

실패모드에 근거한 서비스 신뢰도 평가모델

오형술(강원대학교 공학대학 산업경영공학과 교수)*

국 문 요 약

글로벌 경쟁 상황에 처한 현대의 모든 기업들은 고객의 니즈를 충족시키고, 이를 통한 경쟁력을 강화하기 위한 방안으로서 서비스를 이해하기 시작하면서 서비스에 대한 관심이 날로 증가하고 있다. 기업들이 제공하는 제품이나 서비스의 가치는 주로 고객과 서비스 제공자 간의 관계에서 형성되는 만족도의 정도로 정의되는 서비스 신뢰도에 의해 크게 좌우된다. 본 연구에서는, 유형의 제품이나 시스템의 실패 유형과 영향을 평가하는데 널리 사용되는 FMEA를 서비스의 신뢰도 평가에 적용하였다. 이를 위해, 서비스의 설계와 서비스 기능과 실패 간의 관계를 용이하게 표현할 수 있는 사건중심 프로세스 모델을 이용하였다. 본 연구의 목적은 서비스 프로세스 관점에서의 서비스 신뢰도를 평가하는 방법을 제시하는 것으로서, 이를 위해 fuzzy FMEA와 grey 이론을 이용하였다. 제안된 방법은 자동차정비 프로세스 사례에 적용하여 평가하였다.

핵심주제어: 서비스 신뢰도, 휴먼 에러, 실패유형, 퍼지 FMEA, Grey 이론

1. 서론

기업 경쟁의 글로벌화와 산업기술의 일반화로 인해 기업의 경영환경이 더욱 악화되면서, 제조상품과 서비스 간의 경계가 갈수록 희미해져 가고 있다. 제품의 특성에 서비스 요소가 많고 적으나의 차이가 있을 뿐 이제는 모든 기업이 서비스 기업화 되어가고 있다. 따라서, 서비스의 품질이 제품이나 기업의 경쟁력을 좌우하는 가장 중요한 핵심요인이 되었다(Xu, et al., 2002).

서비스 품질은 객관적 기준에 의한 것이기 보다는 고객이 경험한 서비스를 그들이 가지고 있는 기대치와 비교하여 결정한다. 이로 인해, 서비스의 성과는 현장에서 서비스를 제공하는 직원 또는 서비스를 경험하는 그 순간의 서비스 시스템의 상황에 의하여 결정되어진다. Parasuraman(1988, 1991)은 고객이 제공받은 서비스에 만족하지 못하는 이유를 4가지 갭(gap)으로 설명하였으며, 서비스의 품질을 신뢰성, 반응성, 확신성, 공감성, 유형성 5가지 요인으로 정의하였다(Bowles & Pelaez, 1995; Chang, et al., 1999). 서비스의 품질요인 중 하나인 신뢰도는 시간에 따라 정의되는 동적인 개념으로서, 고객의 서비스 경험에 직접적인 영향을 미치는 요인으로서 서비스 품질의 5가지 요인 중 가장 중요한 요인으로 인식되고 있다(Cook, et al., 2002). 그럼에도, 서비스 신뢰도에 대해서는 많은 연구가 이루어지고 있지는 않다. 또한, 발표된 기존의 연구에서도 무형성(intangibility)이나 동시성(inseparability)과 같은 서비스만이 갖는 특성을 기존의 신뢰도 공학에 반영하려는 시도는 이루어지지 않았다.

Chu et al.(1998)은 홍콩의 무선 통신 서비스에 대한 서비스 신뢰도를 대기이론(queueing theory)를 이용하여 서비스 가용성(availability)으로 평가하였다. Daneshmand et al.(1993)은 음성전화의 서비스를 고장 없이 연속적으로 서비스를 제공하는 서비스의 일관성으로 평가하였다. 이들 연구에서는 서비스 가용성을 송수신자가 사용하는 회로의 가용성으로 정의하여 서비스 신뢰도를 평가하였다. Levy et al.(1988)은 신뢰도 변수와 성과 변수의 결합분포를 이용하여 신뢰도를 수행능력(performability)으로 평가하는 모델을 제시하였다. Geum, Y. et al.(2009)은 규모가 크고 복잡한 서비스 프로세스의 분석을 위해 FTA(Fault Tree Analysis)를 이용한 트리구조의 분석 방법을 제시하였다.

본 논문에서는 서비스가 전달되는 과정에서 발생할 수 있는 가능한 실패모드에 의해 서비스 신뢰도를 평가하는 방법을 제시하며, 제시된 방법에서는 퍼지함수와 그레이 이론(Grey theory)을 이용하여 서비스의 신뢰도를 평가한다.

II. 이론적 배경 및 관련연구 고찰

2.1 서비스 신뢰도에 대한 이론적 고찰

서비스는 기술적인 결과와 기능적인 결과로 이루어진다. 기술적인 결과는 서비스에 의해 제공되는 것('What')으로서, 고객에게 전달되는 것이다. 기능적인 결과는 서비스를 어떻게 전달하는가('How')에 대한 것으로서, 이는 서비스의 전달 프로세스를 이룬다(Strawderman, et al., 2008).

* 책임저자, 강원대학교 공학대학 산업경영공학과 교수, hsoh@kangwon.ac.kr.

· 투고일: 2012-08-20 · 게재확정일: 2012-09-03

서비스 시스템은 많은 프로세스로 이루어진다. 이런 이유로 인해, 서비스 신뢰도는 해당 프로세스의 신뢰도로 측정할 수 있다(Mustafa, et al., 2002). SERVQUAL에서는 서비스 신뢰도를 “사전에 정의된 성능을 적절하게 전달하는 것”으로 정의한다(Parasuraman, et al., 1988, 1991). 따라서, 서비스 프로세스의 신뢰도는 서비스가 이루어지는 시점에서 사전에 정의된 성과요구를 만족시킬 수 있는 능력으로 정의할 수 있다.

서비스는 무형성(intangibility), 동시성(inseparability), 그리고 이질성(heterogeneity)의 독특한 특성을 가지며, 이것이 서비스를 제조상품이나 다른 시스템과 구별케 하는 것이다. 이러한 서비스의 특성 때문에 제조 상품이나 제조 프로세스에 적용되던 기존의 신뢰도 공학과 분석 방법을 서비스에 직접적으로 사용하는 것이 어렵다(Mustafa, et al., 2002). 기존의 신뢰도 공학을 서비스에 그대로 적용하였을 때 발생하는 첫 번째 문제점은 <그림 1>에서 보는 것처럼 1단계에서 발생한다. FTA(Fault Tree Analysis)나 마코브 모델로 서비스 프로세스를 모델링하는 것은 적절치 않다. 그 이유로, 이들은 서비스 프로세스 내의 상호작용과 프로세스 간의 관계를 나타낼 수 없기 때문이다. 따라서, 본 논문에서는 서비스 프로세스를 모델링하고 분석하기 위한 도구로 서비스 블루프린트를 이용한다.

두 번째 문제점은 두 번째 단계인 자료수집 단계에서 발생한다. 서비스 프로세스의 결과는 서비스가 제공되는 상황이나 고객에 따라서 달라지기 때문에 서비스 프로세스에 대한 자료를 실험실에서 실험모델을 통해 수집, 평가하는 것이 사실상 어렵다. 따라서, 본 논문에서는 각 단계에서 발생하는 실패유형과 이들의 효과에 대한 전문가 집단의 평가결과를 프로세스의 신뢰도 평가를 위한 자료로 사용한다. 마지막 문제점은 신뢰도와 실패를 모델링을 하기위한 분포를 가정하는 단계에서 발생한다. 일반적인 제품이나 프로세스의 신뢰도 문제에서는 실패가 발생하는 시간이 매우 중요하기 때문에 실패나 신뢰도 평가에 연속형 분포함수를 이용한다. 하지만, 대부분의 서비스 프로세스는 시간과 무관하게 발생하기 때문에 실패의 발생시점 보다는 발생빈도나 실패유형이 더욱 중요하다. 병원의 경우, 환자 접수처에서 발생하는 실패의 발생 횟수가 실패의 발생시점 보다 더욱 중요하다. 서비스 신뢰도에서 가장 중요한 것은 실패가 발생하지 않도록 하는 것이며, 또한 서비스 실패의 정확한 발생시점을 측정하는 것이 매우 어렵다는 점이다. 이런 이유로 인해, 본 논문에서는 기존의 신뢰도 공학에서 사용하는 확률모형 대신에 퍼지이론을 이용

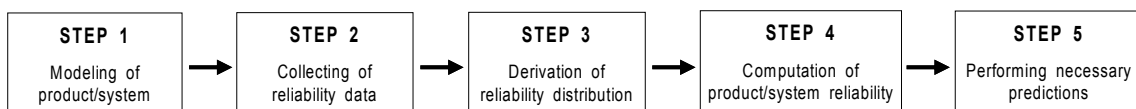
하여 신뢰도를 평가한다.

본 연구에서 제시하는 서비스 신뢰도 평가모델은 서비스 프로세스의 각 단계에서 발생할 수 있는 실패의 유형과 이로 인한 영향으로 서비스의 신뢰도를 평가하는 것이 가능하다는 것을 전제로 하여 제시하였다. 또한, 서비스를 제공받는 고객의 입장에서는 서비스 신뢰도를 요구하는 서비스가 아무런 문제없이 마무리되는 것으로 이해하기 때문에, 본 연구에서의 서비스 신뢰도는 서비스를 제공하는 과정에서 사용되는 하드웨어나 소프트웨어로 인한 영향은 배제한다.

서비스의 실패유형은 물리적인 제품이나 시스템의 실패유형과는 다르기 때문에 서비스 프로세스의 실패에 대하여 새로이 정의해야 한다. 서비스에 대한 여러 가지의 정의가 있지만, 본 연구에서는 서비스를 사전에 정의된 조건하에서 서비스 제공자와 고객 간의 상호작용들의 집합으로 정의한다. 따라서, 상호작용은 서비스가 전달되는 과정에서의 기본 활동 단위가 된다. 이러한 서비스 정의에 의해 서비스의 실패는 고객의 관점에서 서비스 전달을 위한 상호작용의 실패로 정의한다.

2.2 서비스 신뢰도와 휴먼웨어 신뢰도

전통적인 신뢰성 공학 이론에서는 실패를 고장실패(breakdown failures), 성능실패(performance failures)와 일시적 실패(transient failures)로 분류한다. 고장실패는 수리가 이루어져야만 기능이 회복되는 유형의 고장으로, 이를 "hard failures"로도 일컫는다. 성능실패는 고장실패가 발생하지 않았더라도 성능기준을 충족시키지 못하는 경우로서, 이는 "soft failures"라고도 한다. 일시적 실패는 실패현상이 일시적으로 일어났다가 곧 사라지는 현상으로서, 고장실패나 성능실패에서 일어날 수 있다. 또한, 여러 연구들에서 시스템 고장의 중요한 원인이 휴먼에러에 의한 것으로 보고되었다. Lee et al.(1988)과 Liang, et al.(1993) 연구에 따르면, 시스템 고장의 70-90%가 직접 또는 간접적으로 휴먼에러에 의한 것이라고 한다. 작업자 신뢰도(human reliability)는 인간-기계 시스템에서 작업자가 필요한 작업을 정확하게 수행하는 확률로 정의되며, 작업자 신뢰도 분석은 이 확률을 평가하기 위한 것이다(Vanderhaegen, F., 2001). 이 확률은 작업자의 수행능력이 시스템의 신뢰도와 안전도에 미치는 영향을 평가하기 위해 사용 된다(Swain, 1990).



<그림 1> 신뢰도 평가 절차

동시성이나 무형성 같은 서비스 고유의 특성으로 서비스의 신뢰도는 물리적인 제품이나 인간-기계 시스템의 신뢰도와는 다른 특성을 갖는다. 서비스가 전달되는 과정에서 이루어지는 고객의 활동은 서비스가 성공적으로 이루어지기 위해 필수적인 경우도 있다. 동일한 서비스에 대해 고객마다 서로 다른 것을 요구하며, 동일한 서비스를 서비스 제공자마다 서로 다른 방법으로 제공하기도 한다. 서비스의 이러한 특성들로 인해 서비스 신뢰도는 인간-기계 시스템에서의 작업자 신뢰도와 전통적인 신뢰도와 구별된다. 따라서 본 논문에서는 서비스 신뢰도를 서비스 제공자와 고객 간의 상호작용이 실패 없이 이루어지는 확률로서 정의한다.

Liang et al.(1993)과 Onisava(1988)의 연구결과에 의하면 인간-기계 시스템의 현상은 명확하지가 않으며, 작업자의 수행능력을 예측할 수가 없기 때문에 인간-기계 시스템에서의 작업자의 신뢰도를 정확히 평가하는 것이 어렵다. 서비스 프로세스의 신뢰도를 평가하는 것도 인간-기계 시스템에서의 작업자 신뢰도를 평가하는 것과 동일한 이유로 어려움이 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해서 퍼지이론이 서비스 신뢰도 분석에 이용된다. 퍼지이론은 복잡한 시스템에서의 작업자 신뢰도를 분석하는데 매우 유용한 도구이다(Liang, et al., 1993; Onisawa, 1988). 본 논문에서는 확률분포 대신에 [0, 1]에서 정의되는 퍼지삼각함수를 이용하여 서비스 신뢰도를 모델링하였다. 삼각퍼지함수를 이용할 때의 잇점은 실패모드의 가장 큰 가능성을 표현할 수 있을 뿐만 아니라 평가자료가 갖는 애매함도 반영할 수 있다. 뿐만 아니라, 전문가의 평가를 토대로 하여 실패확률을 결정하는 것은 서비스 신뢰도를 분석하는데 있어 중요한 방법이며, 특히 각 실패모드에 대한 확률평가를 위한 평가자료가 언어로 표현되어 구체적인 수치로 정량적인 평가가 불가능한 경우에는 중요하게 사용된다.

2.3 서비스 블루프린트

블루프린트는 관리자에게 프로세스를 관리하고 통제할 수 있도록 상황에 대한 정보를 제공한다(Shostack, 1984). 블루프린트를 설계하는 과정에서 다음과 같은 여러 가지 문제를 고려하게 된다: 프로세스를 정의, 실패지점을 구별, 소요시간을 평가, 수익성(profitability)을 분석. 중요한 실패지점은 서비스에 대한 경험이나 일관성 문제가 발생하는 지점을 보여준다(Shostack, 1984). 실패지점을 파악하는 것은 실패가 발생하지 않는 프로세스를 설계하기 위해 매우 중요하다.

서비스의 실패는 서비스 제공자에 의한 실패와 고객에 의한 실패로 나눌 수 있다. 서비스 연구기관인 TARP에 의해 수행된 연구결과에 의하면, 모든 고객 불만의 1/3 은 고객들에 의해 생긴 문제와 관련된 것이다(Chase, et al., 1994). 현장에서 문제가 가장 많이 발생하는 장소는 1:1로 서비스가 제공되는 과정과 서비스의 진행을 위해 고객이 다른 서비스 제공자에게 넘겨지는 단계이다.

서비스 신뢰도를 평가하기 위한 첫 번째 단계는 서비스 프

로세스의 각 단계를 검토하고 실패가 발생하는 지점과 시간을 확인하는 것이다. 블루프린트는 서비스 프로세스의 각 단계와 서비스 제공자와 고객 간의 정보흐름을 추적하는 것이 가능하기 때문에, 서비스 블루프린트를 작성하는 과정에서 서비스가 제공되는 프로세스와 서비스의 잠재 실패지점을 확인할 수 있다.

2.4 FMEA

FMEA(Failure Mode and Effects Analysis) 방법은 1950년대 초에 확실한 신뢰와 안전을 필요로 하는 항공산업 분야에서 공식적인 설계방법으로 개발된 것이다(Chase, et al., 1994). 이후로, 다양한 산업분야에서 제품의 신뢰와 안전을 보장하기 위해 널리 이용되고 있다. FMEA는 실패의 모든 가능한 원인을 열거한 다음, 실패가 가져오는 결과의 심각성에 따라 가중치를 부여한다(Chin, et al., 2008). FMEA에서는 프로세스나 구성품의 실패모드의 위험수준을 평가하기위해 RPN(risk priority number)를 사용한다. RPN은 3가지 지수인 실패의 심각성(severity), 실패의 발생빈도(frequency), 실패의 발견 가능성(detectability)의 곱으로 결정되며, 식(1)로 표현된다.

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

식(1)의 3가지 지수 S, O, D 각각에 대한 위험수준은 주관적이며 정성적인 언어표현으로 평가된다. 이러한 평가방법으로 인해 FMEA의 단점으로 지적되고 있는 것은 이들 지수들에 대해 평가결과가 다른 위험수준을 갖는 상황에서도 동일한 RPN 값을 가질 수 있다는 점이다(Ben-Daya, et al., 1993). 이러한 단점을 해결하기위한 연구도 이루어졌다(Bowles, et al., 1995; Chen, et al., 2009; Chin, et al. 2008; Pillay, et al., 2003; Xu, et al., 2002). Xu, et al.(2002)은 퍼지논리를 이용한 RPN 평가방법을 제시하였고, Pillay, et al.(2003)은 퍼지물과 grey theory를 이용하는 방법을 제시하였다.

2.5 Grey theory

Grey theory는 Deng에 의해 개발된 방법으로서, 퍼지이론과 마찬가지로 부분적인 정보만으로 의사결정을 하는 방법이다(Pillay, et al., 2003). Grey theory는 관계분석과 모델구축을 통해 시스템의 특성을 탐색하는 것으로서 최적화, 공학, 경제, 역사, 교통, 경영 분야 등 매우 다양한 분야에서 폭넓게 이용되고 있다.

Chang(1999)는 FMEA의 전통적인 문제점을 해결하기위해 FMEA 방법에 grey theory를 이용하였으며, 제시한 방법은 다음과 같다.

2.5.1 비교행렬의 수식화

표준행렬이라고도 하는 비교행렬은 행렬방정식 (2)의 형태로 언어표현과 의사결정요인을 표현한다. 행렬식 (2)에서 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 는 n 개의 실패모드를 나타내며, 실패모드 i는 의사결정변수를 표현하는 k개의 언어표현 $x_i = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k)\}$ 로 표현된다.

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(k) \\ x_2(1), x_2(2), \dots, x_2(k) \\ \vdots \\ x_n(1), x_n(2), \dots, x_n(k) \end{bmatrix} \quad (2)$$

2.5.2 표준행렬의 수식화

표준행렬은 모든 의사결정요인들의 바람직한 수준을 반영하는 객관적 자료이며, 식(3)으로 표현할 수 있다.

$$x_0 = [x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(k)] \quad (3)$$

2.5.3 두 행렬 간의 차이 계산

Grey theory에 의한 관계(grey 관계)의 정도를 계산하기위해 두 행렬 간의 차이 D_0 는 식(4)에 의해 표현되고 계산된다. 여기서, $\Delta_{0j}(k) = \|x_0(k) - x_j(k)\|$ 이다.

$$D_0 = \begin{bmatrix} \Delta_{01}(1), \Delta_{01}(2), \dots, \Delta_{01}(k) \\ \Delta_{02}(1), \Delta_{02}(2), \dots, \Delta_{02}(k) \\ \vdots \\ \Delta_{0n}(1), \Delta_{0n}(2), \dots, \Delta_{0n}(k) \end{bmatrix} \quad (4)$$

2.5.4 Grey 관계계수 계산

의사결정요인들을 표준행렬과 비교하기위해 grey 상관수준이 계산되어야 한다. 이 관계는 grey 상관계수라고 하며, 식(5)에 의해 계산된다.

$$\gamma(x_0(k) - x_j(k)) = \frac{\min_j \min_k |x_0(k) - x_j(k)| + \xi \max_j \max_k |x_0(k) - x_j(k)|}{|x_0(k) - x_j(k)| + \xi \max_j \max_k |x_0(k) - x_j(k)|} \quad (5)$$

$x_0(k)$ 는 표준행렬의 최소치 또는 최대치이며, $x_j(k)$ 는 비교행렬의 최소치 또는 최대치이다. 식별자 $\xi \in (0,1)$ 는 우선순위에는 영향을 미치지 않고 위험수준의 상대적인 값에만 영향을 미친다.

2.5.5 상관수준 결정

상관수준 $\Gamma(x_i, x_j)$ 는 잠재원인과 의사결정요인의 최적치 간의 관계를 나타내는 것으로서, 식(6)에 의해 표현된다.

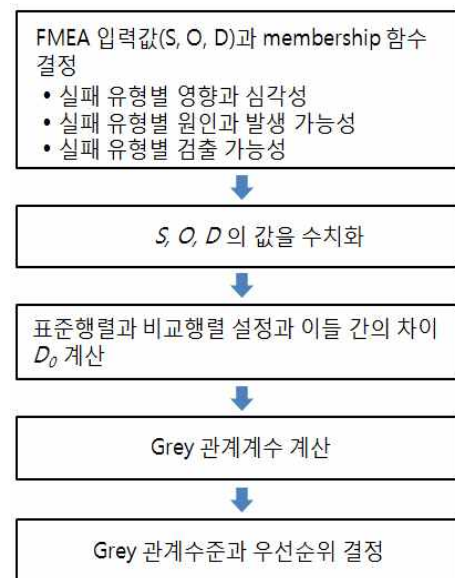
$$\Gamma(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^n \beta_k \gamma\{x_i(k), x_j(k)\}, \quad (6)$$

with $\sum_{k=1}^n \beta_k = 1$

β_k 는 의사결정요인들의 가중치이다. 가중치는 AHP 에 의해 결정될 수도 있다. Grey theory를 FMEA에 적용하기위해서는 β_k 의 합이 1이어야 한다. 식(6)을 통해 얻은 값이 클수록 규정된 사건의 영향은 작아진다. 그러므로, 상관계수의 값에 의한 오름차순의 우선순위는 개선이 필요하다고 판단된 영역의 위험순위에 대한 우선순위가 된다.

III. 서비스 신뢰도 평가모델

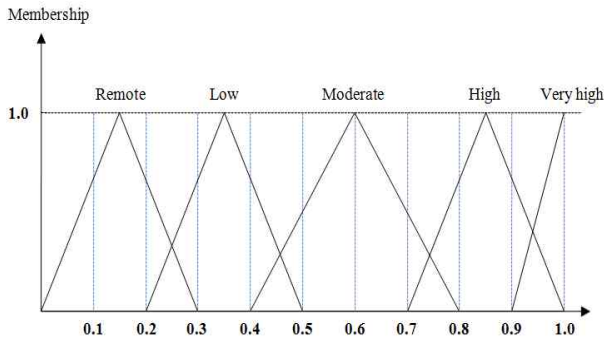
서비스 블루프린트를 통해 파악된 실패형태의 우선순위를 결정하기위해 본 논문에서 제안하는 방법은 <그림 2>와 같다. 첫 번째 단계는 3가지 지수 S, O, D를 설정하는 것이다. 각 지수는 5단계의 언어로 표현된다. 이 지수들은 각 지수를 위해 사용되는 멤버함수에 의해 퍼지지수화 한다. 멤버함수는 전문가들의 전문적인 평가를 토대로 만든다. 본 논문에서 사용되는 언어표현의 의미는 <표 1>에서 설명하며, 사용되는 삼각멤버함수는 <그림 3>과 같다.



<그림 2> 서비스 신뢰도 평가모델의 흐름도

<표 1> 언어표현에 대한 S, O, D 의미

Linguistic term	Severity	Probability of occurrence	Detectability
Remote	A failure has no effect on customer satisfaction	Failure is unlikely	Remote chance that a failure remains undetected during operation
Low	A failure that would lead slight dissatisfaction to customer	Few failures	Low chance that a failure remains undetected during operation
Moderate	A failure that would lead noticeable dissatisfaction to customer	Occasional failures	Moderate chance that a failure remains undetected during operation
High	A failure that would lead significant dissatisfaction to customer	Repeated failures	High chance that a failure remains undetected during operation
Very high	A failure that would lead serious dissatisfaction to customer	Failure is almost inevitable	Very high chance that a failure remains undetected during operation



<그림 3> 언어표현에 대한 멤버십 함수

다음 단계는 멤버함수의 퍼지 값을 일반 값으로 변환하는 것이다. 각 언어표현의 일반화된 값은 비교행렬을 만들기 위해 사용된다. 본 논문에서는 퍼지 값을 일반화 하기위해 사용하는 식(7)은 Chen et al.(1997)에 의해 제안된 것으로서 퍼지집합에서의 구체적인 값으로 변환해준다. $K(x)$ 는 일반화된 구체적인 값이다.

$$K(x) = \frac{\sum_{i=0}^n (b_i - c)}{\sum_{i=0}^n (b_i - c) - \sum_{i=0}^n (a_i - d)} \quad (7)$$

IV. 사례연구

이제 본 논문에서 제시하는 서비스 신뢰도 평가모델을 자동차 정비 서비스 사례를 통해 구체적으로 설명하고자 한다. 사례로 택한 자동차 서비스의 블루프린트와 실패형태에 대한 자료는 Chase et al.(1994)의 것을 이용하였으며, 이를 <그림

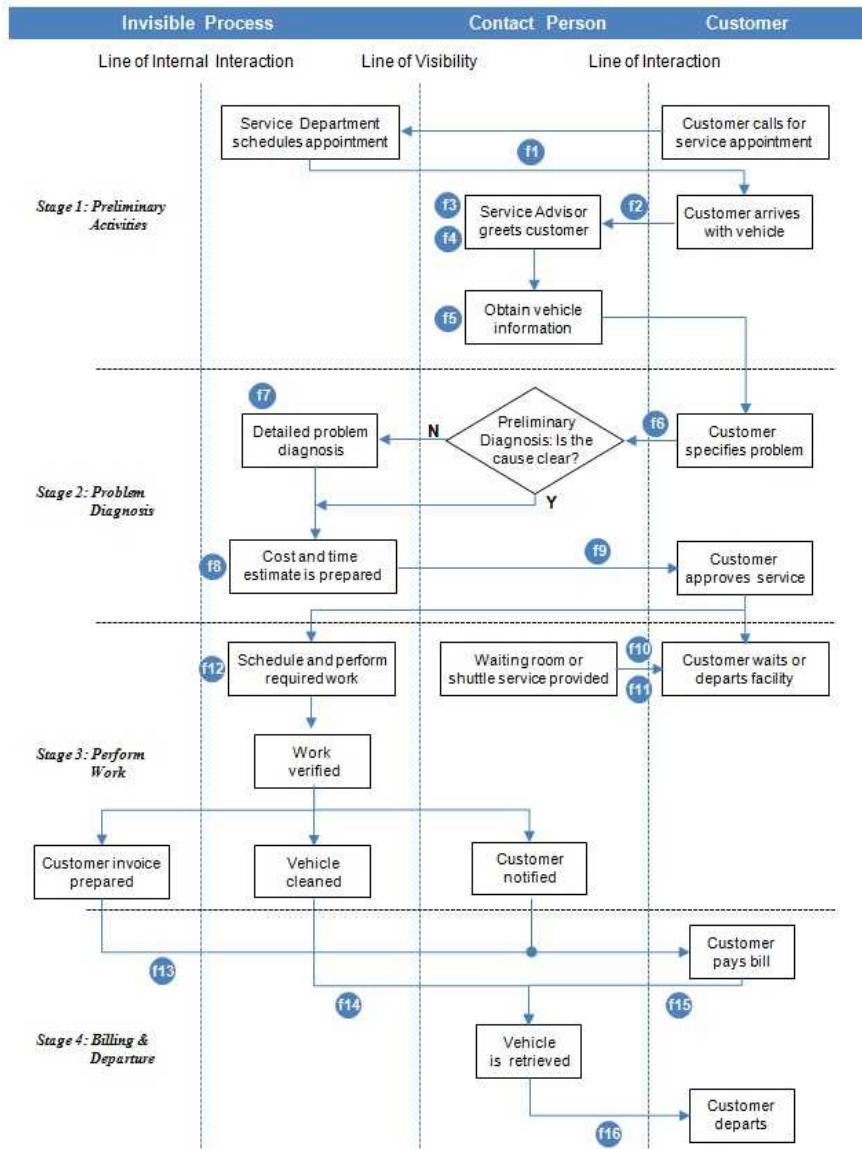
4>에 정리하였다.

자동차 정비 서비스는 고객이 서비스를 위한 예약을 하는 것으로 시작하여 모든 서비스를 마무리하고 정비업소를 떠나는 것으로 끝난다. 이를 위한 블루프린트는 크게 4단계로 이루어지며, 각 단계에서는 여러 형태의 실패가 발생한다. 각 단계에서의 FMEA 결과와 이에 대한 3가지 지수별 전문가들의 언어표현은 <표 2>에 정리하였으며, 언어표현에 대한 멤버십 함수는 <그림 3>과 같다. 실패유형별 FMEA 결과를 일반 값으로 변환한 결과는 <표 3>에 정리하였다.

<표 2> 전형적인 자동차 정비 서비스에 대한 FMEA

Stage	Failure mode	S	O	D
Preliminary Activities	f1) Customer forgets the need for service.	Low	Low	Very high
	f2) Customer cannot find service area or does not follow proper flow.	Moderate	Low	Moderate
	f3) Customer arrival unnoticed.	Moderate	Low	Moderate
	f4) Customers not served in order of arrival.	High	Remote	Very High
	f5) Vehicle information incorrect and process is time consuming.	Moderate	Remote	High
Problem Diagnosis	f6) Customer has difficulty communicating problem	High	Moderate	High
	f7) Incorrect diagnosis of problem	Very high	Moderate	Very high
	f8) Incorrect estimate	Very high	Remote	Very high
	f9) Customer does not understand the necessary service	High	Moderate	High
Perform Work	f10) Customer not located	Low	Low	Remote
	f11) Service shuttle is inconvenient	Moderate	Low	Moderate
	f12) Parts are not in stock	Very high	Low	Very high
Billing and Vehicle retrieval	f13) Bill is illegible	Low	Remote	Low
	f14) Vehicle not cleaned correctly	High	Low	High
	f15) Vehicle takes too long to arrive	High	Low	High
	f16) Feedback not obtained	Moderate	High	Remote

식별자 ξ 는 일반적으로 0.5값으로 설정하기 때문에, 본 논문에서도 동일하게 0.5의 값으로 설정하였다. 식(6)에서 상관 정도를 계산하기위해 사용한 가중치는 실패유형별 최종순위에 많은 영향을 미친다. 이 가중치는 가용한 자료의 신뢰도와 분석 목적에 의해 결정된다.



<그림 4> 자동차 정비 서비스를 위한 서비스 블루프린트

FMEA를 서비스 프로세스에 적용하는 목적 중 하나는 고객만족도에 심대한 영향을 미치는 실패유형을 결정하는 것이다. 이러한 목적 때문에 가중치 β_k 는 $\beta_S > \beta_D > \beta_O$ 관계를 갖게 된다. 본 사례에서는 $\beta_S, \beta_D, \beta_O$ 각각에 대해 0.4, 0.4, 0.2 값을 할당하였다. Grey 상관계수 $\gamma_S, \gamma_O, \gamma_D$ 는 아래와 같이 계산된다.

$$\gamma_S = \frac{0.196 + [(0.5)(0.952)]}{0.370 + [(0.5)(0.952)]} = 0.794$$

$$\gamma_O = \frac{0.196 + [(0.5)(0.952)]}{0.370 + [(0.5)(0.952)]} = 0.794$$

$$\gamma_D = \frac{0.196 + [(0.5)(0.952)]}{0.952 + [(0.5)(0.952)]} = 0.471$$

이들 값과 가중치를 식(6)에 대입하면 다음과 같이 첫 번째 실패에 대한 상관계수를 얻게 된다.

$$I(x_i, x_j) = \{(0.4)(0.794) + (0.2)(0.794) + (0.4)(0.471)\}$$

<표 2>에 기록된 실패유형에 대하여 본 논문에서 제시한 grey 이론을 이용한 FMEA 평가 결과와 전통적인 RPN 방법을 이용하여 평가한 FMEA 결과를 <표 3>에 정리, 비교 하였다.

<표 3> 전통적인 FMEA 결과와 grey 이론을 이용한 FMEA 결과 간의 비교

Failure mode	Failure mode				S	γ_s	O	γ_o	D	γ_D	Grey theory	ranking (Grey t.)	ranking (RPN)
	S	O	D	RPN									
f1) Forget the need	3	3	10	90	0.370	0.794	0.370	0.794	0.952	0.471	0.665	10	11
f2) Cannot find service area	6	3	6	108	0.583	0.635	0.370	0.794	0.583	0.635	0.667	11	7
f3) Arrival unnoticed.	6	3	6	108	0.583	0.635	0.370	0.794	0.583	0.635	0.667	11	7
f4) Not served in order	8	1	10	80	0.804	0.525	0.196	1.000	0.952	0.471	0.598	8	12
f5) Information incorrect	6	1	8	48	0.583	0.635	0.196	1.000	0.804	0.525	0.664	9	13
f6) Communicating problem	8	6	6	288	0.804	0.525	0.583	0.635	0.804	0.525	0.547	2	4
f7) Incorrect diagnosis	10	6	10	600	0.952	0.471	0.583	0.635	0.952	0.471	0.503	1	1
f8) Incorrect estimate	10	1	10	100	0.952	0.471	0.196	1.000	0.952	0.471	0.576	4	10
f9) Don't understand the necessary service	8	6	8	384	0.804	0.525	0.583	0.635	0.804	0.525	0.547	2	2
f10) Customer not located	3	3	1	9	0.370	0.794	0.370	0.794	0.196	1.000	0.877	16	15
f11) Shuttle is inconvenient	6	3	6	108	0.583	0.635	0.370	0.794	0.583	0.635	0.667	11	7
f12) Parts are not in stock	10	3	10	300	0.952	0.471	0.196	1.000	0.952	0.471	0.576	4	3
f13) Bill is illegible	3	1	3	9	0.370	0.794	0.196	1.000	0.370	0.794	0.835	15	15
f14) Vehicle not cleaned	8	3	8	192	0.804	0.525	0.370	0.794	0.804	0.525	0.579	6	5
f15) Too long to arrive	8	3	8	192	0.804	0.525	0.370	0.794	0.804	0.525	0.579	6	5
f16) Feedback not obtained	6	8	1	48	0.583	0.635	0.804	0.525	0.196	1.000	0.759	14	13

V. 결론

본 연구에서는 서비스 프로세스에서 발생하는 다양한 실패 유형에 대하여 FMEA와 grey이론을 이용하여 서비스 신뢰도를 평가하는 방법을 제시하였다. 이를 위해 유형의 시스템에 적용하는 FMEA 개념을 서비스에 적용하였다. 서비스 설계를 용이하게 하고 서비스에서의 기능과 실패 간의 관계를 나타내기 위하여 사건 중심의 프로세스를 사용하였다.

서비스 블루프린트는 서비스 프로세스에서의 가능한 실패유형을 확인하고, 그 영향을 평가하기 위해 사용하였다. 실패유형별 영향을 평가하는 단계에서는, 서비스 신뢰도를 언어표현에 의해 평가하기 위해 퍼지집합 이론을 이용하였다. 더하여, grey 이론은 잠재적인 실패원인이 되는 위험요인들 간의 관계의 정도와 우선순위를 결정하기 위해 이용하였다.

자동차 정비 서비스 사례를 통해, 본 연구에서 제시한 방법으로 서비스 신뢰도를 평가할 수 있다는 것을 확인하였다. 또한, 제시한 방법은 서비스 신뢰도에 영향을 미치는 실패유형을 확인함으로써 서비스 프로세스 설계를 용이하게 하는 정량적인 방법으로 사용될 수 있다는 것을 보여주었다.

서비스 신뢰도는 서비스 프로세스에 참여하는 휴먼에러(human errors)에 민감하기 때문에, 추후에는 서비스 신뢰도에서의 휴먼 에러를 평가하는 방법에 대하여 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

Ben-Daya, M. and Raouf, A.(1993), A revised failure mode and effects analysis model. *International Journal of Quality Reliability and Management*, 3(1), 43-47.

Bowles, J. B. and Pelaez, C. E.(1995), Fuzzy logic prioritization of failures in a system failure model, effects and criticality analysis. *Reliability Engineering*

and *System Safety*, 50, 203-213.

Chang, C. L., Wei, C. C. and Lee, Y. H.(1999), Failure mode and effects analysis using fuzzy method and grey theory. *Kybernetes*, 28(9), 1072-1080.

Chase R. B. and Stewart D. M.(1994). Make your service fail-safe. *Sloan Management Review*, 35(3), 35-44.

Chen, C. B. and Klien, C. M.(1997), A simple approach to ranking a group of aggregated fuzzy utilities. *IEEE Transaction System, Man and Cybernetics, Part B :Cybernet*, 27(1), 26-35.

Chen, L. H. and Ko, W. C.(2009), Fuzzy linear programming models for new product design using QFD with FMEA. *Applied Mathematical Modeling*, 33, 633-647.

Chin, K. S., Chan, A. and Yang, J. B.(2008), Development of a fuzzy FMEA based product design system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 36, 633-649.

Chu, L. K., Chu, S. S. and Sculli, D.(1998). Service availability of a radio access telecommunications network. *Quality & Reliability Engineering International*, 14, 365-370.

Cook L. S., et al.(2002), Human issues in service design. *Journal of Operations Management*, 20, 159-174.

Daneshmand, M. and Savolaine, C.(1993), Measuring outages in telecommunications switched networks. *IEEE Communications Magazine*, June, 34-30.

Deng, J.(1982), Control problems of grey systems. *System Control Letter*, 1(5), 288-294.

Geum, Y., Seol, H., Lee, S. and Park, Y.(2009), Application of fault tree analysis to the service process: service tree analysis approach. *Journal of Service Management*, 20(4), 433-454.

Gilchrist W.(1993), Modeling failure modes and effects analysis, *International Journal of Quality Reliability and Management*, 10(5), 1-24.

Glossbrenner, K. C.(1993). Avalability and reliability of switched services. *IEEE Communications Magazine*, June, 28-32.

Lee, K. W., Tillman, F. A. and Higgins, J. J.(1988), A

- literature survey of the human reliability component in a man-machine system. *IEEE Transactions on Reliability*, 37(1), 24-34.
- Levy, Y. and Wirth, P.(1988), A unifying approach to performance and reliability objectives. *Proc. 12th International Teletraffic Congress*.
- Liang, G. S. and Wang, M. J.(1993), Evaluating human reliability using fuzzy relation. *Microelectron Reliability*, 33(1), 63-80.
- Mustafa G. and Ipek, D.(2002), Reliability of service systems and an application in student office. *The International Journal of Quality and Reliability Management*, 19(2), 206-211.
- Onisawa, T.(1988), A representation of human reliability using fuzzy concepts. *Information Sciences*, 45, 153-173.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A. and Berry, L. L.(1988), SERVQUAL: a multiple item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing*, 64 (1), 12-40.
- Parasuraman, A., Berry, L. L. and Zeithaml, V. A.(1991), Understanding customer expectations of service. *Sloan Management Review*, 32(3), 39-48.
- Pillay, A. and Wang, J.(2003), Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning. *Reliability Engineering & System Safety*, 79, 69-85.
- Shostack G. L.(1984), Designing services that deliver. *Harvard Business Review*, Jan-Feb., 133-139.
- Singer, D.(1990), A fuzzy set approach to fault tree and reliability analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 34, 145-155.
- Sivadas, E. and Baker-Prewitt, J. L.(2000), An examination of the relationship between service quality, customer satisfaction, and store loyalty, *International Journal of Retail & Distribution*, 28(2), 73-82.
- Strawderman, L., Koubek, R.(2008). Human factors and usability in service quality measurement. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 18(4), 454-463.
- Swain, A. D.(1990), Human reliability analysis: needs, status, trends and limitations. *Reliability Engineering and System Safety*, 29, 301-313.
- Teng S. H. and Ho S. Y.(1996), Failure mode and effects analysis: an integrated approach for product design and process control. *International Journal of Quality, Reliability and Management*, 13(5), 8-26.
- Vanderhaegen, F.(2001), A non-probabilistic prospective and retrospective human reliability analysis method - application to railway system. *Reliability Engineering and System Safety*, 71, 1-13.
- Xu, K., Tang, L. C., Xie, M., Ho, S. L. and Zhu, M. L.(2002), Fuzzy assessment of FMEA for engine system. *Reliability Engineering & System Safety*, 75, 17-29.

Evaluating Service Reliability focused on Failure Modes

Oh, Hyung Sool*

Abstract

Service and manufacturing companies' efforts are increasingly focused on utilizing services to satisfy customers' needs and survive in today's competitive market environment. The value of services depends mainly on service reliability that is identified by satisfaction derived from the relationship between customer and service provider. In this paper, we extend concepts from the failure modes and effects analysis of tangible systems to services. We use an event-based process model to facilitate service design and represent the relationships between functions and failures in a service. The objective of this research is to propose a method for evaluating service reliability based on service processes using fuzzy failure mode effects analysis (FMEA) and grey theory. We define the failure mode of service as interaction ways that can be failed in a service delivery process. The fuzzy set theory is used to characterize service reliability based on linguistic terms during FMEA. Grey theory is employed to determine the degree of relation and ranking among risk factors that are represented as potential failure causes. To demonstrate implementation of the proposed method, we use a case study involving a typical automotive service operation.

Key Words: Service reliability, Human errors, Failure modes, fuzzy FMEA, Grey theory

* Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Kangwon National University