

## 서비스 품질 관리를 위한 SPC의 적용 Application of SPC for Service Quality Control

김지윤\*

Kim, Ji Yun

강창욱\*

Kang, Chang Wook

### Abstract

As the value and relative importance of service industry boosts in modern society, to strengthen competitiveness companies starts to recognize the quality of service as a key component in their business operations. Furthermore, companies that apply the quality of services as their competitive method are concentrating more on the area of quality control. Nevertheless, the previous researches related to this area were more focused on the aspect of measure rather than the control.

In this paper, each fractionated customer group in consideration of its characteristics is made in use of estimating the quality of service using the conjoint analysis. The principal variable selective method which a small number of variables is used to control a large number of variables is applied.

Hotelling's  $T^2$  control chart is applied to administer many relative variables of the quality of service because it is a Multi-item. If abnormal indications appear by adding new data, the method to find and improve variables using MYT decomposition is suggested to apply.

### 1. 서론

#### 1.1 연구 배경

서비스 산업이 차지하는 비중이 점차 증가함에 따라 국내의 산업 구조는 서비스 산업 중심으로 급속히 변화되고 있다. 또한, 서비스의 내용이 제조업 지원 서비스이든 아니면 순수한 서비스이든 그 모두의 규모가 확대되고 중요성이 커지고 있으며, 고객은 자신의 개성에 맞는 차별화 된 서비스를 원하고 있다. 이와 같은 상황 속에서 기업은 고객의 필요(Need)에 맞는 서비스를 제공해야 할 뿐만 아니라 일정 수준의 서비스 품질을 지속적으로 유지하여 고객의 만족도와 충성도를 향상시킬 필요가 있다. 여기에 1990년대부터 본격적인 고객 만족 경영시대에 접어들면서 기업은 경쟁력 확보를 위해서 서비스 품질을 비용이나 다른 변수의 부수적인 요소가 아니라 핵심 요소로 인식하기 시작했고 서비스 품질 향상에 많은 역량을 투입하고 있다.

---

\* 한양대학교 산업공학과

즉, 경쟁력 확보를 위해서는 서비스 품질을 정확하게 측정하는 것도 중요하지만 서비스 품질을 지속적으로 관리하는 것은 더욱더 중요하다. 따라서 기업은 서비스 품질을 효율적으로 측정하고 관리/해석하기 위한 기법을 필요로 하고 있다.

## 1.2 연구 목적

기업의 서비스 경쟁력을 확보하기 위해선 고객이 인지하는 일정 수준의 서비스 품질을 지속적으로 유지하여 고객의 만족도를 향상시키는 것이 필요하다. 그러나 지금까지 다루어진 서비스 품질과 관련된 연구에서는 관리(Control)보다는 측정(Measure)에 관한 연구가 대부분이었다. 또한, 서비스 품질 변수들 사이에는 상관관계가 존재하기 때문에 서비스 품질을 관리/해석하는데 많은 어려움이 발생하였다. 그리고 서비스 품질에 대한 데이터를 수집하려면 고객의 반응을 직접 조사해야 하는데, 고객으로부터 데이터를 수집하는 일은 서비스 품질 변수들의 수가 많을수록 시간과 비용이 많이 들며 회수율도 낮은 문제점이 있다.

본 연구에서는 소수의 변수들로 다수의 변수들을 관리하기 위한 주요 변수 선별 기법과 여러 개의 변수들로 측정되는 서비스 품질을 효율적으로 관리할 수 있는 다변량 SPC(Statistical Process Control)를 바탕으로 일정 수준의 서비스 품질을 지속적으로 관리하는데 목적이 있다.

## 1.3 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 SPC 기법을 통한 서비스 품질 변수 선택과 관리/해석 방법에 대한 전반적인 절차와 방법을 제안하고자 한다.

고객의 특성을 고려하여 고객을 세분화하고, 전체 서비스 품질 변수에 대한 표본 데이터를 수집/측정한다. 표본 데이터를 바탕으로 서비스 품질에 영향을 미치는 주요 변수들을 선별하고, 주요 변수들에 대한 데이터를 수집/측정한 후 Hotelling's  $T^2$  관리도를 통해 서비스 품질을 지속적으로 관리한다. 데이터가 관리한계선을 벗어날 경우 Mason, Young, Tracy(1995)에 의해 제시된 MYT 분해법을 이용하여 관리 및 개선해야 할 변수를 찾아낸다. 찾아낸 변수를 개선하여 일정 수준의 서비스 품질을 지속적으로 관리하고자 한다.

## 2. 서비스 품질 측정과 주요 변수 선별 기법

### 2.1 서비스 품질 측정

서비스는 심리적 요인에 의해 서비스에 대한 기대하는 수준과 지각하는 수준 정도가 각 고객마다 다르기 때문에 고객의 특성을 고려하여 서비스 품질을 측정해야 한다. 즉, 고객들을 비슷한 성향을 가진 고객들로 세분화하고, 고객의 심리적 요인을 종합적으로 고려하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 의사결정나무구조(Decision Tree)를 통하여 고객을 세분화하고, SERVQUAL에서 제안한 22개 변수들에 대해 컨조인트 분석을 이용하여 서비스 품질을 측정하는 기법을 적용하였다.

### 2.2 주요 변수 선별 기법

서비스 품질 관리에서 변수의 개수는 서비스 품질의 측정과 관리에 중요한 요인으로 작용한다. 또한, 주로 설문을 통해서 측정되는 서비스 품질에 대한 데이터는 변수의 개수가 클수록 낮은 응답률과 높은 결측치의 발생률을 야기할 뿐만 아니라 신뢰성 있는 데이터를 얻기가 어렵다. 따라서 보다 용이한 서비스 품질 관리를 위해서는 변수의 개수를 줄이는 것이 필요하다. 본 연구에서는 변수의 수를 줄이기 위해서 주요 변수 선별 기법을 이용하였다.

다변량 분석에서 주요 변수들을 선별하는 과정은 보다 높은 수준의 분석을 하기 위해서 매우 중요한 과정이다. 이러한 관점에서 주요 변수 선별 과정에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다. 이와 같은 연구들은 선별된 변수들과 선별되지 못한 변수들 사이의 상관관계가 최대가 되도록 주요 변수들을 선별하는 방법을 제시하였다. 일반적으로 변수들을 선별할 때에는 식(2.1)의 4가지 중에서 하나를 기준으로 진행된다.

1.  $\max | \Sigma_{11} |$  또는  $\min | \Sigma_{22 \cdot 1} |$
2.  $\min tr( \Sigma_{22 \cdot 1} )$
3.  $\min || \Sigma_{22 \cdot 1} ||^2$  (2.1)
4.  $\max \sum_{i=1}^m \rho_i^2$

여기서  $\Sigma_{11}$ 은 선별된 변수들의 공분산행렬이고  $\Sigma_{22 \cdot 1}$ 은 선별된 변수들에 대한 선별되지 못한 변수들의 조건부 공분산행렬을 나타낸다. 또한,  $|A|$ 와  $tr(A)$ 는 행렬  $A$ 의 행렬식(Determinant)과 흔적(trace)으로  $||A||^2$ 과  $\rho_i$ 는 놈의 제곱( $\sum \sum a_{ij}^2$ )과 선별된 변수들과 선별되지 못한 변수들 사이의 정준상관관계로 표현된다.

본 연구에서는 주요 변수들을 선별하기 위해서 George P. McCabe(1984)가 제시한 (1)Determinantal criterion과 (2)Trace criterion의 두 가지 기준을 이용하였다. 첫 번째 기준인 Determinantal Criterion으로 변수들의 부분집합 전체에 대해서 행렬식을 계산하고 행렬식의 값이 큰 변수들의 부분집합을 선별한다. 그리고 두 번째 기준인 Trace Criterion에서는 첫 번째 기준에 의해서 선별된 변수들로 설명되는 변동량의 비율을 계산한다. 선별된 변수들로 설명되는 변동량의 비율은 식(2.2)을 통하여 계산할 수 있다.

$$P = p^{-1} \left( k + \sum_{j=k+1}^p \eta^2(x_j, \mathbf{y}) \right) \times 100\% \tag{2.2}$$

- $p$ : 변수 전체의 개수
- $\eta^2(x_j, \mathbf{y})$ :  $j$ 번째 변수  $x_j$ 와  $\mathbf{y}$ 의 상관관계의 제곱
- $\mathbf{y}$ : 선별된 변수들의 벡터
- $k$ : 선별된 변수들의 개수

선별된 변수들로 설명되는 변동량의 비율과 주성분 분석에서 주성분으로 설명되는 변동량의 비율을 비교한 후, 비슷한 비율을 가진 주요 변수들의 집합을 선별한다.

주성분으로 설명되는 비율과 비슷한 주요 변수들의 집합을 선별할 때, 두 번째 기준

인 'Trace Criterion'에서 식(2.3)으로 표현되는 Step-type Algorithm으로 주요 변수들을 선별해 나간다.

$$\max \sum_{i=1}^p \sigma_{ii} \eta^2(x_i; \mathbf{y}) \quad (2.3)$$

여기서  $\sigma_{ii}$ 는  $x_i$ 의 분산을 나타내고  $\eta^2(x_i; \mathbf{y})$ 은  $x_i$ 와  $\mathbf{y}$ 의 상관관계의 제곱을 나타낸다. 또한,  $\mathbf{y}$ 는 각 단계에서 선택된 변수들의 벡터를 나타낸다.

$x_{(i)}$ 를  $i$ 번째 단계에서 선택된 변수라고 할 때, 첫 번째 단계에서 선택된 변수  $x_{(1)}$ 는  $\sum_{i=1}^p \sigma_{ii} \eta^2(x_i; x_{(1)})$ 의 값이 최대가 되는 변수이다. 여기서  $x_{(1)}$ 은 크기가 1인 변수들의 조합을 나타낸다. 두 번째 단계에서 선택된  $x_{(2)}$ 는  $\sum_{i=1}^p \sigma_{ii} \eta^2(x_i; x_{(1)}, x_{(2)})$ 의 값이 최대가 되는 변수이다. 다음과 같은 과정을 반복하여  $j$ 번째 단계에서 선택된 변수  $x_{(j)}$ 는  $\sum_{i=1}^p \sigma_{ii} \eta^2(x_i; x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(j)})$ 의 값이 최대가 되도록 정한다. 만약 분석에 상관관계행렬을 사용할 때에는 식(2.3)에서  $\sigma_{ii}$ 를 제외한다.

이와 같이 주요 변수 선택 기법을 이용하여 고객군마다 중요하게 생각하는 주요 변수들을 선별해낸다.

### 3. 서비스 품질 관리 및 개선

#### 3.1 서비스 품질 관리를 위한 Hotelling's $T^2$ 관리도

기업은 경쟁력 확보를 위해서 일정 수준의 서비스 품질을 유지하는데 많은 시간과 비용을 투자하고 있다. 그러나 단일 변수가 아닌 여러 개의 변수들에 의해 종합적으로 평가되는 서비스 품질의 특징 때문에 관리가 쉽지 않다. 따라서 서비스 품질을 관리하기 위해서는 SPC 기법 중에서 단일 변량을 다루는 Shewhart 관리도가 아니라 다변량을 다루는  $T^2$  관리도를 사용해야 된다.

다변량 SPC의 데이터 구조는 한 시점에서 측정된  $p$ 개의 변수들에 대한 관측 벡터  $\mathbf{x}^T = [x_1, x_2, \dots, x_p]$ 로 표현된다.  $p$ 개의 변수들에 대한  $n$ 개의 서로 다른 시점에서 얻어진 경우 전체 데이터는  $(n \times p)$  행렬  $\mathbf{X}$ 로 표현된다. 행렬  $\mathbf{X}$ 에서 각 행은 한 시점에서 측정된 관측 벡터이고, 각 열은 변수 각각에 대한 전체 데이터이다. 이와 같은 데이터 구조를 서비스 품질에 적용하면 각 행은 고객 한 명에게서 측정된 관측 벡터로, 각 열은  $p$ 개의 서비스 품질 변수들 각각에 대한 전체 데이터로 표현될 수 있다. 또한  $p$  차원의  $i$ 번째 관측 벡터를  $\mathbf{x}_i^T = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}]$ 로 표현할 때,  $x_{ij}$ 는  $j$ 번째 변수의 관측치를 나타내고  $\mathbf{x}_i$ 는 평균 벡터  $\boldsymbol{\mu}$ 와 공분산행렬  $\boldsymbol{\Sigma}$ 을 가진 다변량 정규분포라고 가정한다. 또한  $\boldsymbol{\mu}$ 와  $\boldsymbol{\Sigma}$ 를  $n$ 개의 참조 표본으로부터 추정하였을

때 표본 평균 벡터와 표본 공분산행렬은  $\bar{\mathbf{x}}$ 와  $\mathbf{S}$ 로 표현한다.

$p$  차원 공간에서 관측 벡터  $\mathbf{x}$ 와 평균 벡터  $\bar{\mathbf{x}}$  사이의 거리 척도인  $T^2$  통계량은 다변량 분석의 개척자이며 이 통계량의 확률 분포를 밝혀낸 통계학자 Harold Hotelling의 이름을 따서 Hotelling's  $T^2$ 이라고 부른다. 통계적 거리(Statistical distance) 또는 Mahalanobis 거리는 기하학적 거리(Euclidean distance)와 다르게  $p$  차원 공간에서 변수들간의 상관관계를 고려한 거리이다. 변수들간의 상관관계는 공분산행렬의 역행렬을 통해서 고려된다.

$\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n$  을  $N_p(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$  모집단에서 추출된 표본이라고 할 때,  $T^2$  통계량은 식(3.1)와 같이  $F$  분포를 따른다.

$$\frac{n(n-p)}{(n+1)(n-p)p} T^2 \sim F(p, n-p) \quad (3.1)$$

$T^2$  관리도는 Harold Hotelling이 제안한  $T^2$  통계량을 이용하여 서로 상관관계가 있는 여러 개의 변수들을 동시에 관리하는 다변량 관리도 중의 하나이다. 관측 벡터  $\mathbf{x}^T = [x_1, x_2, \dots, x_p]$ 에 대한  $T^2$  통계량은 식(3.2) 이용하여 구할 수 있다.

$$T^2 = (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}})^T \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}}) \quad (3.2)$$

또한,  $T^2$  관리도의 관리한계선은 식 (3.3)을 통해서 정해진다.

$$UCL_{T^2} = \frac{(n+p)(n-p)p}{n(n-p)} F_{\alpha}(p, n-p) \quad (3.3)$$

Hotelling's  $T^2$  통계량을 이용한 관리도를 통해 각 고객군이 중요하게 생각하는 주요 변수들에 대한 서비스 품질을 관리한다. 관리한계선을 벗어난 데이터는 이상 신호라고 판정하고 MYT 분해법을 이용하여 원인을 분석/개선을 하게 된다.

### 3.2 서비스 품질 개선을 위한 MYT 분해법

서로 상관관계가 존재하는 여러 개의 변수들을 동시에 관리할 수 있는  $T^2$  관리도는 이상 신호가 발생하였을 때 원인 변수를 해석하는데 문제가 있다. 이상 신호는 하나의 원인 변수 또는 둘 이상의 원인 변수들의 조합에 의해서 발생되기 때문이다. 이와 같이 이상 신호의 해석을 위한 방법으로 Mason, Young, Tracy(1995)에 의해 제시된 MYT 분해법을 제안하고자 한다.

MYT 분해법은  $T^2$  통계량을 변수들 각각의 기여 정도를 반영하는  $p$ 개의 직교요소로 분해하는 기법이다. 처음  $p-1$ 개의 변수들과  $p$ 번째 변수를 분류하면,  $i$ 번째 관측 벡터  $\mathbf{x}_i = (\mathbf{x}_i^{(p-1)}, x_{ip})'$ 로 표현된다. 여기서  $\mathbf{x}_i^{(p-1)}$ 는  $p$ 번째 변수를 제외한  $p-1$  차원의 관측 벡터를 나타낸다. 따라서  $T^2$ 는 식(3.4)과 같이 두 부분으로 분해된다.

$$T^2 = T_{p-1}^2 + T_{p \cdot 1, 2, \dots, p-1}^2 \quad (3.4)$$

$T_{p-1}^2$ 의 항은 처음  $p-1$ 개의 변수를 사용한 Hotelling's  $T^2$  통계량이고 식(3.5)과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{p-1}^2 = ( \mathbf{x}_i^{(p-1)} - \bar{\mathbf{x}}^{(p-1)} )^T \mathbf{S}_{xx}^{-1} ( \mathbf{x}_i^{(p-1)} - \bar{\mathbf{x}}^{(p-1)} ) \quad (3.5)$$

여기서  $\mathbf{x}_i^{(p-1)}$ 는  $n$ 개의  $p-1$ 개의 변수에 대한 다변량 관측치의 평균 벡터이고,  $\mathbf{S}_{xx}$ 는  $(p-1)(p-1)$  차원의 주요 하위 행렬인 공분산행렬을 나타낸다.

$T_{p \cdot 1, 2, \dots, p-1}^2$ 의 항은  $x_1, x_2, \dots, x_{p-1}$ 에 대한  $x_p$ 의 조건 분포의 평균과 표준편차에 의해서 조정된 관측 벡터  $\mathbf{x}_i$ 의  $p$ 번째 요소이고 식(3.6)로 표현된다.

$$T_{p \cdot 1, 2, \dots, p-1} = \frac{x_{ip} - \bar{x}_{p \cdot 1, 2, \dots, p-1}}{s_{p \cdot 1, 2, \dots, p-1}} \quad (3.6)$$

식(3.6)의  $\bar{x}_{p \cdot 1, 2, \dots, p-1}$ 와  $s_{p \cdot 1, 2, \dots, p-1}$ 는 식(3.7)과 식(3.8)으로 나타낼 수 있다.

$$\bar{x}_{p \cdot 1, 2, \dots, p-1} = \bar{x}_p + \mathbf{b}_p' ( \mathbf{x}_i^{(p-1)} - \bar{\mathbf{x}}^{(p-1)} ) \quad (3.7)$$

$$s_{p \cdot 1, 2, \dots, p-1} = s_x^2 - \mathbf{s}_{xx}' \mathbf{S}_{xx}^{-1} \mathbf{s}_{xx} \quad (3.8)$$

여기서  $\bar{x}_p$ 는  $n$ 개의 관측치에 대한  $p$ 번째 변수의 평균이고,  $\mathbf{b}_p = \mathbf{S}_{xx}^{-1} \mathbf{s}_{xx}$ 는 처음  $p-1$ 개의 변수에 대해서 회귀된  $p$ 번째 변수의  $p-1$  차원의 추정 회귀 계수이다. 또한 식(3.8)의  $s_x^2$ 과  $\mathbf{s}_{xx}' \mathbf{S}_{xx}^{-1} \mathbf{s}_{xx}$ 는 식(3.9)의 행렬의 부분 행렬이다.

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} \mathbf{S}_{xx} & \mathbf{s}_{xx} \\ \mathbf{s}_{xx}' & s_x^2 \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

식(3.4)의  $T_{p-1}^2$ 은 다시 식(3.10)과 같이 두 부분으로 나눌 수 있다.

$$T_{p-1}^2 = T_{p-2}^2 + T_{p-1 \cdot 1, 2, \dots, p-2}^2 \quad (3.10)$$

여기서  $T_{p-2}^2$ 은 처음  $p-2$ 개의 변수를 사용한  $T^2$  통계량이고,  $T_{p-1 \cdot 1, 2, \dots, p-2}^2$ 은  $x_1, x_2, \dots, x_{p-2}$ 에 대한  $x_{p-1}$ 의 조건 분포의 평균과 표준편차에 의해서 조정된 관측 벡터  $\mathbf{x}_i$ 의  $p-1$ 번째 요소이다.

다음과 같은 과정을 반복하면  $p$ 개의 변수에 대한 Hotelling's  $T^2$  통계량은 식(3.11)와 같이 분해된다.

$$T^2 = T_1^2 + \sum_{j=1}^{p-1} T_{j+1 \cdot 1, 2, \dots, j}^2 \quad (3.11)$$

다음과 같은 MYT 분해법을 이용하여 이상 신호 발생 시 개선해야 할 변수를 찾아내어 서비스 품질을 개선한다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 서비스 품질을 효율적으로 측정하고 관리/해석하기 위한 기법을 다변량 SPC를 활용하여 제시하였다. 주요 변수 선택 기법을 이용하여 데이터 수집을 용이하게 하고 서비스 품질에 대한 효율적인 분석을 가능하게 하였다. 다변량 SPC 기법 중의 하나인  $T^2$  관리도를 이용하여 서로 상관관계가 있는 서비스 품질 변수들을 동시에 관리할 수 있는 방법론을 제시하였다. 또한, 이상 신호가 발생하였을 때 원인을 보다 정확하게 분석하기 위한 MYT 분해법을 제안하여 효율적으로 서비스 품질을 개선할 수 있는 방법을 제시하였다.

이 과정을 통해 기업은 고객을 보다 효율적으로 관리할 수 있으며, 고객 특성을 정확하게 분석하여 각 고객이 최상의 서비스를 제공받을 수 있게 하였다. 특히 이 과정을 프로그래밍 하여 인터넷과 연결시키면 고객의 변화를 실시간으로 관리할 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

1. 김한민, "고객 세분화를 통한 은행 서비스 품질의 측정 및 개선", 한양대학교 대학원 석사학위 논문, 2002.
2. George P. McCabe, "Principle Variables", *Technometrics*, Vol. 26, pp137-144, 1984.
3. Harmen Oppewal, Marco Vriens, "Measuring perceived service quality using integrated conjoint experiments", *International Journal of Bank*, pp154-169, 2000.
4. Hawkins, D. M., "Multivariate Quality Control Based on Regression-Adjusted Variables", *Technometrics*, 33, pp61-75, 1991.
5. Hawkins, D. M., "Regression Adjustment for Variables in Multivariate Quality Control", *Journal of Quality Technology*, 25, pp.170-182, 1993.
6. Hocking, R. R., "The Analysis and Selection of Variables in Linear Regression," *Biometrics*, 32, pp1-49, 1976.
7. Jackson, J. E., "Principal Components and Factor Analysis: Part I -Principal Components," *Journal of Quality Technology*, 12, pp201-213, 1980.
8. Jackson, J. E., "Principal Components and Factor Analysis: Part II -Additional Topics Related to Principal Components," *Journal of Quality Technology*, 13, pp46-58, 1981a.

9. Richard A. Johnson, Dean W. Wichern, Applied Multivariate Statistical Analysis, Prentice-Hall International, 1998.
10. Robert L. Mason, Lola D. Tracy, John C. Young, "Decomposition of  $T^2$  for Multivariate Control Chart Interpretation", Journal of Quality Technology, Vol. 27, pp99-108, 1995.
11. Robert L. Mason, Lola D. Tracy, John C. Young, "A Paractical Approach for Interpreting Multivariate  $T^2$  Control Chart Signals", Journal of Quality Technology, Vol. 29, pp396-406, 1997.
12. Zeithaml, Valarie A., Berry, Leonard L. and Parasuraman, A., "SERVQUAL: A Multiple-Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality" Journal of Retailing, Vol. 64, No. 1, pp12-40, 1988.