

# 통신에 있어서 서비스품질 평가방법에 관한 고찰

안혜숙<sup>1</sup> · 조재균<sup>2</sup> · 염봉진<sup>3</sup>

<sup>1</sup>삼성 SDS ERP 사업팀/ <sup>2</sup>동의대학교 경영정보학과/ <sup>3</sup>한국과학기술원 산업공학과

## Evaluation Methods for Quality of Service in Telecommunications

Hae-Sook Ahn<sup>1</sup> · Jae-Gyeun Cho<sup>2</sup> · Bong-Jin Yum<sup>3</sup>

Quality of Service(QoS) is the collective effect of service performances and has a direct impact on customer satisfaction. Although QoS is subjective, network performance parameters contributing to QoS can be measured physically. Therefore overall customer satisfaction for each test condition of the performance parameters is evaluated by asking respondents to indicate his or her opinion on a five-category rating scale i.e., excellent, good, fair, poor, and unsatisfactory. The opinion data resulting from the test can then be used to measure and analyze QoS from the customers' viewpoints. In this paper, we consider two methods for analyzing the opinion data: MOS method and Cumulative Probability Curve method. The former evaluates an arithmetic mean of the opinion scores which quantify the surveyed opinions of respondents. The latter uses graphical and analytical models which are based on the distribution of the opinions rather than an arithmetic mean. The advantages, disadvantages, and an alternative of each method are discussed, together with future directions of research.

### 1. 서론

통신 서비스품질은 설문조사를 통해 얻어진 서비스 이용자의 주관적인 만족도를 정량적으로 평가함으로써 측정될 수 있다. 그리고 서비스 이용자가 기대하는 품질 수준의 서비스를 제공하기 위해서는, 서비스 이용자의 만족도와 서비스 품질에 영향을 미치는 통신망의 측정 가능한 물리적 성능변수들(예를 들면, 손실, 잡음, 반향, 측음 등)간의 관계를 체계적으로 분석하기 위한 방법이 필요하다.

전화 서비스의 경우, 통화품질의 평가 방법으로 명료도 시험(articulation test)을 상당히 오랜 기간 동안 사용해 왔다. 명료도 시험은 고도로 훈련된 시험원을 사용하여 무의미 음절에 대한 정청률(rate of correct listening)을 구하는 방법이다. 그러나 명료도 시험은 명료도가 1.0에 가까울수록, 통화품질 상승에 대한 명료도의 상승이 상대적으로 작아지기 때문에 품질이 좋은 통화에 대해 변별력이 낮은 단점이 있다(김정환 등, 1990). 또한, 엄밀히 통제된 조건에서 잘 훈련된 시험원들만을 사용하여 시험을 실시하기 때문에, 일반 전화가입자가 실제 전화

를 사용하는 경우와는 차이가 있다. 즉, 사용현장에서의 재현성을 보장하지 못하는 방법이다.

이에 대한 대안으로 ITU(International Telecommunication Union, 국제전기통신연합)에 의해 권고된 오피니언 평가법(opinion test method)이 현재 널리 사용되고 있다. 오피니언 평가법은 일반 가입자가 통화할 때의 만족도를 설문조사를 통하여 얻기 때문에 실제 전화 사용 상황에 가깝고, 고품질의 서비스에 대해 변별력이 높다. 그리고 회선의 정보전달 능력뿐 아니라, 이용자의 선호도나 감정을 수량화한 서비스품질의 측정이 가능하다. 이러한 의미에서 명료도 시험을 성능검사라고 한다면 오피니언 평가법은 관능검사(sensory evaluation)라고 할 수 있다. 오피니언 평가법에 의해 서비스 품질을 정확하게 측정하기 위해서는 신뢰할 만한 설문지 작성, 모집단을 대표할 만한 응답자 선택을 위한 표본설계, 의미있고 적절한 통계기법의 적용이 매우 중요하므로, 통신전문가, 심리학자 및 통계분석가의 공동연구가 필수적이라고 할 수 있다.

본 논문에서는 설문조사를 통하여 수집된 오피니언 데이터를 이용하여 서비스 이용자가 느끼는 주관적인 품질을 정량화하고, 이용자 만족도와 서비스품질에 영향을 미치는 성능변수

들간의 관계를 분석하는 방법들에 관해 살펴보고자 한다. 그리고 제안된 방법들이 안고 있는 문제점들을 파악하고, 가능한 대안을 제시하고자 한다. 2절에서는 오피니언 평가법에 의한 오피니언 데이터의 수집방법을 소개하고, 3절에서는 MOS에 의한 오피니언 데이터의 분석방법, 문제점 및 대안에 대해 논의한다. 4절에서는 MOS에 의한 분석방법보다 효율적인 누적퍼센트곡선에 의한 오피니언 데이터 분석방법을 자세히 소개하고, 분석방법의 이해를 돕기 위해, 본 연구를 통해 개발한 오피니언 데이터 분석 프로그램을 이용하여 예제를 분석한 결과를 제시한다. 또한 누적퍼센트곡선에 의한 분석방법이 안고 있는 문제점을 논의하고 그 해결 방향을 제시하고자 한다.

## 2. 오피니언 평가법

이 절에서는 오랜 기간 동안의 연구와 논의를 통해 어느 정도 표준화가 이루어져 있는 전화 서비스의 오피니언 평가법을 살펴봄으로써, 오피니언 데이터를 수집하는 과정을 소개하고자 한다.

### 대화 오피니언 평가와

청취 오피니언 평가(김정환 등, 1990)

대화 오피니언 평가(conversation test)는 어떤 특성을 가진 전화 연결망을 구성하고 한쌍의 피시험자에게 통화로를 통해 대화를 하도록 한다. 피시험자들이 통화로에 익숙해질 때까지 충분히 연습을 시킨 후에, 오피니언 시험절차에 따라 설문지에 통화품질을 평가하도록 한다. 대화 오피니언 시험은 실험실이나 현장에서 수행한다. 이는 일반적으로 소리크기 손실(loudness loss)의 효과를 평가하는데 이용되며, 회선잡음(circuit noise), 지연시간(delay time), 반향(echo) 등의 효과도 평가할 수 있다.

그러나 손실만이 통화품질에 대한 결정적인 열화요인이라면 청취 오피니언 평가(listening test)를 수행하는 것이 적절하다. 청취 오피니언 시험에서 음성시료(sound source)는 미리 녹음하여 특정레벨로 설정된 시험회선에서 재생하며, 청취자에게 음성 샘플을 듣고 전체적인 통화품질에 대해 오피니언 평가를 하도록 한다. 그러나 청취 오피니언 평가는 청취자 입장에서만의 시험이라는 제한점이 있다.

### 실험실 평가(laboratory test)와

현장 평가(field test)(Kawahara, et al, 1981)

실험실 평가는 시험결과에 영향을 주는 기술적 인자들의 조정이 용이하며, 짧은 기간동안 많은 데이터를 얻을 수 있다. 또한 서비스 이용자의 주관적인 품질평가를 위해서 오피니언 평가법외에도 일대일 비교법(pair comparison test)(Salza, et al., 1996) 등 다른 방법을 쉽게 사용할 수 있기 때문에, 시험의 목적과 상

황에 적절한 방법을 선택할 수 있다. 그러나 실험실에서의 시험은 일반 전화이용자의 실제 현장조건을 가능한 한 재현한다고 하더라도, 인위적으로 규정된 것일 뿐이다. CCITT(International Telegraph and Telephone Consultative Committee, 국제 전신전화 자문위원회) 권고 P.11의 supplement No. 3의 오피니언 모형이 실험실 평가를 위해 사용된다(Supplement No. 3 to Recommendation P.11).

현장조건에서 통화품질의 평가치는 일반 전화이용자들을 대상으로 통화(call)가 완료될 때마다 인터뷰를 하거나, 일정 기간이 지난 후 설문조사를 하는 방법으로 얻어진다. CCITT 권고 P.77에 현장 평가의 수행방법이 제시되어 있다(CCITT Recommendation P.11). 그러나 현장 평가법은 평가하려는 망에 대해 미세한 조정만을 할 수 있다는 단점을 가지고 있다. 다시 말해서 집중국(toll)의 조정이 가능하다고 해도, 회선의 두 단말국(local part)의 조정은 불가능하지는 않으나 매우 어렵다. 따라서 많은 사례의 관찰과 회선조건이 필요하다. 이러한 이유로 현장 평가의 많은 장점을 유지하면서 단점을 극복하는 방법이 연구되어 왔다(Kawahara, et al., 1981; Caranagh, et al., 1976). 한 가지 예로, Bell 연구소는 전송에 영향을 미치는 파라미터의 값들을 제어함으로써 통화품질을 조절하는 장치인 SIBYL을 사용하였다(Caranagh, et al., 1976). Bell 연구소 종사자들 중 선정된 피시험자들의 전화선은 SIBYL 장치를 거쳐 교환시스템에 연결되도록 하고, 피시험자들의 통화(call) 중 시험자가 랜덤하게 선택한 통화에 대해서 SIBYL에 의해 부여된 시험 조건하에서 통화를 하도록 하였다. 통화가 완료되면 SIBYL은 방금 완료된 통화가 시험통화였음을 알리는 짧은 파열음 신호를 피시험자에게 보내고, 피시험자는 통화품질에 따라 5등급의 평가척도 중 하나를 선택하고 해당 디지털을 다이얼한다. 이렇게 평가된 오피니언 데이터는 SIBYL에 저장된 후 이용자 만족도 평가모형의 유도를 위한 기초자료로 이용된다.

## 3. MOS에 의한 오피니언 데이터분석

### 3.1 분석방법

주관적인 평가치는 추출된 피시험자 집단, 제시되는 성능변수들의 범위, 시험시기, 시험방법 등의 영향을 받아 가변적인 성질을 갖는다. 그러므로 오피니언 평가법으로부터 타당한 결론을 원하는 형태로 얻기 위해서는 적절한 통계적 분석방법을 적용해야만 한다. 서비스 이용자 관점에서의 품질, 즉 이용자 만족도를 평가하기 위한 하나의 방법으로, 설문조사에 의한 응답자의 주관적인 평가를 5점 척도를 사용하여 계량화한 후 평균 오피니언 점수(mean opinion score; MOS)를 구하는 방법이 널리 사용되고 있다. 설문 문항에 따라 차이가 있을 수 있으나,

일반적으로 문항의 보기를 ‘매우 좋다’, ‘좋다’, ‘보통이다’, ‘나쁘다’, ‘매우 나쁘다’의 순으로 배열하여 응답자의 평가를 조사한 후, 5부터 1까지의 점수로 환산한다. MOS 방법에 의한 분석 결과는 다음과 같은 정량화된 수치로 요약된다.

$$MOS = \sum_{i=1}^C w_i p_i$$

$$SIGMOS = [ \sum_{i=1}^C w_i^2 p_i - (MOS)^2 ]^{1/2}$$

단, C 설문조사에서 범주의 수 (단, 여기서는 C = 5),

w<sub>i</sub> i번째 범주에 주어진 가중치 (단, i = 1, ..., C),

p<sub>i</sub> i번째 범주를 선택한 비율 (단, i = 1, ..., C).

### 3.2 MOS방법의 문제점 및 대안

MOS 방법은 서비스 이용자가 느끼는 품질을 측정하여 결과를 단일 수치로 요약하기 때문에 상대적 품질을 직접 비교할 수 있다는 점에서 의의가 크며, 현재 통신 서비스에 대한 주관적 품질평가에 널리 사용되고 있는 방법이다. 그러나 MOS 방법은 몇 가지 문제점을 안고 있으며, 본 절에서는 그 문제점을 밝히고 가능한 대안을 제시하고자 한다.

첫째, 각 범주에 부여하는 점수값이 임의적이다. 일반적으로 설문조사에서 5개의 범주로 오피니언 평가를 하는데, 각 범주에 1, 2, 3, 4, 5를 할당할 수도 있고 -3, -1, 0, 1, 3을 할당할 수도 있다. 또한 우리나라에서는 응답자가 대체로 극단적인 평가(매우 나쁘다 혹은 매우 좋다)는 회피하는 경향이 있기 때문에 4점 척도를 사용하기도 한다(이영환 등, 1996). 이와 같이 점수를 다르게 할당하면, MOS 방법의 응용으로 이용자의 평균 만족도와 물리적인 성능변수들간의 관계를 파악하기 위해 회귀식을 추정할 때 회귀식의 계수가 바뀌게 된다. 결과적으로 동일한 품질전략을 만족시키기 위해 오피니언 평가로부터 얻어지는 성능변수들의 목표값이 점수를 어떻게 부여하는가에 따라 달라지게 된다. 이것은 점수법(scoring method)이 갖는 전형적인 문제점이기 때문에, 설문조사에서 얻은 서열범주형 오피니언 데이터를 점수의 할당없이 분석할 수 있는 의미있고 해석이 용이한 통계적 방법을 모색해야 한다.

둘째, 각 범주에 부여하는 명명(label)이 반드시 등거리를 나타내는 것이 아니기 때문에, 각 범주에 연속된 자연수를 할당하고 간단히 산술평균을 구해 얻어지는 MOS값은 타당하지 않다. 실제로 C개의 순서화된 범주로 작성된 설문조사에서 응답자의 평가 행태는 실제로 측정될 수는 없지만, <그림 1>에 보인 것처럼 심리척도상에 잠재하는 연속변수 y'를 도입함으로써 설명할 수 있다. C개의 순서화된 범주에 1에서 C까지의 자연수를 할당한다고 할 때, 각 범주는 연속적인 척도상에서 인접한 간격으로 간주될 수 있다

심리척도상에서 a<sub>i-1</sub> < y' ≤ a<sub>i</sub> 이면 응답자는 범주 y = i를 선택하게 되는 것이다. 그러므로 MOS값은 응답자의 만족도를

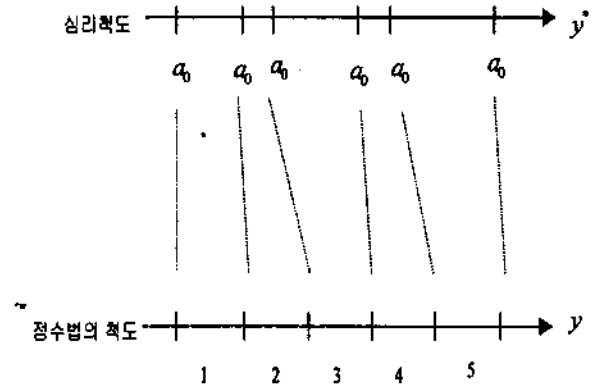


그림 1. 응답자의 심리척도와 오피니언 점수의 관계.

정확하게 반영하는 품질평가치라고 볼 수 없다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 응답자의 평가 행태가 로지스틱 분포(logistic distribution)를 따른다고 가정하여 다음과 같이 유도되는 로짓모형(logit model)을 이용할 수 있다.

F<sub>i</sub> = P(y ≤ i) = P(y' ≤ a<sub>i</sub>) 가 성립하므로 y'가 로지스틱 분포를 따른다고 가정하면

$$F_i = P(y \leq i) = P(y' \leq a_i)$$

$$= P(y' + \beta' x \leq a_i + \beta' x) = \frac{\exp(a_i + \beta' x)}{1 + \exp(a_i + \beta' x)}$$

$$\text{따라서, } \ln \frac{F_i}{1 - F_i} = a_i + \beta' x$$

가 된다(Agresti, 1990). 단, 설명변수들의 벡터 x = (x<sub>1</sub>, ..., x<sub>p-1</sub>)', 파라미터들의 벡터 β = (β<sub>1</sub>, ..., β<sub>p-1</sub>)', ln은 자연로그이다. 이것으로부터 로짓모형의 한가지인 비례 승산 모형(proportional odds model)을 유도하여, 주관적인 점수 할당에 의존하지 않고 이용자의 만족도와 성능변수들과의 관계를 묘사할 수 있게 된다.

셋째, 평균 만족도를 나타내는 MOS는 서비스 이용자가 느끼는 품질과 양의 상관관계를 가질 수는 있으나, 설문조사 결과에 포함된 만족도의 분포에 관한 정보를 제공하지는 못한다. 그런데 서비스 이용자의 주관적인 품질평가 데이터를 분석하여 기술적인 성능변수들의 기준을 설정하고자 할 때, 평균 만족도보다는 만족도의 분포를 고려하는 것이 서비스의 판매에 대한 전략을 수립하는 데 효과적이다. 예를 들어, 특정 서비스의 주요 성능변수 X, Y의 두 가지 결합조건에 대해 이용자들이 <표 1>과 같은 반응을 보이는 경우를 생각해 보자.

각 범주에 1 ~ 5의 점수를 할당하면 두 가지 경우에 대해 MOS는 동일하다. 그러나 만족하는(좋다 또는 매우 좋다) 응답자의 비율은 Y=10일 때 30%에 불과하지만, Y=20이 되면 60%로 매우 높아진다. 따라서 X, Y간의 교호작용이 무시할 만하다면, 서비스 이용자가 느끼는 품질은 Y의 값에 따라 크게 영향을 받으므로, 서비스 제공자는 성능 변수 Y의 목표치를 엄격히 관리하는 것이 서비스 이용자의 구매 행태에 대한 적절한 대응 전략이 될 것이다.

표 1. 성능변수들의 결합조건에 대한 오피니언 데이터

각 범주에 대한 응답자 수							
X	Y	매우 나쁘다	나쁘다	보통이다	좋다	매우 좋다	MOS
32	10	0	5	30	10	5	3.30
	20	10	0	10	25	5	3.30

마지막으로, 특정 서비스에 대한 주관적 품질평가가 오랜 기간에 이루어지는 경우에는 피시험자 집단이 동일하지 않을 수 있다. 이 경우 집단간의 평가 행태, 과거 경험 등의 차이에 의해 데이터의 속성이 달라질 수 있다. 이 문제는 시간과 공간의 차이는 있지만 동일한 조건에서 시험이 이루어졌다는 가정 하에 평균과 표준편차를 일치시키는 표준화 작업을 통해 하나의 데이터베이스로 통합함으로써 해결할 수 있다. 그러나 무엇보다도 시험의 표준화 절차를 통해 가능한 한 많은 요인을 통제함으로써 시험결과의 신뢰성을 높여주는 것이 중요하다.

4. 누적퍼센트곡선에 의한 오피니언 데이터 분석

Cavanaugh 등(Cavanaugh, et al., 1976)은 전화망의 기술적인 성능 변수들이 서비스품질에 미치는 영향을 정량적으로 파악하여, 망 설계시 주요 성능변수들의 기준설정에 지침을 제공하기 위한 일반적 모델을 제안하였다. 본 절에서는 Cavanaugh 등(Cavanaugh, et al., 1976)에 의해 제안된 누적퍼센트곡선에 의한 오피니언 데이터 분석방법을 살펴보고, 예제를 통하여 그 의의와 한계에 대해 정량적인 근거를 마련하고자 한다.

4.1 누적퍼센트곡선의 유도

아래의 <표 2>에 보인 것처럼 서열범주형으로 얻어지는 오피니언 데이터는 MOS 방법을 이용하여 정량화할 수도 있으나, 3.2절에서 논의된 것처럼 서비스 이용자가 기대하는 품질 수준의 서비스를 제공하기 위한 전략을 수립함에 있어 평균 만족도보다는 만족도의 분포를 고려하는 것이 효과적인 방법일 것이다.

누적퍼센트곡선은 이용자의 잠재적인 평가 행태가 심리적 도상에서 정규분포를 따른다는 가정을 바탕으로, 설문조사 결과 얻어진 점수에 대한 히스토그램을 정규분포에 근사시키고, 데이터의 평균과 표준편차를 조정 한 후 해당 서비스 이용자의 만족도 분포를 유도한 것이다. Cavanaugh 등(Cavanaugh, J. R, et al, 1976)에 의해 제안된 누적퍼센트곡선의 유도 절차는 다음과 같다.

표 2. 설문조사로부터 얻어진 오피니언 데이터

설문지 문항의 각 범주에 대한 도수						
결합 조건	매우 나쁘다	나쁘다	보통이다	좋다	매우 좋다	합
1	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{13}$	$n_{14}$	$n_{15}$	$n_{1\cdot}$
2	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{23}$	$n_{24}$	$n_{25}$	$n_{2\cdot}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
G	$n_{G1}$	$n_{G2}$	$n_{G3}$	$n_{G4}$	$n_{G5}$	$n_{G\cdot}$

기호

- G : 고려하는 성능변수들의 결합조건 수
- $n_{gi}$  : g 번째 결합조건에서 i 번째 범주에 응답한 응답자 수 (g = 1, ..., G)
- $n_{g\cdot}$  : g 번째 결합조건에 응답한 총 응답자 수
- $p_{gi}$  : g 번째 결합조건에서 i 번째 범주에 응답한 응답자의 비율
- $\pi_{gi}$  :  $p_{gi}$ 의 참값

절차

단계 0: 다음 식에 의해 각 결합조건에서 오피니언 점수의 평균과 표준편차를 구한다.

$$MOS_g = \sum_{i=1}^5 i p_{gi}$$

$$SIGMOS_g = [ \sum_{i=1}^5 i^2 p_{gi} - (MOS_g)^2 ]^{1/2}$$

단계 1: (1) 각 결합조건에서 오피니언 데이터의 분포를  $N(\mu_g, \sigma_g^2)$ 으로 가정하면,  $\pi_{gi}$ 를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\pi_{g1} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(1+0.5-\mu_g)/\sigma_g} \exp(-\frac{t^2}{2}) dt$$

$$\pi_{gi} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{(i-0.5-\mu_g)/\sigma_g}^{(i+0.5-\mu_g)/\sigma_g} \exp(-\frac{t^2}{2}) dt$$

$$i = 2, 3, 4$$

$$\pi_{g5} = 1 - \pi_{g1} - \pi_{g2} - \pi_{g3} - \pi_{g4}$$

(2) 단계 1(1)의  $\pi_{gi}$ 를 이용하여  $MOS_g^0$  (pseudo MOS)와  $SIGMOS_g^0$  (pseudo SIGMOS)를 계산한다. 이때,  $MOS_g^0$ 와  $SIGMOS_g^0$ 는  $\mu_g$ 와  $\sigma_g$ 에 관한 식으로 표현된다.

$$MOS_g^0 = \sum_{i=1}^5 i \pi_{gi}$$

$$= 5 - \sum_{i=1}^4 \left[ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(i+0.5-\mu_g)/\sigma_g} \exp(-\frac{t^2}{2}) dt \right]$$

$$SIGMOS_g^0 = [ \sum_{i=1}^5 i^2 \pi_{gi} - (MOS_g^0)^2 ]^{1/2}$$

$$= \left[ 25 - \sum_{i=1}^4 \left\{ \frac{2i+1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(i+0.5-\mu_g)/\sigma_g} \exp(-\frac{t^2}{2}) dt \right\} - (MOS_g^0)^2 \right]^{1/2}$$

$MOS_g = MOS_g^0$  와  $SIGMOS_g = SIGMOS_g^0$  를 만족시키는  $\mu_g$  와  $\sigma_g$  를 구한다.

단계 2: 단계 1(3)에서 구한  $\sigma_g (g = 1, \dots, G)$  를 가중평균한 통합표준편차 (pooled standard deviation),  $\sigma^0$  를 구한다.

$$\sigma^0 = \frac{\sum_{g=1}^G weight_g \cdot \sigma_g}{\sum_{g=1}^G weight_g}$$

$$\text{단, } weight_g = n_g \times \left[ \frac{1}{1 + (\mu_g - 3)^2 / 3} \right]^2$$

단계 3: 단계 2에서 구한  $\sigma^0$  를 식 (2)의  $\sigma_g$  에 대입한 후,  $MOS_g = MOS_g^0$  를 만족하는 조정평균(fit mean),  $\mu_g^0 (g = 1, \dots, G)$  를 구한다.

단계 4: (1) 단계 2에서 구한  $\sigma^0$  를 식 (1)에 대입한 후, 조정평균을 가로축으로 하고 누적퍼센트를 세로축으로 하는 누적퍼센트곡선을 그린다.

(2) 각 결합조건에서의 성능변수값들과 단계 3에서 계산된 조정평균값들  $\mu_g^0 (g = 1, \dots, G)$  를 가지고, 조정평균과 성능변수들간의 관계를 나타내는 회귀식을 최소제곱법에 의해 추정한다.

#### 4.2 누적퍼센트곡선의 이용 및 문제점

누적퍼센트곡선은 서비스품질의 예측과 설계연구에 대한 지침을 제공할 수 있는 체계적인 절차를 마련해 주었다는 점에서 의의를 찾을 수 있다.

먼저 서비스품질에 영향을 미치는 주어진 성능변수들이 특정한 상태일 때 서비스 이용자들이 느끼는 만족도의 분포를 예측할 수 있다. 예를 들어, 단계 4(2)에서 추정된 회귀식으로부터 성능변수들의 어떤 값들에 대해 만족도의 조정평균값을 추정할 수 있으며, 추정된 조정평균값과 누적퍼센트곡선이 만나는 점에서 세로축의 누적퍼센트를 읽으면 '매우 좋다', '좋다', '보통이다', '나쁘다', '매우 나쁘다'로 평가할 확률을 얻게 된다.

다음으로 동일한 서비스를 제공하는 경쟁사의 만족도 평가 결과를 고려하여 자사 전략을 수립하였을 때, 이를 달성하기 위해 성능변수들의 목표값을 설정하는 데 필요한 지침을 제공할 수 있다. 예를 들어, 이동전화서비스의 통화품질에 관한 설문조사에서 다음과 같은 결과를 얻었다고 가정하자.

<표 3>에서 A사가 제공하는 서비스가 가장 높은 만족도를 보이고 있기 때문에, A사에 비해 경쟁력을 가지기 위해서는 이용자의 85%가 '보통이다' 이상으로 평가하도록 해야 한다. 이처럼 회사는 구매율에 직접적인 영향을 줄 소비자의 만족도를 반영하는 전략을 세워서 이를 통신망 설계에 반영할 수 있어야 한다. 누적퍼센트곡선은 이러한 목적을 달성할 수 있는 한 가지 방법이다. 85%가 '보통이다' 이상이라는 것은 15%가 '나쁘다' 이하라는 것이다. 그러므로 누적퍼센트곡선의 세로

표 3. 주어진 서비스에 대한 오피니언 데이터

설문지 문항의 각 범주에 대한 도수						
사업자	매우 나쁘다	나쁘다	보통이다	좋다	매우 좋다	MOS
A사	0	15	30	20	35	3.75
B사	10	25	40	10	15	2.95
자사	10	20	30	15	25	3.25

축에서 15%에 해당하는 누적퍼센트로부터 '나쁘다' 이하의 누적퍼센트곡선과 만나는 조정평균값을 얻을 수 있다. 이 값을 단계 4(2)의 회귀추정식에 대입한 후 등고선(contour)을 그리면, 성능변수들의 목표값 설정을 위한 지침으로 이용할 수 있다.

그러나 누적퍼센트곡선은 각 범주에 점수를 임의로 할당하고 있기 때문에, 1, 2, 3, 4, 5가 아니라 -3, -1, 0, 1, 3을 부여하면 단계 4(2)에서의 추정식 계수가 변하게 되고 회사의 동일한 전략을 만족시키도록 유도된 등고선도 달라지게 되는 문제점이 여전히 남아 있다.

#### 4.3 예 제

본 절에서는 Cavanaugh 등(Cavanaugh, et al., 1976)이 누적퍼센트곡선 방법의 제안시에 사용했던 전송품질 시험 상황, 시험 결과 수집된 오피니언 데이터 및 분석결과 등을 소개한다. 그리고 제안된 방법의 정밀도를 정량적으로 분석해 보고자 한다.

##### 4.3.1 자료 수집

Bell 연구소에서는 전화망의 전송품질에 영향을 미치는 주요 성능변수들인 소리크기 손실(loudness loss)과 회선잡음(circuit noise)이 이용자의 주관적인 만족도에 미치는 영향을 분석하기 위해 <표 4>와 같은 전송품질 시험을 실시하였다. 이 시험에서 현장평가의 장점을 유지하면서 성능변수들의 조정을 용이하게 하기 위해, 2절에서 예로 들었던 통화품질 조절장치 SIBYL이 사용되어졌으며, 피시험자들은 성능변수들의 주어진 결합조건에서 '매우 나쁘다', '나쁘다', '보통이다', '좋다', '매우 좋다' 중 하나를 선택함으로써 서비스 품질에 대한 느낌을 평가하였다. 이때 결합조건마다 오피니언 데이터가 독립적으로 수집될 수 있도록 피시험자에게 정상 사용조건을 자주 제시함으로써, 시험이 진행됨에 따라 실제 이용자가 느끼는 만족도와 무관하게 오피니언 점수가 높아지는 것을 막도록 했다. 시험 결과 수집된 오피니언 데이터는 <표 5>와 같다.

##### 4.3.2 누적퍼센트곡선 및 회귀식의 유도

표준편차가  $\sigma^0$  이고, 평균이  $\mu^0$  인 누적정규분포함수,  $F\left(\frac{1.5 - \mu^0}{\sigma^0}\right)$ ,  $F\left(\frac{2.5 - \mu^0}{\sigma^0}\right)$ ,  $F\left(\frac{3.5 - \mu^0}{\sigma^0}\right)$ ,  $F\left(\frac{4.5 - \mu^0}{\sigma^0}\right)$  로부

표 4. Bell 연구소에서 수행된 전송품질 시험

조건		HO2 test
시험명		SIBYL
시험방법		SIBYL
시험년도		1972
피시험자 수		74명
주요 성능변수들		소리크기 손실, 회선잡음
시험조건 수		12가지
기타 조건	측음로의 소리크기 손실	12dB ( ± 2dB)
	실내소음	12dB(A) ( ± 2dB)

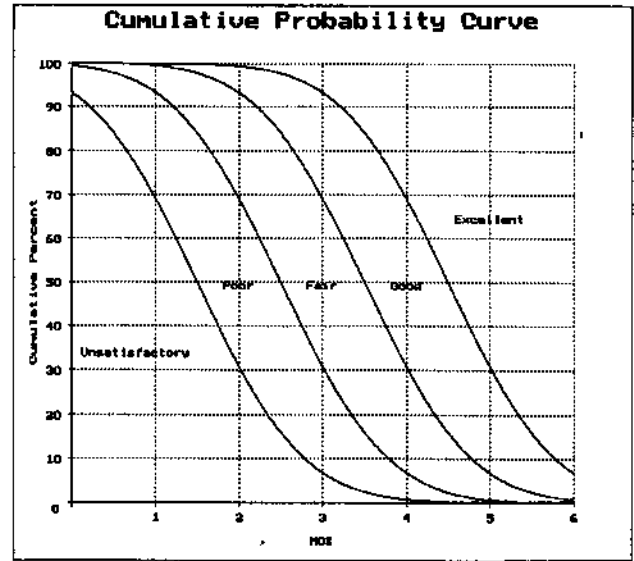


그림 2. HO2데이터의 누적퍼센트곡선.

터  $\mu^0$ 를 가로축으로 하고 누적퍼센트를 세로축으로 하는 4개의 누적퍼센트곡선을 그릴 수 있다. 여기서,  $\mu^0$ 는 4.1점의 누적퍼센트곡선의 유도 절차의 단계 2에서 구해진 통합표준편차이며,  $\mu^0$  값은 0~6 사이에서 조금씩 증가시키면서 그 값을 취하도록 한다. 본 연구를 위해 개발된 오피니언 데이터 분석 프로그램을 이용하여 출력된 누적퍼센트곡선은 <그림 2>와 같다.

이 그림으로부터 어떤 MOS값이 주어지면 그에 해당하는 각 범주의 확률값을 추정할 수 있게 된다. 예를 들어, HO2 손실/잡음 오피니언 데이터로부터 얻어진 <그림 2>의 누적퍼센트곡선으로부터, 특정 손실/잡음 조건에서 MOS값이 3.32이면 해당 서비스 이용자의 3.39%가 '매우 나쁘다', 17.08%가 '나쁘다', 36.52%가 '보통이다', 31.05%가 '좋다', 11.96%가 '매우 좋

다'라고 느끼고 있다는 것을 추론할 수 있다. 만일 MOS값에만 의존한다면 3.32라는 값은 서비스품질에 대해 단지 보통보다 조금 높다고 말할 수 있을 뿐이다. 그런데 누적퍼센트곡선을 이용함으로써 MOS값을 보다 의미있게 해석할 수 있게 된다.

누적퍼센트곡선에 의한 분석절차의 단계 4(2)에서는 서비스 이용자의 만족도와 서비스 품질에 영향을 미치는 성능변수들 간의 관계를 회귀식을 사용하여 추정하게 된다. Cavanaugh 등 (Cavanaugh, et al., 1976)에 성능변수들 (즉, 소리크기 손실과 회선잡음)과 단계 3에서 구한 조정평균  $\mu_0^0$  간의 관계를 추정한 회귀식 결과가 주어져 있다. 그러나 회귀추정식의 정밀도가 보장되지 않았기 때문에, 본 논문에서는 회귀식을 다시 추정하였다. 회귀식은 전문가의 지식과 경험을 근거로 만들어져 Cavanaugh 등(Cavanaugh, et al., 1976)에 제시되어 있는 함수식을

표 5. 1972년 HO2 SIBYL 시험결과

결합조건		설문지 문항의 각 범주의 도수					합
잡음	손실	매우 나쁘다	나쁘다	보통이다	좋다	매우 좋다	
25	5	2	0	13	35	49	99
25	10	7	13	105	418	486	1029
25	20	1	9	20	13	7	50
25	30	16	22	20	2	2	62
32	5	0	4	22	25	19	70
32	10	1	4	19	23	11	58
32	20	4	22	31	4	3	64
32	30	12	27	8	4	1	52
42	5	4	18	19	6	6	53
42	10	7	24	32	17	17	97
42	20	11	19	9	5	2	46
42	30	3	0	1	0	0	4

사용하였다. 상용 통계 패키지인 SAS의 NLIN 절차를 이용하여 추정된 회귀식은 다음의 식 (3)과 같다.

$$\mu_{HO2} = 6.9964 - 0.1475L - 6.7685I - 0.0982N + 0.001492L \cdot N \quad (3)$$

$$\sigma = 0.999$$

단,  $L$  = 소리크기 손실(loudness loss),

$N$  = 회선잡음(circuit noise)

식 (3)과 같이 유도된 회귀식의 의미를 생각해 보면, 소리크기 손실은 서비스 이용자가 최적으로 느끼는 값이 존재하여, 그 값보다 커지면 소리가 너무 커서 불편함을 느끼게 되고 그 값보다 작아지면 통화하는 데 노력이 소요되어 MOS값이 감소함을 알 수 있다. 또한 회선잡음은 이용자의 평가에 대한 역효과를 포함하고 있다.

#### 4.3.3 누적퍼센트곡선 방법의 정밀도 및 문제점 예증

위에서 오피니언 데이터를 이용하여 누적퍼센트곡선을 유도하는 과정과 그 유용성에 대해 설명하였다. 그러나 무엇보다도 설문조사 결과에 대한 예측력이 보장되어야 한다. 정밀도를 나타내는 척도를 다음의 식 (4)와 같이 정의한다.

$$\text{평균오차(mean error)} = \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^5 \frac{|p_{ij} - \hat{\pi}_{ij}|}{G \times 5} \quad (4)$$

단,  $p_{ij}$ 는 설문조사 결과 각 범주에 응답한 응답자의 비율이고,  $\hat{\pi}_{ij}$ 는 해당 결합조건에 대해 조정평균  $\mu_{ij}^*$ 와 통합표준편차  $\sigma$ 로부터 계산된 추정치이다. <표 5>의 오피니언 데이터에 대해 평균오차를 계산해 보면 <표 6>에 나타난 것처럼 대체로 만족할 만하다.

표 6. 누적퍼센트곡선 방법의 정밀도

평균오차	4.7153 %
오차의 최소값	0.0744 %
오차의 최대값	31.0598 %

누적퍼센트곡선은 설문조사에 의한 주관적인 의견을 단순히 산술평균에 의해 계량화시키는 고전적인 MOS 방법보다는 타당한 방법이며, 적절한 정밀도를 유지하고 있다. 그러나 각 범주에 주관적으로 점수를 부여한다는 점에서 MOS 방법과 마찬가지로의 문제점을 여전히 안고 있다. 즉, 점수척도를 달리할 경우, 동일한 설문조사 결과를 가지고 4.1절의 절차를 따라서 누적퍼센트곡선을 유도하더라도 성능변수들의 어떤 결합조건에 대해 추정되는 만족도의 분포가 달라지게 된다.

예를 들어, <표 5>의 오피니언 데이터에 대해서 각 범주의 점수를 1, 2, 3, 4, 5로 할당할 경우에,  $L=5$ ,  $N=42$ 일 때, 4.1절

의 단계 3으로부터 계산된 조정평균은 2.843이고, <그림 2>로부터 이용자의 8.95%가 '매우 나쁘다', 27.62%가 '나쁘다', 37.88%가 '보통이다', 20.68%가 '좋다', 4.87%가 '매우 좋다'라고 평가하는 결과를 얻는다. 반면에 -3, -1, 0, 1, 3을 할당하게 되면,  $L=5$ ,  $N=42$ 일 때, 4.1절의 단계 3으로부터 계산된 조정평균은 0.0057이 되고, <그림 2>와 유사하게 유도된 누적퍼센트곡선으로부터 7.14%가 '매우 나쁘다', 28.45%가 '나쁘다', 28.51%가 '보통이다', 28.64%가 '좋다', 7.26%가 '매우 좋다'라고 평가하는 다른 결과를 얻게 된다. 또한, 각 범주의 점수를 1, 2, 3, 4, 5로 할당할 경우에, 4.1절의 단계 4(2)에서 추정된 이용자 만족도와 성능변수들간의 회귀식은 식(3)과 같다. 반면에 -3, -1, 0, 1, 3을 할당하게 되면 추정된 회귀식은 다음 식과 같다.

$$\mu_{HO2} = 4.9992 - 0.1672L - 7.0687I - 0.1161N + 0.001082L \cdot N$$

$$\sigma = 1.369$$

이와 같이 각 범주에 할당되는 점수의 척도가 달라지면 이용자 만족도와 성능변수들간의 추정된 회귀식 계수가 변하게 되어, 이용자 만족도에 대해 동일한 전략을 달성하도록 유도된 등고선도 서로 달라지게 된다. 그리고, -3, -1, 0, 1, 3을 할당했을 때의 평균오차는 5.6373%로 1, 2, 3, 4, 5를 할당한 경우의 4.7153% (<표 6> 참조)보다 약간 증가하였다.

결론적으로 누적퍼센트곡선 방법은 주관적인 점수할당에 의한 문제점을 완전히 극복할 수는 없다. 다만 1, 2, 3, 4, 5 대신에 0, 1, 2, 3, 4와 같이 등거리 명명을 하는 경우에 대해 누적퍼센트곡선 방법은 일관성을 가질 수 있다. 즉, 각 범주에 연속된 자연수를 할당하기만 하면, 다른 점수 척도를 도입하더라도 각 조건에서의 이용자의 오피니언 평가를 대표하는 정규분포가 단지 좌우로 이동할 뿐이기 때문에 만족도의 분포에 해당하는 누적퍼센트곡선은 동일한 결합조건에 대해 일관성 있는 결론을 제공하게 된다.

#### 4.4 누적퍼센트곡선 방법의 대안

4.2절에서 논의되고, 4.3.3절에서 예증된 바와 같이, 누적퍼센트곡선 방법은 설문 문항의 각 범주에 주관적으로 부여되는 점수척도가 달라지면 어떤 주어진 성능변수들의 상태에서 만족도 분포를 추정한 결과가 달라지게 되며, 또한 이용자 만족도에 대한 회사의 동일한 전략을 달성하기 위해 설정된 성능변수들의 목표치에 대한 일관성이 보장되지 않는다.

반응변수가 서열범주형 데이터일 경우, 이를 분석하기 위한 통계적 방법으로서 로짓모형이 자주 사용된다. 로짓모형에 의한 분석과정에는 각 범주에 점수를 부여할 필요가 없기 때문에, 누적퍼센트곡선 방법에 의해 오피니언 데이터를 분석할 경우에 주관적인 점수 할당에 의해 발생하는 한계점을 극복할 수 있다. 본 절에서는 통신 서비스 이용자가 느끼는 주관적인 만족도와 망에서 측정가능한 성능변수들 사이의 관계를 정량

적으로 파악하기 위한 누적퍼센트곡선 방법의 대안으로 로짓 모형을 이용한 분석방법을 제안하고, 분석절차와 분석결과의 활용 방법에 대해 개략적으로 설명한다.

4.4.1 로짓모형(Logit Model)

로짓모형은 누적로짓모형(CLM, Cumulative Logit Model)과 일반로짓모형(GLM, Generalized Logit Model)으로 대별된다. 누적로짓모형은 모수를 추정하기 위해 가중최소자승법(WLS, Weighted Least Squares method)을 사용하는 일반 누적로짓모형과 최우추정법(MLE, Maximum Likelihood Estimation method)을 사용하는 비례승산모형(POM, Proportional Odds Model)으로 나뉘어지며, 일반로짓모형의 모수도 가중최소자승법이나 최우추정법에 의해 추정 가능하다(Agresti, 1990; SAS/STAT User's Guide).

일반 누적로짓모형의 반응함수는 식 (5)와 같으며,  $L_r(p_g)$  =  $\beta_r \cdot x_g$  에 의해 설명변수들과의 관계를 모델링하는데, 이것을 풀어 쓰면 식 (6)과 같다.

$$L_r(p_g) = \ln \frac{1 - F_{gr}}{F_{gr}},$$

$$r = 1, \dots, C-1; g = 1, \dots, G \quad (5)$$

$$L_1(p_g) = \ln \left( \frac{p_{g2} + \dots + p_{gC}}{p_{g1}} \right)$$

$$= \ln \left( \frac{1 - F_{g1}}{F_{g1}} \right) = \beta_{01} + \beta_{11}x_{g1} + \beta_{21}x_{g2} + \dots + \beta_{p-1,1}x_{g,p-1} + \epsilon_{g1}$$

$$L_2(p_g) = \ln \left( \frac{p_{g3} + \dots + p_{gC}}{p_{g1} + p_{g2}} \right)$$

$$= \ln \left( \frac{1 - F_{g2}}{F_{g2}} \right)$$

$$= \beta_{02} + \beta_{12}x_{g1} + \beta_{22}x_{g2} + \dots + \beta_{p-1,2}x_{g,p-1} + \epsilon_{g2}$$

$$\vdots$$

$$L_{C-1}(p_g) = \ln \left( \frac{p_{gC}}{p_{g1} + \dots + p_{g,C-1}} \right) = \ln \left( \frac{1 - F_{g,C-1}}{F_{g,C-1}} \right)$$

$$= \beta_{0,C-1} + \beta_{1,C-1}x_{g1} + \beta_{2,C-1}x_{g2} + \dots + \beta_{p-1,C-1}x_{g,p-1} + \epsilon_{g,C-1} \quad (6)$$

- 단,
- C 설문조사에서 범주의 수
  - G 고려하는 성능변수들의 결합조건 수
  - $L_r(p_g)$   $g$  번째 결합조건에 대한 로짓
  - $n_{gi}$   $g$  번째 결합조건에서  $i$  번째 범주에 응답한 이용자의 수 ( $g = 1, \dots, G$ )
  - $n_g$   $g$  번째 결합조건에 응답한 총 이용자의 수
  - $p_{gi}$   $g$  번째 결합조건에서  $i$  번째 범주에 응답한 이용자의 비율 ( $i = 1, \dots, C$ )
  - $F_{gr}$   $g$  번째 결합조건에서  $r$  번째 범주 이하로 응답한 이용자의 비율 ( $= \sum_{i=1}^r n_{gi} / n_g$ )

$$p_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gC})'$$

$x_{gi}$   $g$  번째 결합조건에서 성능변수들의 실측값 ( $i = 1, \dots, p-1$ )

식 (6)은 SAS의 CATMOD 절차를 이용하여 분석할 수 있으며, 모수의 가중최소자승법 추정치 제공, 모형의 유의성 검정 및 모형에 있는 각 독립변수의 유의성 검정 등이 가능하다(9).

비례승산모형의 반응함수는 식 (5)와 동일하며, 이것을 풀어 쓰면 식 (7)과 같다.

$$L_1(p_g) = \ln \left( \frac{p_{g1}}{p_{g2} + \dots + p_{gC}} \right) = \ln \left( \frac{F_{g1}}{1 - F_{g1}} \right)$$

$$= \alpha_1 + \beta_{11}x_{g1} + \beta_{21}x_{g2} + \dots + \beta_{p-1,1}x_{g,p-1} + \epsilon_{g1}$$

$$L_2(p_g) = \ln \left( \frac{p_{g1} + p_{g2}}{p_{g3} + \dots + p_{gC}} \right) = \ln \left( \frac{F_{g2}}{1 - F_{g2}} \right)$$

$$= \alpha_2 + \beta_{12}x_{g1} + \beta_{22}x_{g2} + \dots + \beta_{p-1,2}x_{g,p-1} + \epsilon_{g2}$$

$$\vdots$$

$$L_{C-1}(p_g) = \ln \left( \frac{p_{g1} + \dots + p_{g,C-1}}{p_{gC}} \right) = \ln \left( \frac{F_{g,C-1}}{1 - F_{g,C-1}} \right)$$

$$= \alpha_{C-1} + \beta_{1,C-1}x_{g1} + \beta_{2,C-1}x_{g2} + \dots + \beta_{p-1,C-1}x_{g,p-1} + \epsilon_{g,C-1} \quad (7)$$

단, 기호에 대한 설명은 식 (5) 및 식 (6)과 같다. 식 (7)에서 처럼 비례승산모형은 (C-1) 개의 식에서 각 독립변수 앞의 계수가 같다는 것을 전제로 하고 있으며, 이것을 '평행선 가정'이라고 한다. 식 (7)은 SAS의 LOGISTIC 절차를 이용하여 분석할 수 있으며, 모수의 최우추정법 추정치 제공, 평행선 가정 검정, 모형의 유의성 검정, 모형에 있지 않은 각 독립변수 및 모형에 있는 각 독립변수의 유의성 검정 등이 가능하다(SAS/STAT User's Guide).

일반로짓모형의 반응함수는 식 (8)과 같으며,  $L_r(p_g)$  =  $\beta_r \cdot x_g$  에 의해 설명변수들과의 관계를 모델링하는데, 이것을 풀어 쓰면 식(9)와 같다.

$$L_r(p_g) = \ln \frac{p_{gr}}{p_{gC}},$$

$$r = 1, \dots, C-1; g = 1, \dots, G \quad (8)$$

$$L_1(p_g) = \ln \left( \frac{p_{g1}}{p_{gC}} \right)$$

$$= \beta_{01} + \beta_{11}x_{g1} + \beta_{21}x_{g2} + \dots + \beta_{p-1,1}x_{g,p-1} + \epsilon_{g1}$$

$$L_2(p_g) = \ln \left( \frac{p_{g2}}{p_{gC}} \right)$$

$$= \beta_{02} + \beta_{12}x_{g1} + \beta_{22}x_{g2} + \dots + \beta_{p-1,2}x_{g,p-1} + \epsilon_{g2}$$

$$\vdots$$

$$L_{C-1}(p_g) = \ln \left( \frac{p_{g,C-1}}{p_{gC}} \right)$$

$$= \beta_{0,C-1} + \beta_{1,C-1}x_{g1} + \beta_{2,C-1}x_{g2} + \dots + \beta_{p-1,C-1}x_{g,p-1} + \epsilon_{g,C-1} \quad (9)$$

식 (9)는 SAS의 CATMOD 절차를 이용하여 분석할 수 있으며, 모수의 가중최소자승법과 최우추정법 추정치 제공, 모형의 유



의성 검정 및 모형에 있는 각 독립변수의 유의성 검정 등이 가능하다(SAS/STAT User's Guide).

위에서 설명한 로짓모형들의 특성을 정리해 보면 다음과 같다. 첫째, 누적로짓모형이나 일반로짓모형에서 가중최소자승법에 의해 모수를 추정할 때, 오피니언 데이터에서 도수(즉, 응답자의 수)가 0인 셀이 있을 경우, 로짓모형의 반응함수가  $\pm\infty$ 로 발산하여 모수 추정치가 매우 부정확해지며, 또한 공분산행렬의 추정치가 비정칙행렬이 되는 문제를 야기한다. 이러한 경우에 SAS의 CATMOD 절차는 0의 도수 대신에 임의로 0.5를 대입하여 분석을 수행하지만, 총 도수가 작은 경우에는 모수 추정치가 여전히 부정확하다. 따라서 누적로짓모형이나 일반로짓모형에서 가중최소자승법보다는 최우추정법을 사용하여 모수를 추정하는 것이 정밀도 관점에서 더 우수하다. 다만, 각 셀의 기대도수가 크면 두 방법의 정밀도는 비슷하다. 둘째, 최우추정법을 사용하는 비례승산모형은 추정의 정밀도 관점에서는 적절하지만, '평행선(parallel line) 가정'을 만족할 경우에 사용할 수 있다. 그런데 평행선 가정의 만족은 일반적으로 보장되지 못하는 단점이 있다. 셋째, 누적로짓모형과 일반로짓모형은 반응함수의 형태가 다르다. 그런데 유도된 모형으로부터 성능변수와 이용자 만족도의 관계를 직접 해석하기 위해서는 일반로짓모형보다는 누적로짓모형이 편리할 수 있다. 가령, 이용자의 50%가 범주 3이상으로 평가할 확률을 파악하고자 할 경우, 누적로짓모형은 하나의 식만으로 분석할 수 있으나, 일반로짓모형은 (C-1)개(C는 설문조사에서 범주의 수)의 식으로 부터 복잡하게 유도해야 하며, 성능변수와 이용자 만족도의 관계를 파악하기 위해서는 등고선을 그리는 등의 추가 작업이 요구된다.

요약하면, 로짓모형들은 각각의 장단점을 가지고 있으므로, 분석목적에 부합되는 모형을 선택하는 것이 결과의 신뢰도 및 응용성에 매우 중요한 것이다. 위에서의 논의에 근거하여 볼 때, 가중최소자승법을 사용하는 일반 누적로짓모형과 최우추정법을 사용하는 일반로짓모형이 다양한 형태의 오피니언 데이터에 대해 무리없이 이용될 수 있을 것이다.

#### 4.4.2 로짓모형을 이용한 분석 절차

단계 1: 분석의 목적에 부합되는 로짓함수의 형태를 고려하여 누적로짓모형으로 분석할 것인지, 일반로짓모형으로 분석할 것인지 결정한다. 누적로짓모형으로 분석할 경우, 평행선 가정을 만족시키면 비례승산모형을 채택하고 그렇지 않으면 일반 누적로짓모형을 채택한다.

단계 2: (1) 비례승산모형의 경우는 SAS의 LOGISTIC 절차가 제공하는 변수 선택 방법인 Backward 변수 선택 알고리즘을 수행하여 최종 모형을 유도할 수 있다. 그러나 유도된 최종 모형이 성능변수들의 주 효과를 포함하지 않는다면, 그 모형은 고려하지 않기로 한다. 그리고 단계 2(2)의 방법에 따라 수동 변수 선택을 수행한다.

(2) 일반 누적로짓모형과 일반로짓모형의 경우는 SAS가 변

수 선택을 지원하지는 않지만, SAS가 제공하는 각 변수의 유의성에 대한 검정통계량을 이용하여 수동 변수선택을 수행한다. 변수 선택 과정에서 먼저 성능변수들의 1차 교호작용, 2차 효과의 제거를 고려하며, 주 효과가 제거된 모형은 고려하지 않기로 한다.

단계 3: 유도된 최종모형의 이용자 만족도에 대한 예측력을 확인한다.

#### 4.4.3 로짓모형의 활용

통신 서비스품질의 평가를 위해 수집된 오피니언 데이터를 4.4.2절에서 제시한 절차에 따라 로짓모형으로 분석함으로써 얻은 결과는 다음과 같이 이용할 수 있다. 먼저, 성능변수들의 현재 조건에서 이용자가 '매우 나쁘다', '나쁘다', '보통이다', '좋다', '매우 좋다'라고 평가할 확률을 예측할 수 있다. 이것으로부터 자사의 서비스품질 수준이 이용자의 기대에 부응하고 있는지에 대한 정보를 얻을 수 있다. 만일 측정된 서비스품질에 문제가 있다면 성능변수들의 목표치를 상향 조정하고, 통신망의 유지보수 및 관리 활동에 의해 목표치를 만족시키도록 한다. 또한, 동일 서비스를 제공하는 경쟁사와의 만족도 비교 결과로부터 자사의 서비스품질의 수준을 파악하고, 경쟁력을 갖기 위해 도달해야 할 이용자의 만족도 수준에 대한 전략이 세워졌다고 하자. 이때 유도된 로짓모형으로부터 이용자의 주관적인 만족도와 망에서 물리적으로 측정가능한 성능변수들의 관계를 파악할 수 있기 때문에, 회사의 전략을 고려한 적절한 성능변수들의 목표치를 설정하는 데 유용하게 이용될 수 있다. 그런데 성능변수들의 조정에 요구되는 노력이나 비용이 다를 수 있으므로, 유도된 로짓모형으로부터 다양한 이용자 만족도 수준에서 등고선을 그려 봄으로써 성능변수들간의 상호 관계를 파악할 수 있다. 그리고 이러한 성능변수들의 관계는 망설계 연구를 위한 자료로 활용될 수 있다.

## 5. 결 론

통신망에 대한 주관적인 서비스 품질을 측정하기 위해 설문조사에 의한 응답자의 주관적인 평가를 5점 척도를 사용하여 계량화한 후 평균 오피니언 점수(MOS)를 이용할 수 있다. 이러한 MOS 방법은 서비스 이용자가 느끼는 주관적인 품질을 단일 수치로 요약하기 때문에 상대적 품질을 직접 비교할 수 있다는 점에서 의미가 있다. 그러나 분석과정 중 각 범주에 대한 주관적인 점수 할당에서 파생된 문제점을 안고 있으며, 분석결과가 평균만족도의 형태로 제공되므로 오피니언 데이터에 포함된 만족도 분포에 관한 정보를 제공하지는 못한다.

누적퍼센트곡선은 응답자의 잠재적인 평가행태가 심리척도상에서 정규분포를 따른다는 가정을 바탕으로, 설문조사 결과 얻어진 데이터의 평균과 표준편차를 조정된 후 해당 서비

스 이용자의 만족도 분포를 유도한 것이다. 그러므로 누적퍼센트곡선에 의한 분석은 MOS 방법보다 한 차원 발전된 분석 방법이라고 할 수 있다. 그러나 주관적으로 할당된 오피니언 점수를 매개로 한다는 점에서 여전히 문제점을 안고 있다.

본 논문에서는 누적퍼센트곡선 방법의 대안으로서, 설문조사에서 얻은 서열범주형 오피니언 데이터를 점수의 할당 없이 분석할 수 있는 통계적 분석방법인 로짓모형을 이용한 분석 방법을 제안하고 그 절차를 개략적으로 기술하였다. 또한 분석 결과의 활용방법을 살펴보았다. 앞으로 필요한 연구과제는 로짓모형을 이용한 체계적인 분석 절차의 확립과, 누적퍼센트곡선 방법과 로짓모형에 의한 이용자 만족도에 대한 예측력 비교 등이다.

참고문헌

김정환, 강성훈(1990), 음성품질 주관평가법의 표준화에 관한 고찰, 전자통신동향분석, 5(2), 137~151.  
 Kawahara, H., Osaka, N., and Isobe, S.(1981), Assessment system for service quality, *Review of the Electrical Communication Laboratories*, 29(9), 907~924.  
 Salza, P. L., Foti, E., and Oreglia, M.(1996), MOS and Pair Comparison Combined Methods for Quality Evaluation of Text-to-Speech Systems, *ACUSTICA*, 1. 82, 650~656.  
 Supplement No.3 to Recommendation P.11 : CCITT Models for Predicting Transmission Quality from Objective Measurements, V.  
 CCITT Recommendation P.77 : Methods for evaluation of service from the standpoint of speech transmission quality, *Yellow Book*, V, Geneva 1980.  
 Cavanaugh, J. R., Hatch, R. W., and Sullivan, J. L(1976), Models for the subjective effects of loss, noise, and talker echo on telephone connections, *The Bell System Technical Journal*, 55(9), 1319~1371.  
 이영환, 권세혁(1996), 통신에 있어서 서비스품질 측정방법, 전자공학논문지, 33(10), 28~32.  
 Agresti, A.(1990), *Categorical Data Analysis*, Wiley, New York.  
 SAS/STAT User's Guide, Version 6, 4th ed., Vol. 1-2, SAS Institute, Cary, North Carolina.



**안혜숙**  
 한국과학기술원 산업공학과 학사  
 한국과학기술원 산업공학과 석사  
 현재: 삼성 SDS ERP 사업팀  
 관심 분야: 통신서비스 품질, Telecommunications Customer Relationship Management 등



**염봉진**  
 서울대 전자공학과 학사  
 Oregon 주립대 산업공학과 석사  
 Ohio 주립대 산업공학과 박사  
 1984년 Texas Tech Univ 조교수  
 1996년 대한 산업공학회 부회장  
 현재: 한국과학기술원 산업공학과 정교수  
 관심 분야: 품질공학, 신뢰성공학, 통신시스템 품질설계



**조재균**  
 연세대 응용통계학과 학사  
 한국과학기술원 산업공학과 석사  
 한국과학기술원 산업공학과 박사  
 1998년 한국전자통신연구원 선임연구원  
 현재: 동의대 경영정보학과 전임강사  
 관심 분야: 통신서비스 품질, 통신시스템 구성요소의 중요도 평가 등