

층간소음의 불편비용 추정

Inconvenience Costs from Reduction of Noise between Floors

유승훈 호서대학교 해외개발학과 부교수(제1저자)
Yoo SeungHoon Associate professor, Dept. of International Area Studies,
Hoseo Univ.(Primary Author)
(shyoo@hoseo.edu)

이주석 고려대학교 경제학과 BK21 사업단 연구교수(교신저자)
Lee JooSuk Resaerch professor, Dept. of Economics, BK21 Research
Group, Korea Univ.(Corresponding Author)
(leejoosuk@korea.ac.kr)

목 차

- I. 서론
- II. 연구방법론 및 실증연구절차
 - 1. 연구방법론
 - 2. CVM의 적용절차
 - 3. 지불의사 유도방법
 - 4. 표본설계 및 설문조사
- III. CVM 추정모형
 - 1. 효용격차모형
 - 2. WTP 모형
 - 3. 스파이크 모형
- IV. 분석결과
 - 1. 응답의 분포
 - 2. WTP 모형의 추정결과
- V. 결론

I. 서론

1980년대 이후 대규모 주택공급 정책, 주거환경에 대한 국민의식의 변화, 생활의 편의성 제공 등의 이유로 국내의 주택시장은 아파트 등 공동주택을 중심으로 이어져 왔다. 실제로 1997년 이후 전국의 주택공급량 중 아파트 등 공동주택의 비중은 80%를 넘어섰으며, 전체 주택 중 공동주택의 비중은 60%를 넘어섰다(윤혜정·장성수, 2003). 아파트와 같은 공동주택은 단독주택에 비해 생활의 편의성이 뛰어난 반면 다수의 세대가 함께 거주함으로써 발생하는 생활의 불편이라는 단점이 있다. 특히 다수의 세대가 한 겹의 벽과 바닥 사이에 두고 생활하는 주거형태로 인해 이웃 간 다툼이 빈번히 일어나고 있으며, 그 중 층간소음 인한 경우가 상당부분을 차지하고 있다. 최근에는 층간소음으로 발생한 이웃 간 불화가 급기야는 살인사건으로까지 발전하는 등 최근 아파트 층간소음 문제가 심각한 사회 문제 중의 하나로 대두되고 있다. 실제로 2006년 한국방송에서 전국 공동주택에 거주하는 20대 성인남녀 540명을 대상으로 층간소음에 대한 설문조사를 실시한 결과, 전체 응답자의 94.3%가 층간소음을 느끼며 생활하고 있다고 답했고, 층간소음 때문에 불편을 겪고 있다는 대답도 61.5%에 달했다. 공동주택의 층간소음은 당하는 피해자나 본의 아니게 가해자가 된 사람 모두에게 큰 스트레스가 아닐 수 없다.

층간소음은 콘크리트 면에 직접 충격이 가해짐으로 발생하는 바닥충격음(고체전달음)이 그 직접적인 원인이다. 바닥충격음은 인접세대에 쉽게 전달되는 특성을 가지고 있어 공동주택에 사는 사람이라면 쉽게 경험하게 된다. 바닥충격음에는 경량충격음(light weight impact sound)과 중량충격음(heavy weight impact sound)로 나뉘지며, 경

량충격음은 가볍고 딱딱한 소리(식탁을 끌거나, 마늘 찢는 소리, 물건이 떨어지는 소리 등)로서 발생 시 사람을 놀라게 하지만 잔향이 없어 불쾌감이 적은 것이 특징이다. 중량충격음은 무겁고 부드러운 소리(아이들이 뛰어 다니는 소리)로서 발생 시 잔향이 남아 사람으로 하여금 심한 불쾌감을 갖게 하며, 심하면 정신적 고통을 일으키게 한다. 보통 '아래층' 사람들은 '바로위층'을 소음의 주범이라 생각하지만, 최근 조사결과, 소음의 주범은 위층이 아닐 확률이 높다고 한다. 즉 아래층 사람이 느끼는 소음은 '바로위층'만이 아니라 바로위층의 양 옆 층이나 한 칸 더 위층 어딘가의 소음도 많다는 것이다. 이에 정부에서는 공동주택 층간소음 방지기준을 마련하여 새로 짓는 공동주택에 대해 층간소음 문제를 해결하려 하고 있다.

정부에서는 층간소음으로 인한 피해가 커짐에 따라 공동주택 층간소음 방지기준을 마련하여 새로 짓는 공동주택에 대해서 경량충격음은 58dB 이하가 되도록 중량충격음은 50dB 이하가 되도록 제한하였다. 또한 층간소음의 주된 요인으로 아파트 층간의 바닥을 구성하는 슬래브의 두께를 보다 안정적인 수치인 210mm로 규정했다. 그러나 이러한 기준이 시행되기 이전인 2004년 이전에 건축된 공동주택의 경우에는 층간소음으로 인한 갈등이 여전히 되풀이되고 있는 실정이다. 이 경우 공동주택 생활의 예의범절을 잘 지키는 것만으로는 부족할 수 있으며, 층간소음 방지재를 시공하여 층간소음 문제를 해결해야 한다.

따라서 피해의 당사자인 공동주택 거주 주민뿐만 아니라 정부, 건설사, 민간기업 등이 나서서 층간소음의 저감을 위한 다양한 정책과 기술들이 논의 중이다. 그러나 이러한 정책들과 기술들은 시행에 앞서, 비용 대비 효과가 충분한가에 대한 경제적 효율성의 판단여부가 중요하다. 또한 이미 시행

중인 관리기준의 적절성에 대해서도 판단기준도 필요하다. 예를 들어 관리기준을 강화할 경우 수반되는 비용을 주민들이 수용가능한가에 대한 논의도 중요하다. 이를 위한 기초자료로서 충간소음 저감의 편익 즉, 충간소음의 불편비용 산정이 필수적이다. 이를 위해 본 연구는 충간소음 저감에 대한 지불의사액(willingness-to-pay: WTP), 즉 응답자의 선호에 기초한 충간소음의 불편비용을 산정함으로써 충간소음 저감과 관련된 정보를 제공하고자 한다. 저자들이 알고 있는 범위 내에서, 이 작업은 처음으로 시도되는 것이기에 본 논문의 시사점은 더욱 더 유용할 것이다.

한편 본 연구는 충간소음 불편비용을 산정하기 위하여 비시장재화의 가치추정에 널리 활용되는 양분선택형(dichotomous choice) 조건부 가치추정법(contingent valuation method: CVM)을 활용하고자 하였다. 특히 본 연구는 CVM을 활용함에 있어서 CVM에서 널리 적용되는 단일경계(single-bound: SB)모형과 이중경계(double-bound: DB)모형은 각각 비효율성 및 편익의 한계를 가지고 있으므로, 효율성을 제고하면서 편익을 줄일 수 있는 1.5경계(one and one-half bound: OOHB)모형을 적용하고자 하였다. 또한 스파이크(spike) 모형을 통하여 제시된 금액에 대하여 지불의사가 없는 응답자들을 지불의사가 영(0)원인 집단과 지불의사가 영(0)원보다 큰 집단으로 나누어 분석하고자 하였다.

이후 본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. II절에서는 충간소음 불편비용을 측정할 수 있는 방법론에 관하여 논의하였다. III절에서는 충간소음 저감 편익을 도출하기 위한 모형에 대해 살펴보았다. IV절에서는 실증분석의 결과를 제시하고 이에 근거하여 몇 가지 쟁점을 논의하였고, 마지막 V절은 결론으로 할애하였다.

II. 연구방법론 및 실증연구절차

1. 연구방법론

본 연구와 같이 충간소음 불편비용을 측정한 연구는 없지만, 도시소음의 불편비용을 논의한 여러 편의 논문들이 있다. 특히 Navrud(2002)의 논문에 따르면 기존의 도시소음 저감 편익이나 불편비용을 추정했던 대부분의 연구들은 소음저감을 위한 WTP를 편익이나 비용 추정의 원칙으로 삼았다. 또한 Feitelson and Mudge (1996), 유승훈(2007) 역시 소음저감을 위한 WTP를 추정하였다. 따라서 본 연구 역시 경제학적 이론과 국제적인 기준에 부합하기 위하여 충간소음 불편비용 측정을 위해 응답자들의 충간소음 저감을 위한 WTP를 추정하고자 하였다. 충간소음 저감을 위한 WTP 도출을 위해 본 연구는 CVM을 활용하고자 하였다. CVM은 응답자들로부터 대상재화나 서비스와 관련된 최대의 WTP를 도출하여 이를 통해 대상재화나 서비스의 편익을 직접적으로 이끌어내는 가치추정방법이다(Mitchell and Carson, 1989). CVM은 표본추출기법, 설문조사기법, 조사방법론의 발전과 Arrow et al. (1993)에 제시된 적용상의 다양한 가이드라인의 완비로 인해 편익을 최소화하면서 WTP를 신뢰할만하게 추정할 수 있는 것으로 알려져 있다.

2. CVM의 적용절차

CVM의 적용은 5단계를 거치게 된다. 먼저 1단계에서 연구대상 재화를 설정한다. 2단계에서는 설정된 재화에 대해 전달하고자 하는 내용을 정확하게 전달하면서 응답자들이 이해하기 쉽도록 묘사할 수 있는 설문지를 작성한다. 3단계에서는 CVM의

운용에서 예상될 수 있는 여러 가지 편의를 방지할 수 있도록 설문지를 보완하는 단계이다. 4단계는 직접 현장에 나가 설문을 시행하는 단계로 충분히 교육받은 설문조사원의 역할이 강조된다. 마지막으로 5단계에서는 설문으로부터 얻어진 자료를 취합·분석하여 필요한 정보를 이끌어내게 된다.

조건부 시장 설정에 있어서 중요한 역할을 하는 것은 응답자가 밝히고자 하는 지불의사를 쉽게 표현할 수 있도록 지불수단을 제시하는 것이다. 현실성 있는 지불수단이 되도록 시장을 설정하는 것은 응답자가 진정한 가치를 밝힐 수 있도록 유도한다는 점, 가상적 상황을 좀 더 현실화시킨다는 점, 또 의도와 행동 간의 관계를 밀접하게 할 수 있다는 점에서 중요하다. 특정 지불수단을 결정할 때는 우선, 평가하고자 하는 재화와의 관련 정도, 둘째, 응답자의 결정을 단순화할 수 있는 정도, 셋째, 여러 가지 편의를 제거할 수 있는 정도를 기준으로 삼아야 한다. 즉, 평가하려는 대상과 관련하여 현실성이 있으며 사실과 부합하는 수단을 선택해야 한다는 것이다. 본 연구에서는 층간소음 방지재 시공비용이라는 지불수단을 제시하였다. 아울러 지불기간 및 지불횟수에 대해서는 가구당 향후 1년마다 1회씩 지불한다는 점을 강조하였다.¹⁾

3. 지불의사 유도방법

CVM의 실증연구에서 주로 사용되는 지불의사 유도방법으로는 개방형 질문법(open-ended question), 경매법(bidding game), 지불카드법(payment card), 양분선택형 질문법 등이 있다.

최근 대부분의 CVM 실증연구들은 응답자가 대답하기 용이하여 응답률이 높고, 출발점 편의(starting point bias)나 설문조사원 편의에 의한 영향이 적으며, 비합리적 지불의사가 발생할 가능성이 적고, 응답자의 전략적 행위를 줄일 수 있는 양분선택모형을 이용하고 있다. 양분선택모형의 질문은 미리 설정된 금액을 ‘지불할 용의가 있는가’라고 물어보면, 응답자가 ‘예/아니오’로 대답하는 방식이다.

일반적으로 사용되는 양분선택모형의 질문유형은 Bishop and Heberlein(1979)이 제안한 SB모형과 Hanemann(1985)에 의해 제안된 DB모형으로 나뉜다. 한 번의 질문만 하는 SB모형은 응답이 쉬운 반면에 통계적으로 효율성이 낮아 많은 표본이 필요하다는 단점이 있기 때문에 DB모형이 등장한 이후 많은 연구들은 SB모형보다는 DB모형을 선호하여 왔다. DB모형은 두 번에 걸쳐서 지불금액이 제시되는데, 두 번째 제시금액은 첫 번째 제시금액에 대해 ‘예’라고 대답할 경우, 두 번째 제시금액은 첫 번째 제시금액의 2배가 되며, ‘아니오’라고 대답할 경우, 두 번째 제시금액은 첫 번째 제시금액의 1/2배가 된다.

Cooper and Hanemann(1995)의 연구결과에 따르면, SB모형에서 DB모형으로 변하는 것은 WTP의 점추정치를 크게 개선시키며 추정치의 분산도 크게 감소시키는 것으로 나타났다. 그러나 두 번째 제시금액에 대해 지불의사 여부를 질문한 후에 응답자의 응답이 ‘아니오’ 일 경우 세 번째로 이보다 낮은 금액에 대한 지불의사를 묻는 삼중경계모형(triple-bound choice question)으로 변할 경

1) 주택보유형태, 향후 주거예상연수, 건물의 노후도 등 주거상황이 응답자에 따라 다양하기 때문에 지불회수를 1회성 시공비용으로 할 경우 응답자들이 제시금액에 응답하는 데 어려움이 있을 수 있다. 예를 들면 이사가 계획되어 있거나, 세입자인 경우 층간소음으로 피해를 입고 있더라도 1회성 시공비용으로 질문을 하면 상황으로 인해 제시금액을 거부할 가능성이 있다. 따라서 본 연구는 1년 1회의 방식으로 이러한 설문문의 어려움을 피하고자 하였다.

우, 추정치의 편이나 효율성의 개선이 미미하였다. 또한 Hanemann and Kanninen(1999)의 연구결과에 따르면, 삼중경계모형은 여러 번에 걸쳐 지불 의사 여부를 묻는 질문이 제시되기 때문에 내적 일관성을 해치는 반응효과(response effects)가 발생할 가능성이 많이 커진다.

따라서 Cooper and Hanemann(1995)과 Hanemann and Kanninen(1999)의 연구결과를 종합해 보면 SB모형이나 삼중경계모형보다는 DB모형이 적절하다고 볼 수 있다. 그러나 과연 DB모형이 SB모형보다 우수한지에 대해 많은 문제제기가 있었다(유승훈, 2007). Cameron and Quiggin(1994)에 따르면 DB모형에서 응답자들이 두 번째 질문에 대해 본인의 의사가 '아니오'임에도 설문주체나 면접원의 기대를 만족시키기 위해 '예'라고 응답하는 승락의 문제(compliance problem)와 반복된 질문에 귀찮아서 무조건 '아니오'를 응답하는 거부 문제(reject problem)가 발생할 수 있는 단점이 있다.

즉, DB모형은 SB모형에 비해 통계적 효율성을 개선시킬 수 있지만 어느 정도의 편의를 초래할 가능성이 있다. Cooper et al.(2002)는 SB모형보다 효율성을 개선하여 DB모형 수준의 효율성을 누리면서도, DB모형의 반응효과를 크게 줄여 SB모형 수준의 일치성을 확보할 수 있는 OOHBM형을 제안하였다. 비교적 최근에 제안된 새로운 지불의사 유도방법이라 그리 널리 사용되고 있지는 않지만 국내에서 수행된 몇 가지 선행연구 사례(이주석 외, 2007; 유승훈, 2007)를 살펴보다도 응답자들이 이해하고 평가하기에 별다른 어려움이 없었다.

OOHBM형에서는 하한 제시금액과 상한 제시금액의 범위로 주어진다. 즉, 응답자들을 2개의 그룹으로 나눠 첫 번째 그룹에는 하한 제시금액을 지

불할 의사가 있는지를 질문한다. 이 질문에 '예'라고 응답하면 상한 제시금액을 지불할 의사가 있는지를 한 번 더 질문하며, '아니오'라고 응답하면 추가적인 질문을 하지 않는다. 두 번째 그룹에게는 상한 제시금액을 지불할 의사가 있는지를 질문한다. 이 질문에 '예'라고 응답하면 추가적인 질문을 하지 않으며, '아니오'라고 응답하면 하한 제시금액을 지불할 의사가 있는지를 한 번 더 묻는다.

제시금액은 최종적으로 얻고자 하는 WTP의 평균값에 민감한 영향을 미칠 수 있으므로 세심한 주의를 기울여 결정하여야 한다. 본 연구에서는 가능한 값의 범위를 넓게 하여 제시금액을 결정하였다. 즉, 본 연구에서는 실제 설문조사에 들어가기 전에 30명을 대상으로 사전조사(pretest)를 시행한 후, 이들로부터 얻은 결과를 바탕으로 상한금액과 하한금액의 격차를 60,000원으로 설정하고 30,000원부터 240,000원까지 30,000원 간격으로 총 8개의 초기 제시금액을 결정하였다. 이렇게 결정된 금액을 전체 응답자를 무작위로 구분한 8개 그룹에 각각 할당하였다.

4. 표본설계 및 설문조사

본 연구는 설문대상지역을 서울시, 인천시와 경기도 등 수도권 일대로 한정하였다. 각 지역의 전체 가구를 대상으로 임의표본을 도출하기 위해 각 지역 내의 인구 구성비를 고려하여 각 나이의 비율에 맞게 표본 수를 할당하였다. 그리고 설문단위는 개인이 아닌 가구로 하였다. 충간소음의 불편비용 측정을 위한 조사는 이들 지역에 대해 2006년 11월 한 달 간 전문설문기관인 (주)동서리서치의 주관으로 실시되었다.

또한 충간소음문제에 대해서 응답자들이 충분히 이해할 수 있도록 하기 위하여 일대일 개별면접

설문을 실시하였다. 또한 인터뷰 끝에 응답자의 전화번호를 물어 임의로 추출된 가구에 대해 설문조사 감독자들은 조사원들이 일을 제대로 했는지 확인전화화를 하였고 몇 가지 질문을 다시 해서 응답자들의 대답에 일관성이 있는지를 점검하고 응답이 빠진 항목에 대해 다시 질문을 하여 답을 얻었다.

III. CVM 추정모형

1. 효용격차모형

OOHB모형은 SB모형이나 DB모형과 마찬가지로 Hanemann(1984)의 효용격차모형을 이용할 수 있다. 본 연구는 효용격차모형에 근거하여 양분선택형 CVM 자료로부터 각 개인의 Hicks적 보상잉여를 도출하였다. 응답자가 자신의 효용함수를 정확하게 알고, 주어진 화폐소득과 개인의 특성들에 근거하여 중간소음 저감으로 인해 느끼는 효용은 간접 효용함수($v(j, y; s)$, y : 소득, s : 개인의 관찰 가능한 특성들)로 표현된다. 한편 연구자가 직접 관측할 수 없는 부분이 존재하므로 확률적 성분도 갖게 되어 응답자의 효용함수는 다음과 같이 표현된다.

$$u(j, y; s) = v(j, y; s) + \epsilon_j, j = 0, 1, \epsilon_j \sim i.i.d N(0, \sigma_j^2) \quad <식 1>$$

만약, 응답자가 '중간소음 저감을 위하여 A 금액을 지불할 의사가 있느냐?'라는 질문에 대해 '예'라고 응답하는 경우, 효용함수는 $u(1, y - A; s) \geq u(0, y; s)$ 이다. 즉, 중간소음을 저감하지 않은 상태에서 누리는 효용보다 소득의 감소에도 불구하고 중간소음을 저감함으로써 얻는 효용이 더 커짐을 의미한다. 이는 다시

$v(1, y - A; s) + \epsilon_1 \geq v(0, y; s) + \epsilon_0$ 로 나타낼 수 있고, 변형하면 식(2)과 같은 효용격차함수로 나타난다.

$$\Delta v = v(1, y - A; s) - v(0, y; s) \geq \epsilon_0 - \epsilon_1 = \eta \quad <식 2>$$

여기서, 1과 0은 각각 중간소음 저감여부를 나타내며, η 는 $\epsilon_0 - \epsilon_1$ 이며 효용격차의 분포를 정형화하기 위한 확률변수다. 각 응답자는 중간소음 저감을 통해 얻을 수 있는 간접효용의 증가분(Δv)이 양(+)이면 '예'라고 답하고 제시금액의 지불에 대해 동의하는 것으로 개인의 효용을 증가시킬 것이다. 따라서 응답자가 '예' 응답을 할 확률은 다음의 식(3)과 같다.

$$\Pr(Yes) = \Pr(\Delta v \geq \eta) = F_\eta(\Delta v) \quad <식 3>$$

여기서, $F_\eta(\cdot)$ 는 확률변수 η 의 누적분포함수이다. 그런데 응답자가 실제로 지불의사질문에 대해 '예'라는 응답을 하였다면 확률변수인 지불의사액 C 에 대하여

$\Pr(Yes) = \Pr(A \leq C) = 1 - G_C(A)$ 임을 의미한다. 따라서 η 의 누적분포함수는 다음의 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 $G_C(A)$ 는 확률변수 C 의 누적분포함수이며, A 는 제시된 금액이다.

$$F_\eta(\Delta v) = 1 - G_C(A) \quad <식 4>$$

Hanemann(1984)의 지적에 따르면 식(4)은 확률효용이론의 맥락에서 효용극대화 응답으로 해석될 수 있고, $G_C(\cdot)$ 는 개인의 참 최대 WTP의 누적분포함수가 된다. 결국, WTP모형을 추정한다는 것은 누적분포함수 $G_C(\cdot)$ 의 모수를 추정하는 것을 의미한다.

2. WTP 모형

충간소음 저감에 대한 i 번째 응답자의 응답결과는 우선 첫 번째 질문에 하한 제시금액 A^l 가 제시된 경우와 첫 번째 질문에 하한 제시금액 A^u 가 제시된 경우로 나눌 수 있다. 첫 번째 질문에 하한 제시금액 A^l 가 제시된 경우 응답자는 ‘예-예’, ‘예-아니오’, ‘아니오’라고 응답할 수 있으며, 첫 번째 질문에 상한 제시금액 A^u 가 제시될 경우 응답자는 ‘예’, ‘아니오-예’, ‘아니오-아니오’라고 응답할 수 있다.

하한 제시금액(A^l)에 대해 ‘아니오’라고 대답할 확률을 $G_C(A^l)$, 상한 제시금액(A^u)에 대해 ‘아니오’라고 대답할 확률을 $G_C(A^u)$ 라 가정하면, 로그-우도함수는 다음과 같이 표현된다.

$$\ln L = \sum_{i=1}^N (I_i^{YY} \ln[1 - G_C(A_i^u)] + I_i^{YN} \ln[G_C(A^u) - G_C(A_i^l)] + I_i^N \ln G_C(A_i^l) + I_i^Y \ln[1 - G_C(A_i^u)] + I_i^{NY} \ln[G_C(A^u) - G_C(A_i^l)] + I_i^{NN} \ln G_C(A_i^l))$$

<식 5>

$$\begin{cases} I_i^{YY} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '예-예'}) \\ I_i^{YN} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '예-아니오'}) \\ I_i^N = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '아니오'}) \\ I_i^Y = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '예'}) \\ I_i^{NY} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '아니오-예'}) \\ I_i^{NN} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 '아니오-아니오'}) \end{cases}$$

여기서 $\mathbf{1}(\cdot)$ 는 인디케이터함수(indicator function)이다. 즉, $\mathbf{1}(\cdot)$ 의 괄호 안이 조건이 만족되면 1을 취하고, 아니면 0을 취한다.

3. 스파이크 모형

지금까지는 일반적인 WTP 모형에 대해 설명하였다. 그러나 충간소음 저감을 위해 본인의 소비를 일부러 줄여 이 금액만큼을 지불한다는 것에 대해

거절의 의사를 가지고 있는 사람들이 적지 않을 것이다. 실제로 본 연구의 설문결과에 따르면 응답자 285명 중 176명 즉, 약 61.5%가 제시금액에 지불의사가 없는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 경우에 적용이 가능한 모형의 개발이 필요하며, 이모형에 투입되어야 할 자료를 확보할 수 있도록 설문지도 적절하게 보완될 필요가 있다.

이와 관련하여, 본 연구에서 사용한 설문지에는 첫 번째 질문에 하한 제시금액 A^l 제시된 경우에 대하여 “아니오”라고 응답한 응답자와 첫 번째 질문에 상한 제시금액 A^u 가 제시된 경우에 대하여 두 번의 질문에서 “아니오-아니오”라고 응답한 응답자에 대해 단 1원의 지불의사가 있는지 없는지를 물어 보는 질문도 포함되어 있다. 이 질문에 대해 “지불할 의사가 있다”고 응답한다면 양의 WTP를 가지며, “지불할 의사가 없다”고 응답한다면 영(0)의 WTP를 가질 것이다. 이러한 영(0)의 WTP 자료를 처리하기 위해 널리 이용되는 모형은 Kriström(1997)이 제안한 스파이크 모형이다. 그런데 스파이크 모형은 애초 SB 자료에 맞추어 개발되어 OOHB 자료에 맞도록 적절한 조정을 해야 한다.

이제 스파이크 모형에 대해 정형화하겠다. 일반적인 WTP모형에서 제시금액에 대한 “아니오-아니오”와 “아니오” 응답은 0의 WTP와 하한 제시금액 A^l 보다 작은 양의 WTP로 구분되므로, I_i^N 과 I_i^{NN} 은 I_i^{NY} 와 I_i^{NN} , I_i^{NNY} 와 I_i^{NNN} 로 세분화된다.

$$\begin{cases} I_i^{NY} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오-예"}) \\ I_i^{NN} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오-아니오"}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_i^{NNY} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오-아니오-예"}) \\ I_i^{NNN} = \mathbf{1}(i\text{번째 응답자의 응답이 "아니오-아니오-아니오"}) \end{cases}$$

<식 6>

WTP의 누적분포함수를 $G_C(\cdot; \theta)$ 라 하고 이를 상수항과 제시금액의 함수로 이루어진 선형모형의 로지스틱(logistic) 함수로 가정하여 스파이크 모형을 구성하면 평균값 WTP를 추정할 수 있다. 스파이크 모형에 있어서, $\theta = (a, b)$ 일 때 WTP의 누적분포함수는 식 (7)과 같이 정의된다.

$$G_C(A; \theta) = \begin{cases} [1 + \exp(a - bA)]^{-1} & \text{if } A > 0 \\ [1 + \exp(a)]^{-1} & \text{if } A = 0 \\ 0 & \text{if } A < 0 \end{cases} \quad < \text{식 7} >$$

이 모형에 대한 로그우도함수(log-likelihood function)는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ln L = & \sum_{i=1}^N (I_i^{YY} \ln[1 - G_C(A_i^u)] + I_i^{YN} \ln[G_C(A^u) - G_C(A_i^L)]) \\ & + I_i^{NY} [G_C(A_i^L; \theta) - G_C(0; \theta)] + I_i^{NN} \ln[G_C(0; \theta)] \\ & + I_i^Y \ln[1 - G_C(A_i^u)] + I_i^{NY} \ln[G_C(A^u) - G_C(A_i^L)] \\ & + I_i^{NNY} [G_C(A_i^L; \theta) - G_C(0; \theta)] + I_i^{NNN} \ln[G_C(0; \theta)] \end{aligned} \quad < \text{식 8} >$$

이때 스파이크는 $1/\ln[1 + \exp(a)]$ 로 정의되며 표본에서 영의 WTP를 갖는 응답자의 비중을 의미한다. 한편 평균값 WTP는 다음과 같이 추정된다.

$$\overline{WTP} = (1/b) \ln[1 + \exp(a)] \quad < \text{식 9} >$$

표 1_WTP 응답의 분포

| 제시금액 | 표본 크기 | 응답유형별 응답자수 | | | | | | | |
|---------------------|-------|-----------------|-------|-------|---------|-----------------|-------|-----------|-------------|
| | | 하한금액이 먼저 제시된 경우 | | | | 상한금액이 먼저 제시된 경우 | | | |
| | | 예-예 | 예-아니오 | 아니오-예 | 아니오-아니오 | 예 | 아니오-예 | 아니오-아니오-예 | 아니오-아니오-아니오 |
| 30,000원 - 90,000원 | 32 | 2 | 1 | 2 | 11 | 5 | 2 | 1 | 8 |
| 60,000원 - 120,000원 | 40 | 1 | 2 | 3 | 14 | 4 | 4 | 2 | 10 |
| 90,000원 - 150,000원 | 43 | 0 | 6 | 3 | 12 | 3 | 2 | 2 | 15 |
| 120,000원 - 180,000원 | 33 | 0 | 1 | 1 | 14 | 2 | 1 | 3 | 11 |
| 150,000원 - 210,000원 | 32 | 1 | 1 | 3 | 16 | 0 | 2 | 1 | 8 |
| 180,000원 - 240,000원 | 34 | 1 | 2 | 10 | 9 | 0 | 0 | 3 | 9 |
| 210,000원 - 270,000원 | 39 | 3 | 0 | 7 | 14 | 1 | 2 | 3 | 9 |
| 240,000원 - 300,000원 | 32 | 1 | 1 | 7 | 7 | 2 | 2 | 3 | 9 |
| 계 | 285 | 9 | 14 | 36 | 97 | 17 | 15 | 18 | 79 |

또한 각 응답자들의 사회·경제적 특성들이 그들의 WTP 질문에 대한 응답에 어떤 영향을 주는지를 파악하기 위해서는 공변량(covariate)을 포함한 모형을 분석할 필요가 있다. 일반적으로 CVM 연구에서는 WTP 모형 내에서 공변량을 포함하여 추정함으로써 모형의 이론적 타당성과 내적 일관성을 검증하는 것이 일반적이라고 할 수 있다. 공변량을 포함할 경우, 위 식들의 a 는 단순히 $a + x_i' \beta$ 로 대체된다. 여기서 x_i 는 응답자들의 사회·경제적 특성을 반영하는 공변량 벡터이고, β 는 추정해야 할 모수(parameter)로 이루어진 벡터이다.

IV. 분석결과

1. 응답의 분포

WTP 질문에 대한 응답 분포는 <표 1>에 제시되어

있다. 스파이크 모형을 운용할 수 있도록 응답유형을 “예-예”, “예-아니오”, “아니오-예”, “아니오-아니오”, “예”, “아니오-예”, “아니오-아니오-예”, “아니오-아니오-아니오”의 8개로 구분하였다.

2. WTP 모형 추정 결과

1) 응답자들의 사회경제적 특성

다음 <표 2>는 본 연구에 참여한 응답자들의 충간소음에 대한 태도와 사회경제적 특성을 보여준다. <표 2>에 따르면 응답자의 성비는 남녀가 동일하며, 응답자의 평균 연령은 약 40세, 가구당 소득은 월평균 338만 원 수준인 것으로 나타났다. 또한 응답자 가구의 65%가 주택으로 소유한 것으로 나타났으며, 평균주거면적은 약 26평, 주택의 건축 후 경과연수는 2.61년, 주택의 현 시세는 3.1억 원인 것으로 나타났다. 한편 응답자의 54%는 충간소음

표 2_ 응답자들의 사회경제적 변수 및 충간소음에 대한 태도의 표본통계

| 변수 | 정의 | 평균 | 표준편차 |
|-----------|---|--------|--------|
| Gender | 응답자의 성(0=여성, 1=남성) | 0.50 | 0.50 |
| Age | 응답자의 연령(단위: 세) | 40.19 | 7.53 |
| Income | 세전 월평균 가구소득(단위: 만 원) | 338.32 | 136.64 |
| Size | 응답자 가구의 주거면적(단위: 평) | 26.05 | 7.70 |
| Owner | 응답자의 자가주택 소유여부(0=미소유, 1=소유) | 0.65 | 0.47 |
| Price | 응답자가 거주하는 주택의 현 시세(단위: 천만 원) | 30.95 | 83.71 |
| House age | 응답자가 거주하는 주택의 건축연수(1=5년 이하, 2=5-10년 이하, 3=10-15년 이하, 4=15-20년 이하, 5=20년 초과) | 2.61 | 1.10 |
| Interest | 응답자의 충간소음에 대한 태도(0=심각하지 않다, 1=심각하다) | 0.54 | 0.50 |

문제가 심각하다고 응답하였다.

2) 추정결과

다음 <표 3>에는 본 연구의 추정결과가 공변량이 없는 모형과 공변량을 포함한 모형으로 나뉘어 제시되어 있다. 최우추정법의 적용을 용이하게 하기 위해 제시금액은 10,000원 단위로 사용하였다.

공변량이 없는 모형의 경우, Wald 통계량으로 볼 때, 추정방정식에 있는 모든 추정 계수들의 값이 0이라는 귀무가설은 유의수준 1%에서 통계적으로 기각되었다. 또한 β 의 추정계수가 음수인 것은 제시금액에 대한 추정계수가 음수임을 의미하므로, 제시금액이 높아질수록 “예”라고 응답할 확률이 낮아짐을 시사한다. 이것은 설문조사가 제대로 수행되었음을 의미한다. 한편 스파이크는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하며 0.6158로 추정되었다. 응답자가 실제로 영의 WTP를 밝힌 비중은 61.6%로 스파이크의 값은 영의 WTP를 밝힌 표본 비율과 대략 유사함을 알 수 있다. 따라서 스파이크도 적절하게 추정되었다.

응답자 또는 가구의 특성들이 층간소음 저감에 대한 지불의 확률에 어떠한 영향을 주는지 분석하기 위하여 분석한 공변량이 포함된 모형의 경우, 응답자의 주거 면적이 넓을수록, 층간소음의 심각성이 높다고 판단하는 응답자일수록 지불확률이 높았으며 그 외 사회경제적 변수들을 지불의사확률에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

3) WTP 추정결과

공변량을 포함하지 않은 스파이크 모형의 추정결과와 <식 9>를 이용하여 구한 평균값 WTP의 추정결과는 <표 4>에 제시되어 있다. 추정결과, 층간소

표 3_ 스파이크 모형의 추정결과

| 변수 | 추정결과 | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 공변량이 없는 모형 | 공변량을 포함한 모형 |
| 상수항 | -0.4717 (-3.88)*** | -1.3190 (-1.53) |
| Gender | - | 0.0755 (0.30) |
| Age | - | 0.0077 (0.43) |
| Income | - | 0.0006 (0.56) |
| Size | - | 0.0328 (1.66)* |
| Owner | - | 0.3356 (1.07) |
| Price | - | 0.0013 (0.87) |
| House age | - | -0.0872 (-0.72) |
| Interest | - | 1.1292 (4.44)*** |
| 제시금액 | -0.0891 (-9.76)*** | -0.0963 (-9.88)*** |
| Spike | 0.6158 (21.39)*** | 0.6216 (20.41)*** |
| 관측 가구수 | 285 | 285 |
| 로그우도 | -301.65 | -284.96 |
| (Log-likelihood) | 457.44 | 416.57 |
| Wald 통계량: (p-value) | (0.000) | (0.000) |

주: 제시금액은 편의상 10,000원 단위의 값을 이용하였다. Wald 통계량은 추정되어야 할 모수의 값이 모두 '0'이라는 가설 하에서 계산된 것이다. 추정치 아래의 괄호 안에 있는 숫자는 t-값이다. *, ***는 각각 유의수준 10%, 15%에서 통계적으로 유의함을 나타낸다.

표 4_ 스파이크 모형을 적용한 평균값 WTP 추정결과

| 구분 | 추정결과 |
|------------------|-----------------|
| 평균 WTP(원/ 가구/ 년) | 54,442 |
| - t-값 | 8.07* |
| - 95% 신뢰구간 | 44,433 - 67,207 |
| - 99% 신뢰구간 | 42,877 - 70,588 |

주: 평균 WTP의 표준오차는 델타법(delta method)를 이용하여 계산되었다. 평균 WTP의 신뢰구간은 Krinsky and Robb(1986)에 제시된 몬테칼로 모의실험 기법을 이용하여 계산하되 재표본추출의 횟수는 5,000회로 하였다. *는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 나타낸다.

음을 방지하기 위한 응답자들의 지불의사액 즉, 충간소음의 불편비용은 가구당 연간 5만 4,442원인 것으로 나타났다.

아울러 CVM 질문에 대한 응답과정에서의 불확실성과 WTP 모형 추정과정 및 평균값 WTP 계산과정에서의 불확실성을 명시적으로 반영하기 위해 신뢰구간을 제시하고자 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 Krinsky and Robb(1986)이 제안한 모수적 부트스트랩(parametric bootstrap) 기법인 몬테칼로 시뮬레이션 기법을 적용하였다. 몬테칼로 시뮬레이션 기법의 적용 절차는 다음과 같다. 우선 (a, b) 의 추정치와 이에 대한 분산-공분산 행렬을 이용하여 (a, b) 의 다변량 정규분포로부터 (a, b) 의 값을 발생시켜 평균 WTP를 계산하며 이 과정을 R 회 반복한다. 이렇게 발생된 R 개의 평균 WTP 값을 크기순으로 나열한 다음 양끝에서 각각 2.5%를 버리면 95% 신뢰구간을 얻을 수 있으며, 양끝에서 각각 0.5%를 버리면 99% 신뢰구간을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 무작위 반복표본추출의 회수를 5,000회로 하였다. 95% 신뢰구간 및 99% 신뢰구간의 계산결과는 <표 4>의 하단부에 제시되어 있다. 당연한 얘기이겠지만, 99% 신뢰구간의 폭보다 95% 신뢰구간의 폭이 더 좁음을 알 수 있다.

V. 결론

우리나라의 전체 주택 중 공동주택의 비중이 커짐에 따라 다수의 세대가 함께 거주함으로써 발생하는 생활의 불편이 사회적 문제로 등장하고 있다. 특히 충간소음 문제가 심각한 사회 문제 중의 하나로 대두되고 있다. 실제로 한국방송에서 실시한 설문조사에 따르면 전국 공동주택에 거주하는 응답자의 94.3%가 충간소음을 느끼며 61.5%가 충간소음으로 인해 생활의 불편을 느낀다고 응답했다. 하지만

아직까지 충간소음의 환경비용 내지 충간소음 저감의 경제적 편익에 대한 논의는 전무한 실정이다.

이에 본 연구는 충간소음의 불편비용을 추정하기 위하여 비시장재화의 가치측정에 널리 활용되는 CVM을 활용하였다. 본 연구는 CVM을 활용함에 있어서 SB모형의 비효율성을 개선시킬 수 있으며, DB모형의 편의를 줄일 수 있는 OOHBM모형을 적용하였다. 또한 스파이크 모형을 통하여 제시된 금액에 대하여 지불의사가 없는 응답자들을 지불의사가 영(0)원인 집단과 지불의사가 영(0)원보다 큰 집단으로 나누어 분석하였다.

아울러 CVM을 적용하는데 있어서, Arrow et al.(1993)의 여러 가지 지침에 근거한 설문설계, 최근에 개발된 표본설문조사 표집기법 및 인터뷰 기법의 운용 등 특별하게 요구되는 여러 조건들을 충분히 만족시키면서 본 연구가 수행되었다. 1.5 경제모형과 스파이크모형을 결합한 CVM을 이용하여 분석한 결과 충간소음 저감을 위한 평균 WTP 즉, 충간소음으로 인한 불편비용이 연간 가구당 5만 4,442원으로 나타났다.

이러한 분석결과는 충간소음의 저감을 위한 다양한 정책과 기술들의 시행에 앞서, 그 경제적 효율성을 평가하는 주요 기초자료로 활용될 수 있다.

본 연구의 분석결과, 몇 가지 정책적 시사점을 얻을 수 있다. 우선 응답자의 54%가 충간소음이 심각하다고 응답했지만 응답자의 38.2%만이 충간소음 저감을 위한 지불의사가 있는 것으로 나타났다. 즉, 응답자들은 충간소음으로 불편을 느끼더라도 일정수준 이상 부담해야 할 비용이 커지면 충간소음을 감내 할 수 있음을 보여준다. 따라서 충간소음 규제 역시 실제 국민들이 비용을 감당할 수 있는 수준에서 이루어져야 함을 알 수 있다. 둘째, 본 연구결과에 따르면 응답자의 사회·경제·주거적 특성 중 주택의 크기를 제외한 나머지 특성들은 응답

자들의 증간소음저감을 위한 WTP에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이러한 연구결과는 증간소음에 따른 피해를 느끼는 응답자들의 체감정도가 사회·경제·주거적 특성과 상관없이 유사함을 보여준다.

참고문헌

유승훈. 2007. "1.5경계 양분선택형 모형을 이용한 도시소음 저감의 편익 추정". *자원환경경제연구* 제16권 3호. pp451-483.

윤혜정·장성수. 2003. *주거와 주택*. 서울 : 다락방.

이주석·유승훈·곽승준. 2007. "낙동강 수질 개선낙동강 수질개선의 편익추정 -1.5경계 양분선택형 조건부 가치측정법을 이용하여". *경제연구* 제25권 2호. pp111-129.

한국방송. kbs.co.kr

Arrow, K., R. Solow, P. R. Portney, E. E. Leamer, R. Radner and H. Schuman. 1993. *Report of the NOAA panel on contingent valuation*. Washington, D. C. : National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce.

Cameron T. A. and J. Quiggin. 1994. "Estimation using contingent valuation data from a 'dichotomous choice with follow-up' questionnaire". *Journal of Environmental Economics and Management* vol.27. pp218-234.

Cooper. J. and W. M. Hanemann. 1995. "Referendum contingent valuation: How many bounds are enough?". *USDA Economic Research Search service, Food and Consumer Economics Division, Working paper*.

Feitelson, R. H. and Mudge, R. 1996. "The impact of airport noise on willingness to pay for residence". *Transportation Research D1*. pp1-14.

Hanemann, W. M. 1984. "Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses". *American Journal of Agricultural Economics* vol.66. pp332-341.

Hanemann, M., Loomis, J. and Kanninen, B. 1991. "Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation". *American Journal of Agricultural Economics* vol.73. pp1255-1263.

Hanemann, W. M. and Kanninen, B. J. 1999. *The statistical analysis of discrete-response CV data*. (ed.) I. J. Bateman and K. E. Willis. *Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EU, and Developing Countries*. Oxford : Oxford University Press.

Krinsky, I. and Robb, A. L. 1986. "On approximating the statistical properties of elasticities". *Review of Economics and Statistics* vol. 68. pp715-719.

Kriström, B. 1997. "Spike models in contingent valuation". *American Journal of Agricultural Economics* vol. 79. pp1013-1023.

Mitchell R. C. and Carson, R. T. 1989. *Using surveys to public goods : The contingent valuation method*. Washington, D.C. : Resources for the Future.

Navrud, S. 2002. *The state of the art on economic evaluation of noise, Final report to the European Commission*. Norway : Department of Economics and Social Science, Agriculture University of Norway.

- 논문 접수일: 2008. 6.24
- 심사 시작일: 2008. 7.14
- 심사 완료일: 2008. 7.30

ABSTRACT

Inconvenience Costs from Reduction of Noise between Floors

Keywords: Contingent Valuation Method, One and One Half bound Dichotomous Choice Model, Spike Model, Reduction of Noise between Floors

With the increase of Apartment, the conflicts and complaints owing to the noise between floors has been increased and aggravated. For reducing the noise between floors, it is essential to analyze the inconvenience costs from reduction of noise between floors. This study attempts to assess the inconvenience costs from reduction of noise between floors by using contingent valuation method, especially the one and one half bound dichotomous choice spike model. This model has the benefit of higher efficiency in benefit estimates than the single bound dichotomous choice model and it reduced the potential response bias of double bound dichotomous choice model. According to estimating ways, annual mean willingness to pay per household for the economic benefits from reduction of noise between floors is 54,442 won.

층간소음의 불편비용 추정

주제어: 조건부 가치측정법, 1.5 경계모형, 스파이크 모형, 층간소음

우리나라의 전체 주택 중 공동주택의 비중이 커짐에 따라 층간소음 문제가 심각한 사회 문제 중의 하나로 대두되고 있다. 하지만 아직까지 층간소음의 환경비용 내지 층간소음 저감의 경제적 편익에 대한 논의는 전무한 실정이다. 이에 본 연구는 조건부 가치측정법을 활용하여 층간소음의 불편비용을 추정하고자 하였다. 특히 본 연구는 CVM을 활용함에 있어서 기존의 모형들보다 편의는 줄일 수 있으며, 비효율성을 개선시킬 수 있는 1.5경계모형을 적용하였다. 또한 스파이크 모형을 통하여 제시된 금액에 대하여 지불의사가 없는 응답자들을 지불의사가 영(0)원인 집단과 지불의사가 영(0)원보다 큰 집단으로 나누어 분석하였다. 분석결과 층간소음 저감을 위한 평균 WTP 즉, 층간소음으로 인한 불편비용이 연간 가구당 54,442원으로 나타났다. 이러한 분석결과는 층간소음의 저감을 위한 다양한 정책과 기술들의 시행에 앞서, 그 경제적 효율성을 평가하는 주요 기초자료로 활용될 수 있다.