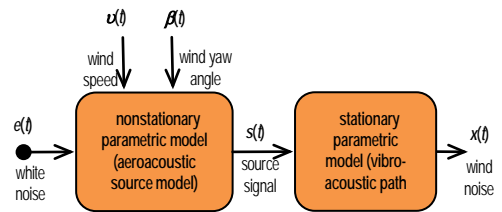


Figure 3 A parametric model for wind noise

3. 결론

본 연구에서는 풍동에서 듣는 바람 소리와는 느낌이 다른, 가상의 난기류 조건과 주행 환경에서 발생할 수 있는 바람 소리를 직접 듣고 평가할 수 있는 환경을 구축하는데 연구 목표를 두었다. 여기에 필요한 기반 기술을 크게 두 가지로 파악하고, 개발하였다. 첫 번째는 실도로 주행 환경에서는 바람 소리 외에 기타 소음이 발생하므로, 실내 소음의 종합적 평가를 위해서 바람 소리를 제외한 기타 소음을 추출하는 것이 중요하다고 보았다.

비모수적 모형과 모수적 모형 모두에서 비교적 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다. 노면 및 엔진 소음 추출 기술은 바람 소리의 평가뿐만 아니라 노면 소음 개발 과정에서도 유용하게 쓰일 수 있다고 판단된다.

두 번째는 정향·정속 조건의 일반적 풍동 시험에서 측정하는 데이터를 바탕으로 실도로 난기류 느낌의 바람 소리를 합성하는 기술이다. 모의 시험한 바람 소리는 인위적이지 않고 자연스럽게 들렸으며, 해당 풍향·풍속 조건에서 풍동에서 측정한 실내 소음과 비교해서 들었을 때 차이를 느낄 수 없을 정도로 유사하였다. 반면에 서로 다른 차량의 바람 소리를 구분할 수 있을 정도로, 모형이 다른 모의 시험 결과는 차량간의 미묘한 차이를 충분히 드러냈다.