

회귀변수선택절차를 이용한 인터넷통신 네트워크 품질특성과 고객만족도와의 관계 실증분석 Empirical analysis of relationship between Internet communication network quality characteristics and customer satisfaction using regression variable selection procedures

박성민¹
Sungmin Park

박영준²
Youngjoon Park

¹천안대학교 경상학부/²한국전자통신연구원 통신경영연구팀

¹Department of Business Administration, Cheonan University/²Telecommunication Management Research Team, ETRI

Abstract

Customer satisfaction becomes one of the important managerial concerns associated with corporate competency in current competitive environment for Internet communication service companies. Hence, it is demanding to improve a company's customer satisfaction through the total quality management perspective. In practice, engineers as well as the management hope to find major quality characteristics with Internet communication network that is closely related to customer satisfaction, consequently aiming to the raise of their company's customer satisfaction. This paper presents an empirical relationship analysis between network quality characteristics and customer satisfaction on Internet communication. Methodologically, the relationship analysis framework is based on the regression variable selection procedures. In this framework, it is implemented that; 1) iterative model building; and 2) consistent criteria application to statistical tests for selecting significant variables. A case study shows that; 1) the customer satisfaction on the network connection seems to be more closely related to the network quality characteristics compared with the customer satisfaction on the network speed; and 2) the download disconnection rate has relatively evident relationship with the customer satisfaction on the network connection.

1. 서론

1.1 연구배경

최근 인터넷통신 업체사이의 경쟁이 가속화되는 상황에서, 정기적인 설문조사 등을 통해 정량화되는 고객만족도(customer satisfaction, CS)는, 기업의 핵심 경영성과지표중 하나로서 관리되고 있다. 기업이, 고객의 서비스 수준에 대한 만족도를 측정하는 목적에는, CS 제고를 위한 기업내 품질개선 활동으로의 연계도 포함된다(김연성 외, 2004).

최근까지 관련연구는, 통신서비스별로 특화된 고객만족도 측정체계 수립 또는 고객만족도 평가-측정항목 논의 등에 초점이 맞추어져 있다. 전화통신 관련, CS와 서비스품질(quality of service, QoS)사이의 연계체계를 정립하고, 이에 기반을 둔 QoS 개선에 따른 CS 변화량 파악이 바람직한 것으로 제안된 바 있다(이수호, 김태호, 2000). 또한, 설문조사 오피니언 평가법(opinion test method)을 이용한 전화통신 QoS 대비 CS 평가방법도 고찰된 바 있다(안혜숙 외, 1999). 이동전화통신 관련, 경쟁사와의 비교지수화에 기초한 CVA(customer value added) 측정체계가 제안된 바 있다(윤재욱 1999). 무선인터넷통신 CS 분석 구조방정식모형(structural equation model)을 이용하여, CS에 대한 정보전송 품질, 고객서비스, 요금정책, 서비스유용성의 상관관계 연구 결과도 보고된 바 있다(소형기, 손소영, 2001).

한편, 급속한 기술적 진보가 서비스에 적극 구현되어 상용화가 활발히 추진중인 최근 인터넷통신과 관련, 기술적 네트워크 품질특성(network quality characteristic, NQC)과 CS와의 관계분석을 시도하고, 전사적품질경영(total quality management, TQM) 차원에서 그 분석결과를 활용해, CS 향상을 위한 품질개선 활동으로 연계하고자 하는 논의도 보고된 바 있다(한국전자통신연구원, 2004). 앞으로는, 현장 실무자에게 있어 실제 활용성을 갖는, CS 향상에 도움을 줄 수 있는 구체적인 분석 체계 및 결과를 제시하는 연구의 필요성이 더욱 증대될 것으로 판단된다.

특히, 이러한 맥락에서, 최상위 경영성과지표인 CS에 영향을 줄 것으로 추정되어 온, 기존의 다양한 NQC중에서, 각 NQC 항목 고유의 유의성 정도를 확인하고, CS에 대해 상대적으로 유의성이 큰 NQC를 검출하는 실증적 관계분석이 필요할 수 있다. 하지만, 이러한 실증적 관계분석시 고려해야 할 데이터 수, 양 등의 현실적 상황은, 분석의 난점중 하나로 지적될 수 있다. 또한, 인터넷통신 서비스가 등급별, 지역별 등으로 다양화, 세분화되어 제공될 경우, 이에 따라 고려해야 할 경우의 수가 급격히 증가될 수 있으므로, 이러한 현실적 상황에 맞는 실증적 관계분석 체계, 모형 및 사례분석 등이 정립, 제시될 필요가 있다고 판단된다.

본 연구에서는, 인터넷통신 NQC와 고객만족도와의 실증적 관계분석을 실시하고자 한다. 특히; 1) 모형화 반복; 및 2) 일관된 통계적 유의성 판정기준 적용 등을 현장 실무자들이 용이하게 구현할 수 있는 분석 체계 및 모형을 정립하고, 이에 기초한 사례분석을 제시한다. 한편, 모형화 과정은, 회귀변수선택절차(regression variable selection procedures) 방법론에 기초한다.

1.2 회귀변수선택절차

분석대상 회귀변수(regressor variable) 수가 증가할수록; 1) 회귀변수의 통계적 유의성 판정; 2) 반응변수(response variable)와 회귀변수와의 상관관계 해석; 및 3) 다중공선성(multicollinearity) 확인 등에 더욱 세심한 주의가 요구된다. 또한, 수립가능한 모형의 수 증가 및 이로 인한 모형화 반복이 심해질 경우, 일관된 절차에 따라 회귀변수의 통계적 유의성 및 모형 적합성(model adequacy)을 판정함으로써, 모형화 과정의 객관성을 확보할 필요가 있다.

한편, 대표적인 실증적 혹은 경험적(empirical) 모형화 방법론인 회귀분석에 속한 다양한 회귀변수선택절차들을 이용해, 모형화 반복, 회귀변수의 통계적 유의성 및 모형 적합성 판정 등을 시도할 수 있다. 군집(clustering) 기법과 단계회귀(stepwise regression)를 통합한 예측방법을 활용해, 제철공정관리 사례분석을 시도한 바 있고(정일교, 전지혁, 2002), 반도체 제조 공정관리를 위한 관리항목 선별 등에

다양한 회귀변수선택절차를 응용한 연구가 보고된 바 있다 (Patterson *et al.*, 2003).

다중공선성 영향을 완화하기 위해서; 1) 최소제곱추정량 (least squares estimator)의 선형결합 편의추정량 (biased estimator)을 구하는 능선회귀 (ridge regression); 2) 회귀변수 간 선형결합으로 차원을 변환한 후, 회귀모형을 수립하는 주성분회귀 (principal components regression) 등이 사용될 수 있다. 이와 대비해, 일반적으로 원시데이터 (raw data)를 그대로 사용하는 회귀변수선택절차로는; 1) all possible regressions; 2) stepwise-type procedures 등이 있다. 특히, stepwise-type procedures에는; 1) stepwise regression; 2) forward selection; 및 3) backward elimination 방법이 포함된다 (Montgomery and Runger, 1999; Montgomery *et al.*, 2001). 한편, stepwise regression은 forward selection과 backward elimination을 결합한 방법으로 볼 수 있다. 즉, forward selection을 통해 새로운 회귀변수가 추가된 후, 이전 회귀모형에 존재했던 나머지 회귀변수의 partial-F 통계치 유의성을 재평가해 유의하지 않은 회귀변수를 다시 제거함으로써, 회귀변수 간 중복 (redundancy)을 처리할 수 있다.

2. 분석데이터

인터넷통신 서비스 업체에서는 업의 특성상 관례적으로, 데이터 측정위치, 수집경로를 기준으로 기업 외부데이터와 내부데이터로 분류하여 데이터 수집, 관리, 분석이 수행된다. 즉; 1) 정기적인 고객 설문조사를 토대로 산출된 고객만족도지수 (customer satisfaction index, CSI) 혹은 다양한 고객관계관리 (customer relationship management, CRM) 경로를 통해 접수된 고객불만족 접수건을 집계한 ‘고객의 소리’ (voice of customer, VoC) 등이 대표적인 외부데이터이고; 2) 네트워크 장비에서 온라인 자동계측된 NQC 데이터 등이 내부데이터에 속한다 (김태호, 1999; 이수호, 김태호, 2000). 그 결과, NQC, VoC는 대량데이터 (massive data)인 반면, CSI는 상대적으로 소량데이터 (small data)인 특징이 있다.

CSI, VoC 데이터는 고객만족도를 반영하며; 1) CSI 측도는 보통 고객만족도에 비례하도록 설정되는 반면; 2) VoC 데이터는 고객만족도에 반비례하는 가산데이터 (countable data)로 집계된다. NQC 데이터는 네트워크 성능 (network performance, NP)을 반영하며, 이는 고객이 서비스를 요청할 때 주어진 조건내에서 어려움 없이 서비스를 제공할 수 있는 서비스가능능력 (serviceability)으로 연계될 수 있다. 서비스가능능력은 세부적으로 서비스; 1) 접근성 (accessibility); 2) 유지성 (retainability); 및 3) 완전성 (integrity) 등으로 분류되기도 한다. (조기성 외, 2002; 윤종일 외, 2003).

초고속 인터넷통신 서비스 사용자를 대상으로 한 설문조사 데이터를 분산분석한 결과를 토대로, 사업자가 중점적으로 관리해야 할 NP 항목이 추천된 바 있다. 사용자, 사업자 모두 접속, 속도와 관련된 NP를 가장 중요시 하는 것으로 확인되었다 (박상진 외, 2001). 관련문헌 고찰 및 인터넷통신 관련 현장 엔지니어, 품질경영 실무자 및 통신경영 전문가 등의 경험, 의견을 종합해 선별된 아래 데이터를, 본 연구의 관계분석 대상으로 한정하고, 본 논문을 기술하고자

한다. 한편, 데이터 수집 및 처리에 투입되는 인력, 시간, 비용 등도 분석대상 선별시 고려되었음을 밝힌다.

- 고객만족도는; 1) 접속; 및 2) 속도 두 항목을 고려한다. 각 항목별 고객만족도는 CSI, VoC 데이터로 정량화될 수 있다고 가정한다. CSI 데이터는 설문조사시 명시적인 접속, 속도 고객만족도 문항을 제시해 산출한다. VoC 데이터는 업체별로 보유하고 있는 VoC 코드분류표에서 정의한 접속, 속도 코드로 분류된 고객불만족 접수건만을 집계할 수 있다.
- NQC 항목으로서, 고객만족도와 가장 밀접한 관계가 있을 것으로 추정되고 있는 아래 일곱 개 항목을 분석대상으로 정한다; 1) 패킷손실율; 2) 접속성공율; 3) 상향단절율; 4) 하향단절율; 5) 상향속도; 6) 하향속도; 및 7) 패킷 전달지연시간. 본 연구에서는, 1-4번 항목은 접속 관련, 5-7번 항목은 속도 관련 NP 성능에만 연계되는 것으로 가정한다.

3. 분석모형·체계

3.1 분석모형

•**완전모형 (full model):** CSI, VoC와 NQC의 관계분석을 위한 완전모형을 수립할 수 있다. y 는 CSI 데이터를 갖는 $n \times 1$ 벡터, X 는 k 개 NQC 항목을 갖는 $n \times p$ 행렬, 회귀모형 절편 (intercept)을 고려하여 $p = k + 1$, β 는 $p \times 1$ 회귀계수 벡터, ϵ 는 확률오차 (random error)를 갖는 $n \times 1$ 벡터로 정의하자. 식 (1)을, CSI vs. NQC (즉, $y - X$) 관계분석을 위한 완전모형으로 정의한다.

한편, 식 (2)를 VoC vs. NQC (즉, $z - X$) 관계분석을 위한 완전모형으로 정의한다. 식 (2)에서 z 는 VoC 데이터를 갖는 $n \times 1$ 벡터, y 는 $p \times 1$ 회귀계수 벡터로 정의하자.

$$y = X\beta + \epsilon \tag{1}$$

$$z = Xy + \epsilon \tag{2}$$

CSI, VoC 데이터는 접속, 속도 두 개 고객만족도 하위 항목으로 나뉘어 분석될 수 있다. 그러므로, 식 (1)은 식 (3), (4)로, 식 (2)는 식 (5), (6)과 같이 두 모형으로 분리하여 수립될 수 있다. 식 (3)-(6)의 아래첨자 ‘c’, ‘s’는 순서대로 각각 접속 (connection) 및 속도 (speed) 관련 벡터, 행렬 표기를 위해 사용한다.

$$y_c = X_c \beta_c + \epsilon \tag{3}$$

$$y_s = X_s \beta_s + \epsilon \tag{4}$$

$$z_c = X_c y_c + \epsilon \tag{5}$$

$$z_s = X_s y_s + \epsilon \tag{6}$$

식 (3)-(6)으로 정의된 완전모형 수립을 위해, <표 1>에 제시된 것처럼 벡터, 행렬을 정의하자. 반응변수 y_c, z_c 는 순서대로 CSI, VoC 접속 고객만족도 데이터를 갖는 벡터이

Table 1. Vector and matrix definition for full models

Equation	Response variables		Matrix	p	Regressor variables	
	Vector	Data			Vector	Data
(3), (5)	y_c, z_c	CSI, VoC connection	X_c	5	x_{c1}	Packet loss rate
					x_{c2}	Connection success rate
					x_{c3}	Upload disconnection rate
					x_{c4}	Download disconnection rate
(4), (6)	y_s, z_s	CSI, VoC speed	X_s	4	x_{s1}	Upload speed
					x_{s2}	Download speed
					x_{s3}	Packet transmission delay time

며, 이와 관계분석될 행렬 X_c 는 네 개 NQC 항목에 대응하는 회귀변수 벡터 $x_{c1}, x_{c2}, x_{c3}, x_{c4}$ 를 포함한다. 반면, y_s, z_s 는 각각 순서대로 CSI, VoC 속도 고객만족도 데이터를 갖는 벡터이며, 이와 관계분석될 행렬 X_s 는 세 개 NQC 항목에 대응하는 회귀변수 벡터 x_{s1}, x_{s2}, x_{s3} 를 포함한다.

•**축소모형 (reduced model):** 식 (3)-(6)으로 정의된 완전모형중에서, 통계적 유의성이 없거나 혹은 회귀계수 추정에 문제가 있는 회귀변수를 모형에서 제거하면, 식 (7)-(10)으로 정의한 축소모형을 수립할 수 있다. 그리고, 이렇게 수립된 축소모형에 기초하여 유의한 NQC 항목을 검출할 수 있다. 식 (7)-(10)은, 순서대로 식 (3)-(6)에 대응되며, 위첨자 '1'은 축소모형에 포함된 NQC 항목에 대응하는 벡터, 행렬 표기를 위해 추가 사용한다.

$$y_c = X_c^1 \beta_c^1 + \epsilon \quad (7)$$

$$y_s = X_s^1 \beta_s^1 + \epsilon \quad (8)$$

$$z_c = X_c^1 \gamma_c^1 + \epsilon \quad (9)$$

$$z_s = X_s^1 \gamma_s^1 + \epsilon \quad (10)$$

3.2 분석체계

회귀변수선택절차에 기초해, 관계분석 모형화 그리고 접속, 속도 고객만족도에 유의한 NQC 항목 검출을 위한, 실증적 관계분석 체계를 <그림 1>과 같이 정리한다. 즉, 수집된 분석대상 CSI, VoC, NQC 데이터로써, 완전모형 수립을 위한 데이터집합 (dataset)을 준비한다.

식 (7)-(10)으로 정의된 축소모형을, stepwise-type procedures 세 방법; 1) stepwise regression; 2) forward selection; 및 3) backward elimination을 이용해 각각 수립한다. 다음, 이와 같이 수립된 축소모형에 포함되어 통계적 유의성을 갖는 회귀변수의 추정 회귀계수 부호 (sign)가, 상관관계를 바탕

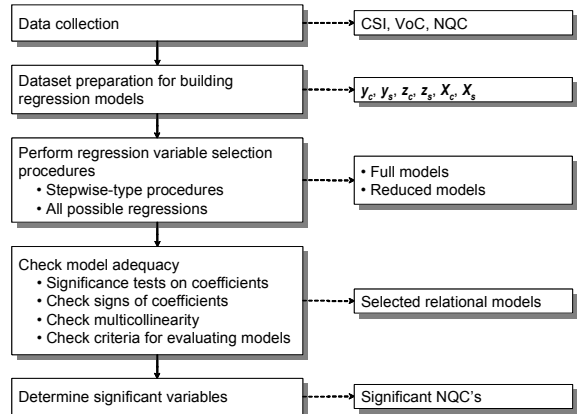


Figure 1. Empirical relationship analysis framework

4. 사례분석

4.1 데이터 수집·처리

사례분석 대상 서비스로서, 초고속 인터넷통신 서비스를 선정한다. 사례분석 대상 기간은, 2003년 하반기 7월 1일부터 2004년 상반기 6월 30까지 총 1년, 366일을 선정한다. 총 11개 위치에서 데이터가 수집된다.

•**CSI:** 분석대상 4개 분기 (quarter)동안 실시된 설문조사를 통해 CSI 데이터를 수집한다. 설문조사 회수는 <표 2>와 같다. 설문조사서에, 접속 및 속도 만족도를 5점 척도로 평가하는 문항을 명시해, CSI 원시데이터를 수집하고, 원시데이터를 데이터변환후 분석한다. 데이터변환은, 고객만족도 수준 관련 기밀 (confidentiality) 보호도, 그 이유에 포함됨을 밝힌다. 각 위치별, 분기별, 변환데이터의 중위수 (median)를 CSI 데이터로 정의한다. 그러므로, y_c, y_s 는 각각 44×1 임의 단위의 CSI 변환데이터를 갖는 벡터로 정의된다.

Table 2. Number of surveys regarding CSI data collection

Quarter	Collection location codes											Total
	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	C10	C11	
2003.3/4	138	311	434	238	310	372	257	142	33	204	106	2545
2003.4/4	433	884	1256	422	576	723	758	385	102	498	318	6355
2004.1/4	497	908	1136	676	862	959	602	380	167	496	320	7003
2004.2/4	429	830	1070	610	790	860	550	336	161	487	300	6423

으로 기정의한 기대부호와 일치하는지 확인한다. 더불어, 회귀변수 다중공선성을 검토해, 회귀계수 추정 산포에 문제가 있는지를 확인한다. 부호 및 다중공선성 문제가 있는 회귀변수는 추가 제거될 수 있다.

위와 같은 일련의 과정을 거쳐 수립된 축소모형을, all possible regressions 방법으로 수립가능한 나머지 모든 회귀모형과 비교한다. 아래 제시된 네 개 통계량을 중심으로 비교하고, 축소모형의 설명력 및 추정능력의 상대적 정밀도를 추가로 평가한다. 최종적으로 선택된 모형에 포함된 회귀변수에 대응하는 NQC 항목을, 해당 고객만족도에 대해 상대적으로 밀접한 실증적 관계를 갖는 것으로 판단한다.

- 결정계수 (coefficient of multiple determination, R_p^2)
- 조정결정계수 (adjusted coefficient of multiple determination, \bar{R}_p^2)
- 잔차제곱평균 (residual mean square, $MS_E(p)$)
- 맬로우즈 C_p (Mallows' C_p)

•**VoC:** VoC 코드 분류표에 의해 분류, 집계되는 전체 VoC 데이터중, 접속 및 속도 관련 VoC 코드로 분류된 데이터만을 추출한다. VoC 코드 1, 2차 유형 및 상세 유형별 파레토 차트 (pareto chart) 예비분석 결과, 1차 품질유형코드, 2차 고장유형코드에 속한; 1) '접속불가/접속후끊김' VoC 상세유형코드로 집계된 데이터를 VoC 접속 데이터; 2) '속도느림' VoC 상세유형코드로 집계된 데이터를 VoC 속도 데이터로 정의한다. VoC 데이터는, 수집 위치별로 366일간 집계됨으로써, z_c, z_s 는 4026×1 크기의 가산데이터를 갖는 벡터로 정의된다. 한편, 데이터 수집 위치별 가입자수가 상이함으로써 발생하는 차이를 보정하기 위해, VoC 원시데이터도, 위치별 가입자수 데이터를 고려한, VoC 표준화 데이터가 분석시 사용된다. 그러므로 z_c, z_s 역시 임의 단위의 VoC 변환데이터를 갖는다.

•**NQC:** VoC와 마찬가지로 위치별로, 일별 데이터가 수집된다. 하지만, 2004년 4월 25일 결측데이터 (missing data) 발생으로 인해, NQC 각 항목별로 4015×1 크기의 항목 고유단위 데이터를 갖는 벡터로 정의된다. 단, $y - X$ 분석을 위해서는, NQC 각 항목별, 분기별로, 일별 데이터의 중위수를

역시 사용한다.

<표 3>은 완전모형 기준; 1) 벡터, 행렬 크기; 2) 회귀변수 데이터 단위; 및 3) 추정 회귀계수 기대부호를 요약한다.

y , z 에 대응되어 관계분석되는 X 행렬은 동종의 벡터 항목을 갖지만, 분기별 혹은 일별 데이터 사용여부에 따라 크기에 차이가 있다. 이후, 특별한 언급이 없는 한, CSI 및 VoC 데이터는 변환데이터를 의미한다. VoC 데이터는 고객불만족 점수건 집계 데이터에 기초하므로, CSI 데이터와는 반대 추정 회귀계수 부호가 기대된다.

4.2 CSI vs. NQC

•**접속 CSI vs. NQC:** <표 3>처럼 준비된 데이터집합을 이용, 접속 CSI vs. NQC, 즉, $y_c - X_c$ 관계분석을 실시한다. Stepwise-type procedures로써, 접속 CSI에 통계적 유의성을 갖는 NQC 항목을 판정한다. 한편, 사례분석을 위한 전산통계 소프트웨어로서 Minitab^R이 사용된다.

Stepwise-type procedure별로, 추정 회귀계수의 통계적 유의성 판정을 위한 경계값 (cutoff value)으로서, forward selection은 $\alpha_{IN} = 0.25$, backward elimination은 $\alpha_{OUT} = 0.10$ 으로 정의한다 (Montgomery *et al.*, 2001). Stepwise regression의 두 개 경계값 $\alpha_{IN} = \alpha_{OUT} = 0.15$ 는 Minitab^R (2003)이 제공하는 초기값을 그대로 채택한다.

$y_c - X_c$ 관계분석 결과, stepwise regression, backward elimination은 x_{c4} 를, forward selection은 x_{c1} , x_{c4} 를 접속 CSI에 통계적 유의성을 갖는 것으로 판정한다. 또한, 추정 회귀계수 부호가 기대부호와 일치되는 것을 확인할 수 있는데, 이 경우 β_{c1} , β_{c4} 가 모두 음수 (-) 부호로 추정된다.

위 두 회귀변수의 분산확대인자 (variance inflation factor, VIF)는 $VIF_1 = VIF_4 = 3.0$ 으로, VIF 5-10 기준으로 다중공선성은 강하지 않다고 판정하여, 위 두 회귀변수간의 의존성 및 회귀계수 추정 산포에는 문제가 없다고 판단된다. 한편, <그림 2.a-d>는 all possible regressions 주요 통계량을 그래프로 비교한다. <그림 2.a-d> 네 개 패널 (panel)은, 순서대로 수립가능한 15개 회귀모형의 R^2_p , \bar{R}^2_p , $MS_E(p)$, C_p 를 차례대로 비교한다.

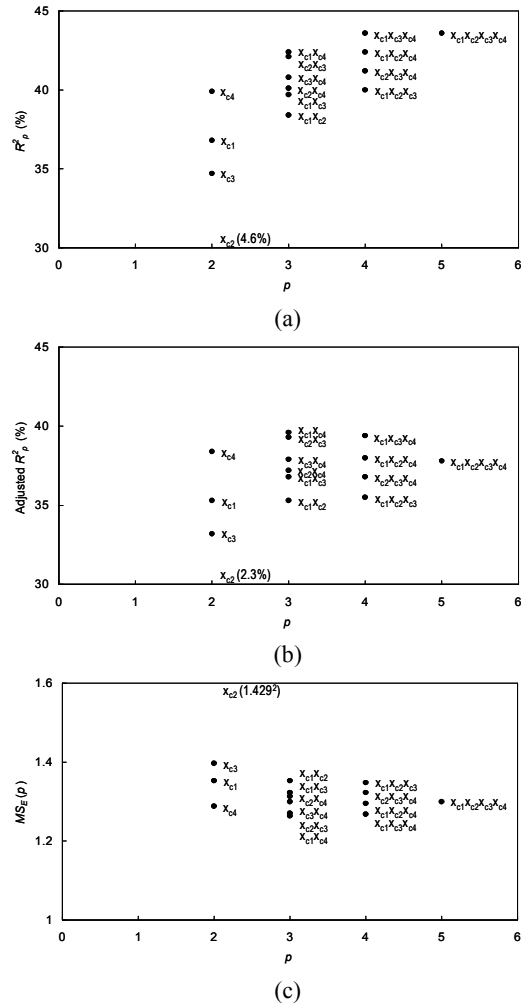


Table 3. Vector and matrix size, data units of regressors and expected signs for estimated regression coefficients

Relationship	Vector and matrix	Vector and matrix size	Regressors	Data unit	Expected signs for estimated regression coefficients
$y_c - X_c$	y_c	44×1	X_{c1}	%	-
			X_{c2}	%	+
	X_c	44×4	X_{c3}	%	-
			X_{c4}	%	-
$y_s - X_s$	y_s	44×1	X_{s1}	kbps	+
	X_s	44×4	X_{s2}	kbps	+
			X_{s3}	msec	-
$z_c - X_c$	z_c	4015×1	X_{c1}	%	+
			X_{c2}	%	-
	X_c	4015×5	X_{c3}	%	+
			X_{c4}	%	+
$z_s - X_s$	z_s	4015×1	X_{s1}	kbps	-
	X_s	4015×4	X_{s2}	kbps	-
			X_{s3}	msec	+

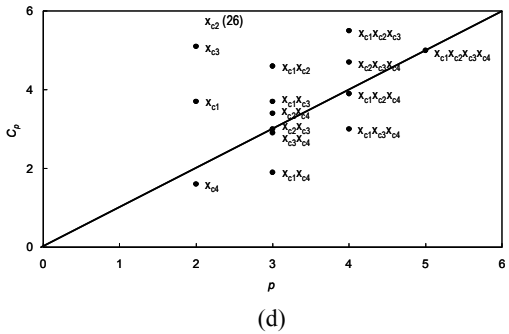


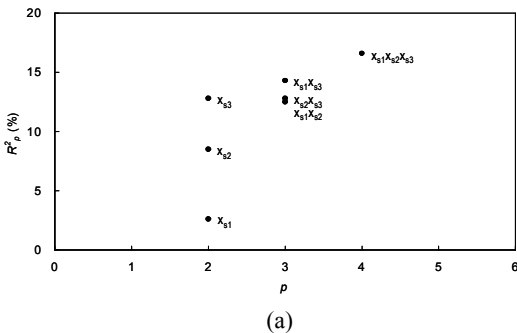
Figure 2. Plots of statistics versus p regarding $y_c - X_c$ relationship; (a) R_p^2 ; (b) \overline{R}_p^2 ; (c) $MS_E(p)$; and (d) C_p

<그림 2.a-d> 네 개 panel 검토 결과, 상대적으로 우수한 회귀모형은; 1) $p=2, x_{c4}$; 2) $p=3, x_{c1}, x_{c4}$; 3) $p=4, x_{c1}, x_{c3}, x_{c4}$; 4) $p=5, x_{c1}, x_{c2}, x_{c3}, x_{c4}$ 를 갖는 것을 확인할 수 있다. 특히, stepwise-type procedures 분석결과와 연계하여, x_{c1}, x_{c4} 를 갖는 $p=3$ 회귀모형은; 1) $R_p^2, \overline{R}_p^2, MS_E(p)$ 로 표현되는 회귀모형 설명력; 및 2) C_p 로 표현되는 평균제곱오차 (mean square error, MSE) 관점에서의 추정능력의 정밀도도 상대적으로 우수한 것으로 판단된다. <그림 2.d>에는, 모형편의가 없다는 가정하의 C_p 통계량의 평균기대치인 p 값을 나타내는 대각직선이 추가로 표시된다.

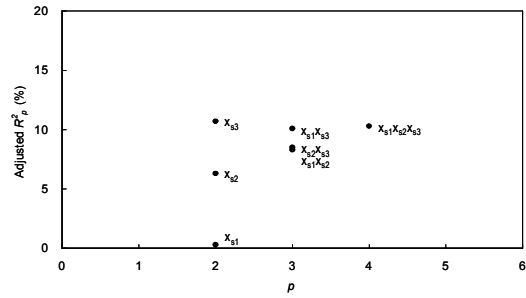
•속도 CSI vs. NQC: $y_s - X_s$ 관계분석을 위한 stepwise-type procedures 실행결과, 세 개 방법 모두, 유의한 회귀변수로서 x_{s3} 를 선택한다. 또한, $\hat{\beta}_{s3}$ 이 기대처럼 음수 (-) 부호를 갖는 것을 확인할 수 있다.

$y_s - X_s$ 관계분석을 위한 all possible regressions 주요 통계량을 <그림 3.a-d> 네 개 패널로 요약한다. 수립가능한 7개 회귀모형을 조사해 보면; 1) $p=2, x_{s3}$; 2) $p=3, x_{s1}, x_{s3}$; 3) $p=4, x_{s1}, x_{s2}, x_{s3}$ 일 때 상대적으로 우수한 통계량을 갖는다. 특히, $p=2, x_{s3}$ 회귀모형은, 나머지 6개 회귀모형 모두와 비교해도, 상대적 우수성이 유지됨을 확인할 수 있다.

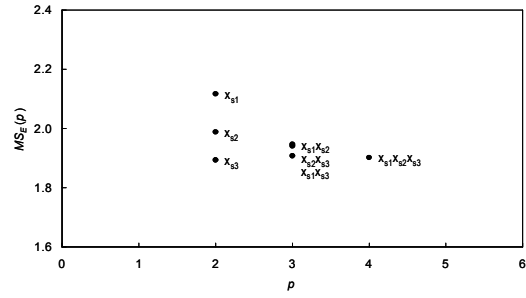
반면, $y_c - X_c$ 경우와 비교할 때, $y_s - X_s$ 관계분석모형의 R_p^2, \overline{R}_p^2 통계량의 절대크기가 약 1/2 수준으로 감소, $MS_E(p)$ 의 절대크기가 약 2배 증가된 점이 확인되어, 모형의 설명력은 상대적으로 저하된 것으로 판단된다.



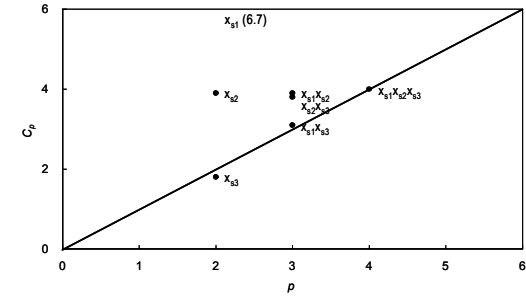
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 3. Plots of statistics versus p regarding $y_s - X_s$ relationship; (a) R_p^2 ; (b) \overline{R}_p^2 ; (c) $MS_E(p)$; and (d) C_p

4.3 VoC vs. NQC

•접속 VoC vs. NQC: $z_c - X_c$ 분석을 위해 실행된 stepwise-type procedures 분석결과, 세 방법 모두, x_{c1}, x_{c3}, x_{c4} 세 개 회귀변수가 접속 VoC에 유의한 것으로 판정한다. 하지만, 추정 회귀계수 부호 검토결과, $\hat{\beta}_{c3}, \hat{\beta}_{c4}$ 는 기대처럼 양수 (+) 부호로 추정된 반면, 음수 (-) 부호를 갖는 $\hat{\beta}_{c1}$ 은 회귀계수 추정에 문제가 있다고 판단된다. 회귀변수 x_{c3}, x_{c4} 를 갖는 축소모형의 $VIF_3 = VIF_4 = 1.2$ 로서, 다중공선성에 심각한 문제는 없는 것으로 확인된다.

<그림 4.a-d>에 요약된 all possible regressions 분석결과를 확인하면; 1) $p=2, x_{c3}$; 2) $p=3, x_{c3}, x_{c4}$; 3) $p=4, x_{c1}, x_{c3}, x_{c4}$; 4) $p=5, x_{c1}, x_{c2}, x_{c3}, x_{c4}$ 를 갖는 모형이 전반적으로 상대적 우수성이 있다고 판단된다. 한편, R_p^2, \overline{R}_p^2 통계량의 절대크기가 작은 점 등을 고려할 때, 모형의 설명력 제고가 요구될 수 있다.

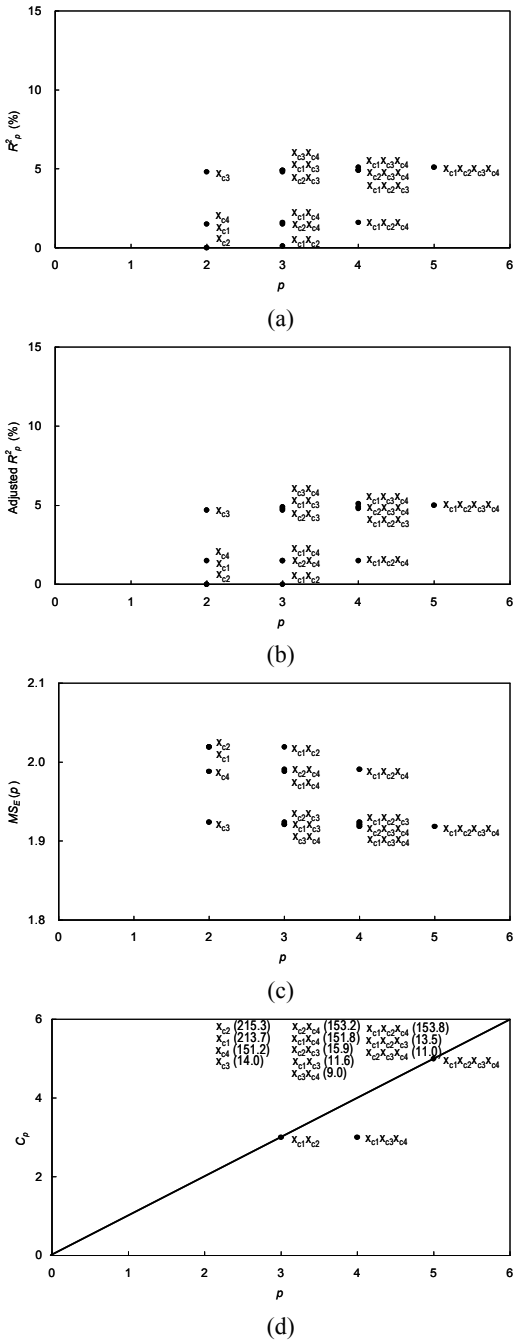


Figure 4. Plots of statistics versus p regarding $z_c - X_c$ relationship; (a) R_p^2 ; (b) \bar{R}_p^2 ; (c) $MS_E(p)$; and (d) C_p

•속도 VoC vs NQC: $z_s - X_s$ 관계분석 결과, stepwise regression, forward selection은 $p=4, X_{s1}, X_{s2}, X_{s3}$ 완전모형을, 반면 backward elimination은 $p=3, X_{s1}, X_{s3}$ 축소모형을 선택한다. 하지만, \hat{v}_{s1} 을 제외한 나머지 회귀계수 부호가 기대와는 반대로 추정됨으로써, 관계모형에 고려할 만한 근거 확보에 어려움이 있다. 한편, $p=2, X_{s1}$ 축소모형은 식 (11)과 같이 추정되며, \hat{v}_{s1} 의 $t_0 = -4.380$, $p\text{-value}=0.000$ 으로서 유의성이 있다고 판정된다.

$$\hat{z}_s = X_s^T \hat{v}_s = \hat{v}_0 + \hat{v}_{s1} X_{s1} = 0.210 - 0.00002 X_{s1} \quad (11)$$

<그림 5.a-d>에 정리된 all possible regressions 분석결과

를 검토하면, $y_s - X_s$ 관계분석의 경우와 동일한 패턴을 갖는 해석이 가능하다. 즉, 전체 7개 회귀모형중; 1) $p=2, X_{s3}$; 2) $p=3, X_{s1}, X_{s3}$; 3) $p=4, X_{s1}, X_{s2}, X_{s3}$ 일 때 상대적으로 우수한 통계량이 확인된다. 한편, C_p 통계치가, 모든 모형에서 대각직선 위 혹은 상회하는 값을 보이고 있다.

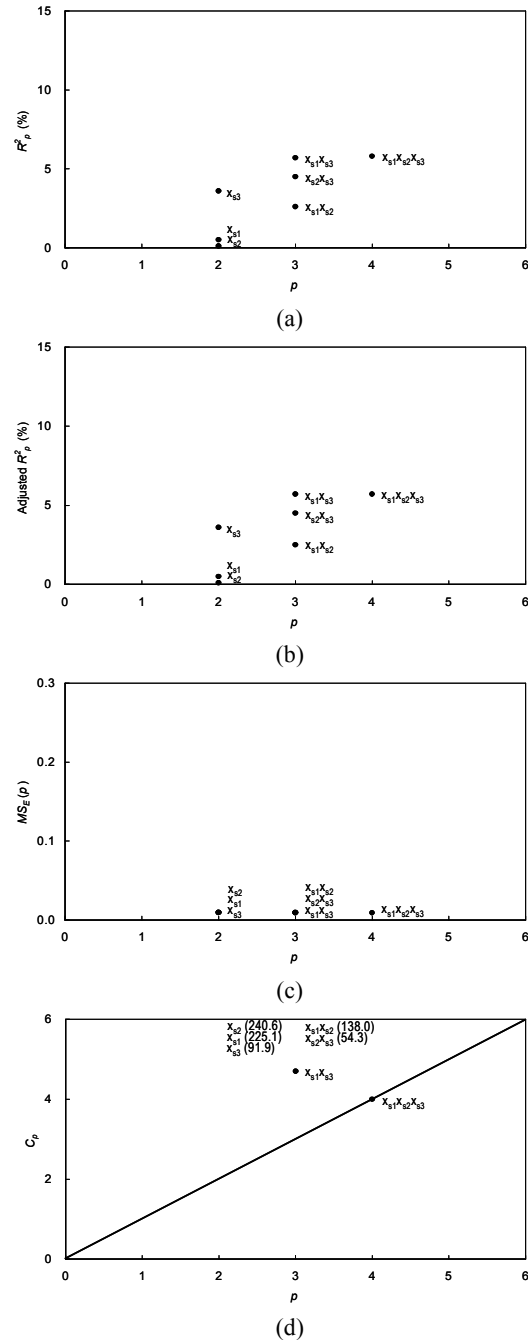


Figure 5. Plots of statistics versus p regarding $z_s - X_s$ relationship; (a) R_p^2 ; (b) \bar{R}_p^2 ; (c) $MS_E(p)$; and (d) C_p

4.4 분석결과 정리

사례분석 결과, 관계분석시 유의성을 갖는 것으로 최종 검출된 NQC 항목을 정리하면 <표 4>와 같다. 특히, X_{c4} (즉, 하향단절율)는 CSI, VoC 접속 고객만족도에 공통으로 유의성을 갖는 NQC 항목으로 추정된다. 한편; 1) $y_c - X_c$ 관계가, 나머지 세 개 관계와 비교할 때, 상대적으로 분석시 선평명이 있고; 2) stepwise-type procedures를 통해 선택된 축

소모형과 all possible regressions를 통해 추천된 축소모형이 전반적으로 일치하는 것을 확인할 수 있다.

Table 4. Significant NQC's for CSI and VoC

NQC	CSI		VoC	
	Connection	Speed	Connection	Speed
	X_{c1}, X_{c4}	X_{s3}	X_{c3}, X_{c4}	X_{s1}

5. 종합

인터넷통신 네트워크 품질특성과 고객만족도와의 실증적 관계분석을 위한 모형 및 체계를 제시하고, 사례분석을 통해 주요 네트워크 품질특성의 유의성을 검토하였다. 특히, 현장의 실제 대량데이터를 수집, 분류하고, 실증적 모형화 방법론인 회귀변수선택절차에 기초한 체계적 분석과정을 제시했다. 사례분석 결과, 접속 고객만족도에 대한 네트워크 품질특성의 관계가, 속도 고객만족도에 대한 관계보다, 통계분석시 상대적 선명성을 갖고 추정되었다고 판단된다. CSI, VoC 접속 고객만족도에 유의한 NQC 항목으로서 하향단절율이 검출되었다. 그러므로, 사례분석의 경우, 접속 고객만족도는 서비스 유지성과 관련된 네트워크 품질특성 변화에 상대적으로 더 민감한 반응을 보일 가능성이 있을 것으로 추정된다.

한편, 수립 모형의 설명력이 전반적으로 낮기 때문에, 예측추정을 위한 모형의 활용은 적절치 않을 수 있으며, 다만 데이터 요약을 통한 유의 NQC 항목 검출에, 본 분석 모형 및 체계의 의의가 더 있다고 판단된다.

반면, 본 연구 사례분석으로써, 통계적 유의성이 강하게 확인되지 않은 나머지 NQC 항목의 고객만족도에 대한 관계규명을 위해서는, 후속연구로써 보완될 필요가 있다. 향후, 다수 서비스를 대상으로 한 관계분석을 실시해 결과를 종합, 보완해야 할 것이다. 또한, 실험계획을 실시해 잡음 (noise)이 상대적으로 작은 데이터를 추가분석함으로써, 향상된 설명력을 갖는 모형화가 시도될 수 있다. 주요 NQC 항목을 대상으로, 품질공학적 관리방안 수립에 대한 논의도 요구된다.

참고문헌

김연성, 박상찬, 박영택, 서영호, 유한주, 이동규 (2004), *품질경영론*, 제3판, 박영사, 서울.

김태호 (1999), 통신 서비스품질과 프로세스 관리, *한국경영과학회 1999 춘계학술대회 논문집*, 서울산업대학교, 1999년 10월 16일, A6.3 57-58.

박상진, 박종훈, 이창훈 (2001), 초고속인터넷서비스의 사용자 중심 품질지표에 관한 연구, *한국경영과학회/대한산업공학회 2001 춘계공동학술대회 논문집*, 관동대학교, 2001년 4월 27일-28일, Q42 962-965.

소형기, 손소영 (2001), 무선인터넷서비스 고객만족도 분석을 위한 구조방정식모형, *IE Interfaces*, 14(2), 182-189.

안혜숙, 조재균, 염봉진 (1999), 통신에 있어서 서비스품질 평가방법에 관한 고찰, *IE Interfaces*, 12(4), 496-505.

윤재욱 (1999), CVA개념을 도입한 이동전화서비스 고객만족도 실증분석, *IE Interfaces*, 12(4), 487-495.

윤종일, 서형식, 임춘성 (2003), 모바일 서비스 고객만족도 평가체계에 관한 연구, *한국경영과학회/대한산업공학회 2003 춘계공동학술대회 논문집*, 한동대학교, 2003년 5월 16일-17일, A8.5 169-173.

이수호, 김태호 (2000), 서비스품질 측정과 고객만족도 조사의 효과적 연계, *대한산업공학회/한국경영과학회 2000 춘계공동학술대회 논문집*, 경남대학교, 2000년 4월 21일-22일, A4.6 86-89.

정일교, 전치혁 (2002), 군집분석 기법과 단계별 회귀모형을 결합한 예측 방법, *대한산업공학회/한국경영과학회 2002 춘계공동학술대회 논문집*, 한국과학기술원, 2002년 5월 3일-4일, D5.1 949-952.

조기성, 장희선, 임석구, 김영선 (2002), IMT-2000에서의 서

비스품질 및 네트워크 성능 체계, *IE Interfaces*, 15(3), 256-262.

품질지표와 고객만족지표와의 연계성 파악 연구 (2004), 한국전자통신연구원.

Minitab^R Release 14.1 StatGuide (2003), Minitab Inc..

Montgomery, D. C., Peck, E. A. and Vining, G. G. (2001), *Introduction to Linear Regression Analysis*, 3rd edn, Wiley, New York.

Montgomery, D. C. and Runger, G. C. (1999), *Applied Statistics and Probability for Engineers*, 2nd edn, Wiley, New York.

Patterson, O. D., Dong, X., Khargonekar, P. P. and Nair, V. N. (2003), Methodology for Feedback Variable Selection for Control of Semiconductor Manufacturing Processes-Part 1: Analytical and Simulation Results, *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 16(4), 575-587.