벤처창업연구 제9권 제1호 (통권31호)
Asia-Pacific Journal of Business Venturing and Entrepreneurship Vol.9 No.1 pp177-186

실패유형의 종속성을 고려한 서비스 시스템의 FMEA 평가모델

오형술(강원대학교 산업경영공학과 교수)*
박노국(상지대학교 경영정보학과 교수)**

국 문 요 약

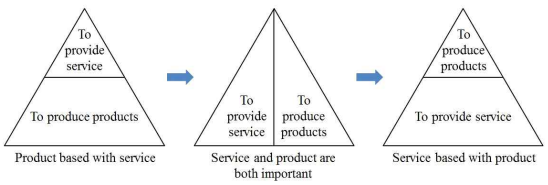
FMEA는 실패로 인한 위험을 최소화하기위해 실패의 요인과 그로인한 영향을 사전에 평가하는 체계적인 방법이다. 이 방법은 제품의 신뢰도 문제를 해결하기 위해 제조산업 분야에서 주로 사용되어 왔으나, 서비스의 역할과 중요성이 커지면서 최근에는 이를 서비스의 신뢰도 문제에도 사용하고 있다. 하지만, 서비스에서는 고객이 서비스 전달 프로세스에 참여하며 고객마다의 이질성 등으로 인해 제조업을 위해 개발된 FMEA를 직접 사용할 수은 없다. 이러한 이유로 인해, FMEA를 서비스에 적용하기위한 여러 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는, 심각도, 발생빈도, 검출력으로 우선순위를 평가하던 기존의 RPN 대신에, 서비스 특성을 고려하여 심각도, 발생빈도, 회복력 3가지로 평가하는 새로운 지수 S-RPN을 제시하였으며, 기존연구의 사례를 통해 제시된 방법의 효용성을 평가하였다.

핵심주제어: 서비스실패, 서비스 종속형 RPN, 퍼지 FMEA

Ⅰ. 서론

IT기술이 일반화되어 거의 모든 제품에 IT를 활용한 서비스 기술이 융합되면서 제조업체와 서비스업체간의 경계가 갈수록 모호해져가고 있으며, 제조업체들은 경쟁에서 살아남기 위해 서비스에 대하여 점점 더 많은 관심과 투자를 진행하고 있는 것이 현재의 기업 현실이다. 또한, 기후 온난화로 인한 기상이변이 전 세계적으로 잦아지면서 유럽에서는 제조산업으로 인한 환경파괴 및 지하자원의 소비를 최소화하기 위한 목적으로 PSS(Product -Service System) 개념을 처음으로 도입하였다(Mont, 2002). 제품과 서비스를 하나의 시스템으로 결합시킨 PSS 제품이 기업의 지속적 발전 전략의 핵심모델이라는 인식이 빠르게 확산되면서(Johansson & Olhager, 2006), 제품의 기능과 역할이 Figure 1에서 보듯이 서비스 제공을 위한 도구로 변화해가고 있다(Kuo & Wang, 2012).

제품과 서비스가 하나의 시스템으로 융합되면서, 제품이나 시스템의 가장 중요한 품질특성 중 하나인 신뢰도 확보를 위해서는 제품뿐만 아니라 서비스로 인한 실패방지를 위한 방법이 함께 고려되어야만 한다. 특히 서비스의 실패는 고객충성도와 고객 만족도, 부정적인 고객평가 등에 직접적인 영향을 미칠 뿐만 아니라(Berry & Parasuraman, 1992; Boshoff, 1997; Michel, 2001), 제품과 달리 그 현상을 곧바로 파악하는 것이 어렵기 때문에 사전에 실패를 방지하는 것이 더욱 중요하다. Tax · Brown(1998)에 의하면, 서비스의 실패여부 확인을 어렵게 하는 가장 큰 이유는 불만족 고객의 5~10% 정도만이 기업에 불만을 표현한다는 것이다. 대다수의 고객은 아무런 반응없이 이후부터 다른 서비스를 선택하거나 다른 사람들에게 불만을 표현하면서 다른 서비스에 대한 정보를 구한다는 것이다.



자료: Kuo & Wang(2012), P. 6692.

<Figure 1> Relationship between product and service

제조산업 분야에서는 오래전부터 FMEA(Failure Mode and Effects Analysis)를 이용하여 제품의 신뢰도 문제를 해결하고 있다(Boshoff, 1997). FMEA는 설계단계에서 신뢰도와 관련된 문제들을 해결하기 위해 사용되는 방법으로서, 발생 가능한 실패유형과 이들의 위험의 정도를 평가하여, 우선순위별로 사전조치를 취함으로 실패로 인해 발생할 수 있는 비용을 최소화하는 체계적인 방법이다(Puente et al., 2002). 하지만, FMEA에서 3개 요인(심각성, 발생빈도, 검출력)을 서로 곱해서 위험의 정도를 나타내는 값인 RPN(Risk Priority Number)을 평가하는 방법에 대해서 문제가 제기되어왔다. 이를 해결

* 제1저자, 강원대학교 산업경영공학과 교수, hsoh@kangwon.ac.kr
** 교신저자, 상지대학교 경영정보학과 교수, rogpark@sangji.ac.kr
· 투고일: 2014-01-21 · 수정일: 2014-02-20 · 게재확정일: 2014-02-23

하기위한 방법으로서 퍼지로직(Bowles & Pelaez, 1995; Chang·Wei & Lee, 1999; Pillay & Wang, 2003; Tay & Lim, 2006), Grey Theory(Chang·Wei & Lee, 1999; Pillay & Wang, 2003), ANOVA(Narayanagounder, 2009)를 이용한 연구들이 발표되었다. 최근에는 FMEA를 서비스의 신뢰도 문제해결에 적용한 연구들이 발표되었다(Chuang, 2007; Geum·Cho & Park, 2011). 하지만, 고객과의 상호작용을 통해 품질이 형성되는 서비스 제품과 구별되는 특성인 무형성(Intangibility), 소멸성(Perishability), 동시성(Inseparability), 이질성(Heterogeneity) 을 갖기 때문에 제조산업에 적합토록 개발된 FMEA를 그대로 적용하는 것에는 문제가 있다(Chang·Wei & Lee, 1999; Pillay & Wang, 2003).

서비스는 고객과 제공자 간의 다양한 상호작용이 여러 단계를 거치면서 이루어지고, 이 과정에서 서비스의 품질이 형성된다. 이러한 서비스 전달 프로세스는 동적 특성을 갖기 때문에 앞에서 수행된 활동들의 결과가 이후의 활동과 서비스 품질에 직간접적으로 영향을 미친다. 본 논문에서는 기존 연구들에서 간과한 실패유형들 간의 종속성을 고려한 서비스 시스템의 FMEA 평가방법을 제시한다. 2절에서는 서비스 시스템의 FMEA 평가에 대한 기존연구를 고찰하며, 본 연구에서 제시한 방법의 이론적 배경에 대하여 살펴본다. 3절에서는 본 논문에서 제시하는 방법을 단계별로 구체적으로 설명하며, 4절에서는 사례연구를 통하여 제시된 평가방법의 결과를 기존방법 결과와 비교하여 설명한다. 마지막 5절에서는 연구의 결론과 함께 추후의 연구과제에 대하여 설명한다.

II. 기존연구

서비스에서의 실패란 서비스 결과가 고객의 기대를 충족시키지 못했거나 기대에 못 미쳤다는 것을 의미한다(Chuang, 2007; Mueller·Palmer & Mack, 2003; Hess·Ganesan & Klein, 2003). 서비스 품질에 대한 정의에서처럼, 서비스의 실패여부도 제공된 서비스에 대한 고객인식에 의해서 결정되어진다. 기업의 입장에서 최고의 전략을 수립하고 이를 지키기 위해 철저한 품질관리 절차를 운영한다고 하더라도 그것이 고객의 관점에서 충분치 않으면 결국은 서비스의 실패 결과를 가져올 것이다(Chuang, 2007; Geum·Cho & Park, 2011). 동일한 서비스에 대해서도 고객에 따라 다른 선호도를 보이는 이질성의 특성도 서비스의 실패문제를 어렵게 만드는 요인 중 하나이다. 서비스의 이런 특성으로 인해, 서비스 실패 문제를 다루는데 있어서 가장 중요한 것은 고객의 관점 또는 고객의 인식이다(Michel, 2001).

Hoffman & Kelley(1995)은 레스토랑 사례를 중심으로 서비스 실패를 발생하는 원인에 따라 서비스 전달 시스템의 실패, 고객요구에 대한 직원의 대응실패, 직원의 응대하는 태도의 실패 3가지로 분류하였다. 이 연구결과를 토대로 Armistead·Clarke & Stanley(1995)는 서비스 실패를 제공자에 의한 실패, 고객에 의한 실패, 관련시설에 의한 실패로 구분하였다.

Kelley & Davis(1994)은 서비스 실패가 시점, 심각성, 발생빈도에 따라 달라질 수 있다고 보았다. 서비스의 실패는 고객과 깊이 관련되기 때문에, 실패의 심각성은 고객과의 관계에 따라 달라진다. 서비스의 실패는 어느 시점에서나 발생할 수 있기 때문에 실패가 서비스의 초기단계에서 발생하느냐 아니면 중간 또는 마지막 단계에서 발생하느냐에 따라서 그 결과의 심각성이 달라질 수 있다.

FMEA는 제조산업에서 재품의 신뢰도와 관련된 문제를 다루기 위해 널리 사용되는 방법으로서, 실패로 인한 리스크를 최소화하기 위한 목적으로 사용된다(Narayanagounder & Gurusami, 2009; Puente et al., 2002). 최근에 FMEA를 서비스에 적용한 연구들이 진행되었으나(Chuang, 2007; Geum·Cho & Park, 2011), 이들 연구에서는 실패유형에 대한 RPN을 전통적인 방법으로 평가하였다. Chuang(2007)은 FMEA 방법을 서비스 실패 문제에 적용하기위해 서비스 블루프린트를 사용하였다. Pillay & Wang,(2003)과 Chang·Wei & Lee(1999)은 다른 실패요인이 동일한 결과 값을 갖는 RPN 평가방법의 문제점을 해결하기 위한 방법으로 Grey Theory를 적용하였다. RPN 평가방법으로 퍼지로직을 사용한 연구(Bowles & Pelaez, 1995; Chang·Wei & Lee, 1999; Pillay & Wang,, 2003; Tay & Lim, 2006)와 ANOVA(Boshoff, 1997; Narayanagounder & Gurusami, 2009)를 사용하기도 하였다. Xiao et al.(2011)은 RPN 평가에서 고려하는 3가지 요인에 대하여 동일한 가중치를 사용하는 대신, 실패가 가져오는 결과의 심각성과 발생빈도에 더 큰 가중치를 사용하는 방법을 제안하였다.

III. 실패유형의 종속성을 고려한 FMEA 평가모델

3.1 위험과 전통적인 FMEA의 RPN 평가요인

FMEA의 RPN은 제품이나 시스템에서 발생 가능한 실패로 인한 위험의 크기를 나타내는 값으로서, RPN = 심각성(Severity)×발생빈도(Occurrence)×검출력(Detectability) 으로 평가한다. 하지만, RPN을 3가지 요인으로 평가하는 것과 이들 요인을 단순히 서로 곱하는 수식의 적합성과 이론적 배경에 대한 의문을 제시하기도 한다(Bowles & Pelaez, 1995; Chang·Wei & Lee, 1999).

3가지 요인으로 RPN을 평가하는 방법의 타당성을 살펴보기 위해 먼저, '위험(Risk)' 이라는 용어의 정의에 대해서 살펴보자. Kaplan & Garrick(1981)는 실패나 사건이 발생해도 손실이나 피해가 수반되지 않는다면 문제가 되지 않을 것이며, 실패가 언제 발생할 것이라는 것을 미리 안다면 사전에 확실하게 방지할 수 있기 때문에 또한 문제가 되지 않는다. 따라서 위험이란 가능한 손실(Loss)이나 피해(Damage)와 불확실성

(Uncertainty) 두 가지 특성으로 정의하였으며, 사건이나 현상을 받아드리는 사람에 따라 그 정도가 달라지기 때문에 주관적인 개념으로 해석하였다. 위험에 대한 위의 정의에 의하여, 위험분석은 다음의 3가지 항목에 대해서 이루어진다.

1) 어떤 일 또는 사건이 발생가능한가?
2) 그 사건이 발생할 수 있는 가능성은 어느 정도인가?
3) 발생한다면, 결과는 어떻게 되는가?

위의 첫 번째 질문은 실패유형과 관련된 것이고, 두 번째와 세 번째는 실패의 발생 가능성과 심각성에 해당된다. RPN에서 추가로 고려하는 검출력은 실패가 발생되기 전에 발견할 수 있는 가능성으로서, 제품이나 시스템은 정기점검이나 예방보전 등을 통해 사전에 실패를 방지할 수 있다. 이상의 내용을 통해 실패로 인한 위험의 정도를 평가하는 RPN의 수식은 실패로 인한 결과(심각성)와 발생 가능성(발생빈도 또는 확률×검출력 또는 방지 가능성)을 곱하는 것이기 때문에, RPN 값은 실패유형에 대한 기대손실 지수로 해석할 수 있다.

3.2 서비스의 특성과 서비스 실패

서비스는 “고객이 만족하는 결과를 제공하기위해 제공자와 고객 간에 이루어지는 비즈니스 거래”이다(Ramaswamy, 1996). 고객이 만족하는 서비스 전달을 위해서 제공자는 고객과 여러 단계의 상호작용 프로세스를 갖게 된다. 이런 서비스의 전달과정에서 인지된 품질이 최종적으로 서비스의 품질을 형성하는 것이다.

서비스가 제공되는 과정에서 원하지 않는 결과가 발생했을 때, 문제의 인과관계를 설명하기 위해 결함(fault), 오차(error), 실패(failure)라는 용어들을 사용한다(Torres-Pomales, 2013). 문제의 결과를 3가지로 구별하는 것은 실패의 특성을 구성요소들 간의 계층구조를 반영한 인과관계로 파악하는 것을 가능케 한다. 실패란 시스템이 외부와 상호작용하는 과정에 문제가 있는 것으로서, 기대한 결과와의 차이에 의해서 결정된다. 오차는 목표로 하는 결과 값이나 요구시점과의 차이이며, 결함은 문제의 원인으로서 구성요소의 기능적 결함을 의미한다.

서비스 시스템이 제조 시스템과 구별되는 가장 큰 특징 중 하나는 동시성으로서 고객이 서비스 생산에 직접 참여하기 때문에 서비스가 전달되는 현장에서 품질이 형성된다. 또한, 고객마다 선호도가 다른 이질성의 특성으로 인해 동일한 서비스에 대한 고객의 평가나 만족도가 전혀 다를 수도 있다. 구성요소의 물리적인 결함이 고장의 결과를 가져오는 물리적인 제품이나 시스템과는 달리, 이러한 서비스만의 특성들이 서비스 실패의 중요한 원인들이 된다(Geum, Cho & Park, 2011). 서비스에서의 실패란 제공된 서비스 성과가 고객 만족도에 나쁜 영향을 미치는 결과로서(Parasuraman·Zeithaml & Berry, 1985; Reichheld, 1996; Smith·Bolton & Wagner, 1999), 서비스 성과가 고객의 기대를 충족시키지 못했거나 기대이하일 때 발생한다(Chuang, 2007; Mueller et al., 2003; Hess·Ganesan & Klein, 2003).

3.3 서비스 시스템의 RPN(S-RPN)

앞에서 살펴본 기존연구들에서 서비스의 실패에 대한 위험도(RPN)를 평가하기위해 심각도, 발생빈도, 검출력 3가지를 곱하는 수식을($RPN = 심각도 \times 발생빈도 \times 검출력$) 이용하였다.

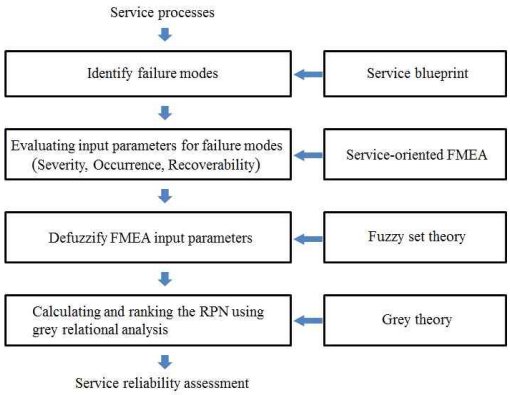
하지만, 서비스에서는 서비스만의 특성인 동시성과 이질성으로 인해 제품과 달리 실패를 사전에 방지하거나 인지할 수 있는 가능성을 의미하는 검출력을 사전에 평가하는 것이 어렵다. 오히려, 이질성으로 인해 동일한 서비스 결과에 대해 고객이 만족할 수도, 불만족 할 수도 있기 때문에 실패를 완전히 방지하는 것이 불가능하다. 따라서 제공된 서비스가 실패했을 때, 이에 대해서 얼마나 빠르고 정확한 대처가 가능한가를 나타내는 회복력(Recoverability)을 위험도 평가요인으로 대처하여 고려하는 것이 더 타당할 것이다. NASA 보고서에서는(Torres-Pomales, 2013) 회복력(Recoverability)을 실패가 발생한 이후에 이에 대한 조치를 통해서 다시 정확한 서비스를 전달하는 능력으로 정의한다. 이는 시스템 구성요소의 수리나 교체 등의 물리적인 조치를 의미하는 정비성(Maintainability)을 확장한 개념으로서, 실패가 발생한 후 정해진 시간 내에 정확한 서비스를 다시 제공하는 확률을 의미한다. 이는 또한, 신뢰도를 보충하는 개념이다.

서비스 전달 프로세스는 고객의 요구를 단계적으로 충족시켜가는 동적 과정으로서, 선행활동 결과가 후속활동에 영향을 미칠 수 있고, 이는 활동들 간의 종속관계로 나타날 것이다. 따라서 실패유형에 따른 위험도 분석 시에도 활동들 간의 종속관계를 고려해야 할 것이며, 이를 심각도 요인에 종속의 강도로 반영하였다. 종속의 강도는 영향을 받는 후속활동의 숫자로 평가하며, 선행활동의 결과에 영향을 받는 후속활동이 많다는 것은 이 활동에서의 실패로 인하여 후속적으로 실패가 발생할 수 있는 활동이 많음을 의미한다. 이에 본 논문에서는 서비스의 특성인 동시성과 이질성, 실패유형 간의 종속성을 고려한 새로운 위험평가지수인 S-RPN을 다음과 같이 평가한다.

$$S-RPN = (심각도 \times 종속강도) \times 발생빈도 \times 회복력 \quad (1)$$

3.4 서비스 시스템의 FMEA 평가모델

본 연구에서 제안하는 서비스 시스템의 FMEA 평가방법은 Figure 2과 같은 절차에 의해 이루어진다.

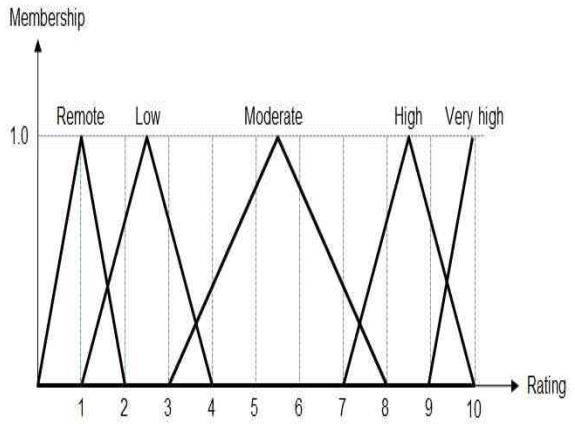


<Figure 2> Flowchart of the proposed model for service-oriented FMEA

먼저, 서비스 블루프린트를 이용하여 서비스가 전달되는 프로세스를 확인하고, 각 단계에서 발생할 수 있는 실패유형을 파악한다. 서비스 블루프린트는 서비스 설계단계에서, 서비스 전달을 위해 고객과 제공자 간에 이루어지는 활동과 정보, 각 활동의 예상소요시간, 각 단계에서 발생 가능한 실패유형들을 확인하기위해 사용한다. 두 번째 단계에서는, 각 실패유형의 위험도를 3가지 관점에서 평가한다. 제안한 방법에서는 서비스 프로세스의 특성을 반영하기위해 검출력 대신 회복력을 고려한다. 서비스의 정확성은 서비스가 진행되는 모든 과정에서 해당 서비스에 대하여 정의된 내용대로 실행되었는지를 다 알고 있어야만 정확히 판단할 수 있으나, 현실적으로는 이것이 불가능하기 때문에 통계적 이론을 적용하여 해석하고 판단한다(Torres-Pomales, 2013). 따라서 실패유형에 대한 위험도 평가를 위해 전문가들로 위원회를 구성하고, 위원회에서는 위험도를 평가하는 퍼지언어에 대한 5가지 정의 <Table 1>와 이에 대한 퍼지 멤버십함수<Figure 3>를 정의한다.

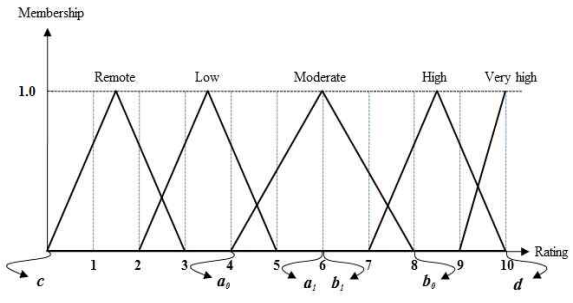
<Table 1> Meaning and rating of linguistic terms

Linguistic term	Severity	Occurrence	Recoverability	Rating
Remote	A failure has no effect on customer satisfaction	Failure is unlikely	The chance that a failure can be successfully recovered is very high	1
Low	A failure that would lead slight dissatisfaction to customer	Few failures	The chance that a failure can be successfully recovered is high	2,3
Moderate	A failure that would lead noticeable dissatisfaction to customer	Occasional failures	The chance that a failure can be successfully recovered is moderate	4,5,6,7
High	A failure that would lead significant dissatisfaction to customer	Repeated failures	The chance that a failure can be successfully recovered is low	8,9
Very high	A failure that would lead serious dissatisfaction to customer	Failure is almost inevitable	The chance that a failure can be successfully recovered is remote	10



<Figure 3> Triangular membership functions for the linguistic terms

세 번째 단계에서는, 퍼지언어로 평가된 위험도의 퍼지함수 값을 Chen & Klien(1997)이 제안한 식(2)을 이용하여 일반 값으로 정량화한다.



자료: Pillay, A. & Wang, T.(2003), P. 76.

<Figure 4> Defuzzification of membership functions

$$K(x) = \frac{\sum_{i=0}^{n}(b_i - c)}{\sum_{i=0}^{n}(b_i - c) - \sum_{i=0}^{n}(a_i - d)} \quad (2)$$

마지막 단계에서는, 실패유형에 대한 RPN을 평가한다. 기존의 RPN 평가방법은 다른 실패유형임에도 동일한 RPN 값을 갖는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이런 문제점을 해결하는 방법의 하나로 제시된 Chang·Wei & Lee(1999)의 Grey Relational Theory를 이용하여 RPN을 평가하며, 평가절차는 다음과 같다.

Step1) 서비스 시스템의 모든 실패유형$\{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$에 대하여 3가지 요인별로 평가한 결과의 평가 매트릭스를 작성한다.

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1(1)\, x_1(2) \cdots x_1(k) \\ x_2(1)\, x_2(2) \cdots x_2(k) \\ \vdots \quad\quad \vdots \quad\quad \vdots \\ x_n(1)\, x_n(2) \cdots x_n(k) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Step2) 평가요인에 대한 목표치로 구성된 표준 매트릭스 $x_0 = [x_0(1), x_0(2), \cdots, x_0(k)]$를 작성한다.

Step3) 평가 매트릭스와 표준 매트릭스로부터 차이 매트릭스를 만든다. 차이인 $\triangle_{0j}(k) = \| x_0(k) - x_j(k) \|$는 현재의 평가결과가 목표치와 비교하여 어느 정도 수준인가를 나타내는 값으로, 이를 Grey 관계수준이라고 한다.

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

Step4) 차이 매트릭스로부터 실패유형별로 각 평가요인에 대하여 다음 식을 이용하여 Grey 관계수준 계수를 계산한다. 이 값은 평가요인 측면에서 현재의 서비스 상태가 목표치에 근접한 비율을 의미하는 것으로서, 1의 가까울수록 좋다.

$$\gamma(x_0(k), x_j(k)) = \frac{\triangle_{\min} + \xi\triangle_{\max}}{\triangle_{oj}(k) + \xi\triangle_{\max}} \quad (5)$$

$$\triangle_{0j}(k) = |x_0(k) - x_j(k)|$$
$$\triangle_{\min} = \min_j \min_k |x_0(k) - x_j(k)|$$
$$\triangle_{\max} = \max_j \max_k |x_0(k) - x_j(k)|$$

Step5) 실패유형의 평가요인에 대한 가중치를 반영하여 Grey 관계수준을 계산한다. 이에 대한 식은 다음과 같으며, 가중치의 합은 당연히 1이 될 것이다.

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

식(6)에 의해 계산된 Grey 관계수준의 값은 현재의 서비스 상태를 3가지 평가요인 측면에서 평가한 값으로서 기존 FMEA에서의 RPN을 나타낸다. 이 값은 서비스 상태가 목표치에 근접한 정도를 의미하는 값으로서 $0 < \Gamma(x_i, x_j) < 1$ 을 취하며, 1에 가까울수록 목표치에 근접한 상태이며 낮을수록 실패의 발생가능성이 크다는 것을 의미한다.

본 논문에서는 기존의 Grey 관계수준 값에 실패유형 간의 종속성을 고려한 식(1)의 개념을 적용하여 다음 식으로 S-RPN을 계산한다.

$$S\text{-}RPN_i = (\gamma_{S_i} \times \omega_i) \times \gamma_{O_i} \times \gamma_{R_i} \quad (7)$$

여기서,

$$\omega_i = \gamma_{S_i} - \frac{\sum_{j=1}^{k} \gamma_{S_j}}{k} \times \frac{n}{10}$$

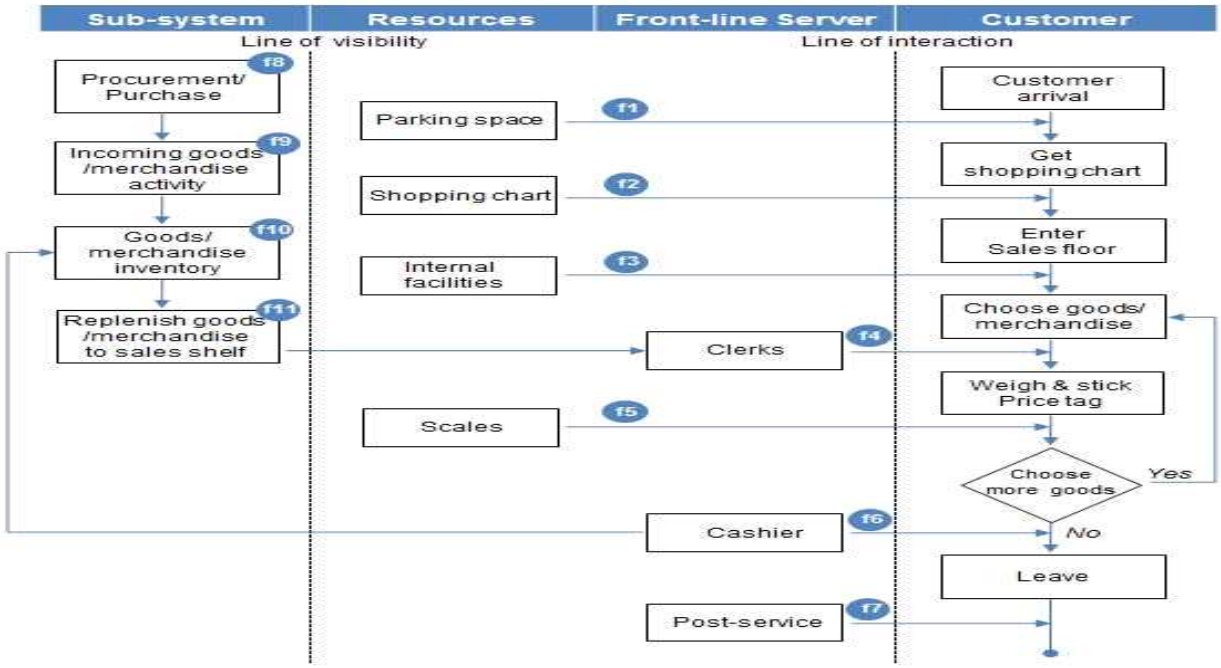
k : 모든 실패유형의 갯수

n : 하나의 실패유형에 종속되는 실패유형의 갯수

Step6) 관계 매트릭스의 결과 값을 이용하여 실패유형의 우선순위를 결정한다. 우선순위가 높은 실패유형은 실패가 가져오는 위험수준의 정도가 크기 때문에 우선적으로 조치를 취해서 해당되는 실패를 방지해야 한다는 것을 의미한다.

Ⅵ. 사례연구

제안된 모델을 구체적으로 설명하고 결과의 유용성을 설명하기 위하여 대형 쇼핑몰 사례에 대하여 적용하고 그 결과를 살펴본다. 쇼핑몰에 대한 서비스 블루프린트는 다음의 Figure 5와 같으며, 이 사례는 적용결과의 객관성을 위해서 Chuang(2007)의 연구에서 사용한 모델을 사용하였다.



자료: Chuang, P.T.(2007), P.14.

<Figure 5> Service blueprint for a hypermarket

<Table 2> Comparative series and defuzzified crisp value for a hypermarket

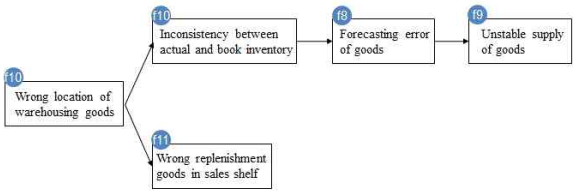
Participant	Failure modes		Linguistic terms assigned to each failure and defuzzified value					
			Severity		Occurrence		Revoverability	
Resources	f1	Insufficient parking space	High	0.804	Low	0.283	Very high	0.929
	f2	Shopping cart malfunction	Low	0.283	Remote	0.136	Remote	0.136
	f3	Air conditioning malfunction	Moderate	0.540	Remote	0.136	Low	0.283
		Escalator malfunction	Moderate	0.540	Remote	0.136	Moderate	0.540
		Sales floor is not clean	Moderate	0.540	Low	0.283	Moderate	0.540
	f5	Wrong price tag	High	0.804	Remote	0.136	High	0.804
Front line servers	f4	Goods quality is not good	Very high	0.929	Low	0.283	High	0.804
		No goods on sales shelf	High	0.804	Remote	0.136	Low	0.283
		Unable to find front-line server	High	0.804	Moderate	0.540	Low	0.283
		Unkindness of front-line server	Very high	0.929	Moderate	0.540	Very high	0.929
	f6	Slow processing speed of cashier	Moderate	0.540	Low	0.283	Moderate	0.540
		Unfriendly attitude of cashier	Very high	0.929	Low	0.283	High	0.804
		Calculation mistake of cashier	High	0.804	Remote	0.136	High	0.804
	f7	Inappropriate complaints adjustment	Very high	0.929	Low	0.283	Very high	0.929
		Inappropriate refund/returned policy	Very high	0.929	Low	0.283	Very high	0.929
Sub-system	f8	Forecasting error of goods	High	0.804	Remote	0.136	Moderate	0.540
	f9	Unstable supply of goods	Very high	0.929	Low	0.283	High	0.804
	f10	Incoming inspection failure	Very high	0.929	Low	0.283	Very high	0.929
		Inconsistency between actual and book inventory	Very high	0.929	Remote	0.136	Very high	0.929
		Wrong location of warehousing goods	Very high	0.929	Low	0.283	Very high	0.929
	f11	Wrong replenishment of goods in sales shelf	High	0.804	Remote	0.136	High	0.804

쇼핑몰에서 발생 가능한 실패유형과 각 실패유형의 요인별 평가결과에 대한 퍼지언어와 이를 식(2)를 이용하여 일반 값으로 변환한 결과를 Table 2에 정리하였다. 식(2)에 의해 퍼지언어를 정량화하는 것을 'Moderate'에 대하여 설명하면 다음과 같다.

<Table 3> Results of the proposed approach for a hypermarket

Participants	Failure modes		Defuzzified value and Grey relational value						S-RPN & Rank			
			S	γ_S	O	γ_O	R	γ_R	Case1	Rank	Case2	Rank
Resources	f1	Insufficient parking space	0.804	0.372	0.283	0.730	0.929	0.333	0.090	6	0.090	7
	f2	Shopping cart malfunction	0.283	0.730	0.136	1.000	0.136	1.000	0.730	21	0.730	21
	f3	Air conditioning malfunction	0.540	0.495	0.136	1.000	0.283	0.730	0.361	20	0.361	20
		Escalator malfunction	0.540	0.495	0.136	1.000	0.540	0.495	0.245	18	0.245	18
		Sales floor is not clean	0.540	0.495	0.283	0.730	0.540	0.495	0.179	15	0.179	16
	f5	Wrong price tag	0.804	0.372	0.136	1.000	0.804	0.372	0.138	12	0.138	12
Front line servers	f4	Goods quality is not good	0.929	0.333	0.283	0.730	0.804	0.372	0.090	6	0.090	7
		No goods on sales shelf	0.804	0.372	0.136	1.000	0.283	0.730	0.272	9	0.272	19
		Unable to find front-line server	0.804	0.372	0.540	0.495	0.283	0.730	0.134	11	0.134	11
		Unkindness of front-line server	0.929	0.333	0.540	0.495	0.929	0.333	0.0500	1	0.0500	2
	f6	Slow processing speed of cashier	0.540	0.495	0.283	0.730	0.540	0.495	.179	15	.179	16
		Unfriendly attitude of cashier	0.929	0.333	0.283	0.730	0.804	0.372	0.090	6	0.090	7
		Calculation mistake of cashier	0.804	0.372	0.136	1.000	0.804	0.372	0.138	12	0.138	12
	f7	Inappropriate complaints adjustment	0.929	0.333	0.283	0.730	0.929	0.333	0.081	2	0.081	3
		Inappropriate refund/returned policy	0.929	0.333	0.283	0.730	0.929	0.333	0.081	2	0.081	3
Sub-system	f8	Forecasting error of goods	0.804	0.372	0.136	1.000	0.540	0.495	0.184	17	0.165	15
	f9	Unstable supply of goods	0.929	0.333	0.283	0.730	0.804	0.372	0.090	6	0.090	7
		Incoming inspection failure	0.929	0.333	0.283	0.730	0.929	0.333	0.081	2	0.081	3
	f10	Inconsistency between actual and book inventory	0.929	0.333	0.136	1.000	0.929	0.333	0.111	10	0.085	6
		Wrong location of warehousing goods	0.929	0.333	0.283	0.730	0.929	0.333	0.081	2	0.042	1
	f11	Wrong replenishment of goods in sales shelf	0.804	0.372	0.136	1.000	0.804	0.372	0.138	12	0.138	12

$$K(x) = \frac{[(b_0-c)+(b_1-c)]}{[(b_0-c)+(b_1-c)] - [(a_0-d)+(a_1-d)]} = \frac{[(8-0)+(5.5-0)]}{[(8-0)+(5.5-0)] + [(3-10)+(5.5-10)]} = 0.540$$



<Figure 6> Dependent relationship between failure modes in a hypermarket

표준 매트릭스의 구성요소는 평가요소의 목표값이 되기 때문에, 표준 매트릭스는 모두 'Remote'에 해당되는 값인 0.136으로 이루어진다. 실패유형의 위험수준을 3가지 관점에서 평가하기위해 차이 매트릭스의 값을 기준으로 하여 식(5)에 의해 평가요인별로 Grey 관계수준 계수를 계산하며, 결과를 Table 3에 정리하였다. 식(5)에서 사용하는 식별자의 값으로는 $\xi = 0.5$ 을 사용하였다.

사례에서 다루는 쇼핑몰 서비스 프로세스는 실패유형들 중에는 종속관계를 갖는 실패유형들이 있으며, 이들 간의 관계는 다음과 같다.

제안된 방법의 결과는 Table 3.의 Case2 에 정리하였다. 기존 방법의 결과인 Case1 에서는 평가요인 3가지에 대하여 가중치를 사용하지 않았다. 실패유형들 간의 종속성을 고려한 방법의 결과인 Case2 결과를 Case1 결과와 비교하였을 때 가장 달라진 부분은, 진열대에 상품이 없는 경우가 Case1에서는 9번째의 우선순위로 전체의 실패유형들 가운데 중간정도의 우선순위로 고려하는 반면에, Case2에서는 이를 마지막 단계에서 고려하는 실패유형으로서의 우선순위를 갖는다는 점이다. 반대로, Case2에서는 실제의 재고내용과 자료상의 재고내용이 서로 다른 실패유형을 높은 우선순위의 실패유형으로 다루는 반면에, Case1에서는 중간수준의 위험도로 취급한다. 본 논문의 사례연구를 통하여 종속관계에 있는 실패유형들의

영향을 반영한 결과로 인하여 일부 실패유형에 대한 우선순위가 의미있게 바뀌는 것을 확인할 수 있었다. 이는 실패유형 간의 종속성을 고려한다면, 서비스 프로세스의 설계에 다른 결과를 가져올 수 있다는 것을 의미한다.

Ⅴ. 결론

서비스는 기업에게 더 이상 제품의 판매촉진을 위해 덤으로 주는 보조수단이 아니고, 기업 경쟁력의 핵심으로서 수익창출의 근원으로 역할하고 있다.

본 연구에서는 제품설계에 널리 사용되는 FMEA를 새로운 서비스 설계 시에도 그대로 사용하는 문제점과 이를 해결하기 위한 기존연구들에 대하여 살펴보았다. 기존연구에서 제시한 방법들의 결과를 토대로 본 연구에서는 FMEA를 서비스에 적용하기위한 새로운 평가모델을 제시하였으며, 서비스의 실패유형들 간의 종속성을 고려하여 평가할 수 있는 새로운 위험수준 평가지표인 S-RPN을 제시하였다. 본 논문의 사례연구를 통하여, 종속관계에 있는 실패유형들의 영향을 고려한다면 서비스 프로세스의 설계에 다른 결과를 가져올 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

다양한 제품과 서비스가 하나의 시스템으로 융합되어가는 추세가 더욱 가속화되어가고 있다. 이러한 시장의 추세를 고려하여 추후로는 제품-서비스 통합시스템(Product-Service System)의 신뢰도를 평가하고 설계할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

REFERENCE

Armistead, C.G., Clarke, G., Stanley, P.(1995). *Managing Service Recovery*, Cranfield: Cranfield School of Management.

Berry, L.L. and Parasuraman, A.(1992). Prescriptions for a service quality revolution in America, *Organic Dynamics*, 20(4), 5-15.

Boshoff, C.(1997). An experimental study of service recovery options, *International Journal of Service. Industry Management*, 8(2), 110-130.

Bowles, J.B., Pelaez, C.E.(1995). Fuzzy logic prioritization of failures in a system failure mode, effects and criticality analysis, *Journal of Reliability Engineering & System Safety*, 50(2), 203-213.

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

Chen, C.B., Klien, C.M.(1997). A simple approach to ranking a group of aggregated fuzzy utilitie, *Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics IEEE Transactions on, IEEE Explore*, 27(1), 26-35.

Chuang, P.T.(2007). Combining service blueprint and FMEA for service design, *Service Industry Journal*, 27(2), 91-104.

Dong, C.(2007). Failure mode and effects analysis based on fuzzy utility cost estimation, *International. Journal of Quality & Reliability Management*, 24(9), 958-971.

Geum, Y., Cho, Y., Park, Y.(2011). A systematic approach for diagnosing failure: Service-specific FMEA and grey relational analysis approach, *Mathematical and Computer Modeling*, 54(11), 3126-3142.

Hess, R.L., Ganesan, S., Klein, N.M.(2003). Service failure and recovery: The impact of relationship factors on customer satisfaction, *Journal of Academy Marketing Sciences*, 31(2), 127-145.

Hoffman, K.D., Kelley, S.W., Rotalsky, H.M.(1995). Tracking service failures and employee recovery efforts, *Journal of Service Marketing*, 9(2), 49-61.

Johansson, P., Olhager, J.(2006). Linking product-process matrices for manufacturing and industrial service operations, *International Journal of Production Economics*, 104(2), 615-624.

Kaplan, S., Garrick, B.J.(1981). On the quantitative definition of risk, *Risk Analysis*, 1(1), 11-27.

Kelley, S.W., Davis, M.A.(1994). Antecedents to customer expectations for service recovery, *Journal of Academy Marketing Sciences*, 22(1), 52-61.

Kuo, T.C., Wang, M.L.(2012). The optimization of maintenance service levels to support the product service system, *International Journal of Product Research*, 50(23), 6691-6708.

Michel, S.(2001). Analyzing service failures and recoveries: A process approach, *International Journal of Service. Industry Management,* 12(1), 20-33.

Mont, O.K.(2002). Clarifying the concept of product-service system, *Journal of Cleaner Production*, 10(3), 237-245.

Mueller, R.D., Palmer, A., Mack, R., McMullan, R.(2003). Service in the restaurant industry: An American and Irish comparison of service failures and recovery strategies, *International Journal of Hospitality Management*, 22(4), 395-418.

Narayanagounder, S., Gurusami, K.(2009). A new approach for prioritization of failure modes in design FMEA using ANOVA, *In Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, 524-531.

Parasuraman, A., Zeithaml, V.A., Berry, L.L.(1985). A conceptual model of service quality and its implication for future research, *Journal of Marketing*, 49(4), 41-50.

Pillay, A., Wang, J.(2003). Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning, *Reliability Engineering & System Safety*, 79(1), 69-85.

Puente, J., Pino, R., Priore P., Fuente, D.(2002). A decision support system for applying failure mode and effects analysis, *International Journal of Quality*

& Reliability Management, 19(2), 137-150.
Ramaswamy, R.(1996). *Design and management of service processes*, New York: Peason Education Publishing Company.
Reichheld, F.F.(1996). Learning from customer defections, *Harvard Business Review*, 74(2), 56-69.
Smith, A.K., Bolton, R.N., Wagner, J.(1999). A model of customer satisfaction with service encounters involving failure and recovery, *Journal of Marketing Research*, 36(8), 356-372.
Tay, K.M., Lim, C.P.(2006). Fuzzy FMEA with a guided rules reduction system for prioritization of failures, *International. Journal of Quality & Reliability Management*, 23(8), 1047-1066.
Tax, S.S., Brown, S.W.(1998). Recovering and learning from service failure, *Sloan Management Review*, 40(3), 75-88.
Torres-Pomales, W.(2013), *An Approach for the Assessment of System Upset Resilience (NASA/TM-2013-217798)*, Virginia: NASA.
Xiao, N., Huang, H.Z., Li, Y., He, L., Jin, T.(2011). Multiple failure modes analysis and weighted risk priority number evaluation in FMEA, *Engineering Failure Analysis*, 18(4), 1162-1170.

A Systematic Approach for Evaluating FMEA of a Service System under Considering the Dependences of Failure Modes

Oh, Hyung Sool*
Park, Roh Gook**

Abstract

Failure mode and effect analysis (FMEA) is a systematic approach for identifying potential failures before they occur, with the intent to minimize the risk associated with them. It has been widely used in the various manufacturing industries as a solution to reliability problems. As the importance of the service sector is increasing, however, it has been recently extended to some applications in services. Despite these attempts, FMEA cannot be directly applied to the reliability problems in a service industry. Due to the heterogeneity and customer participation in service process, we cannot perfectly prevent service failures. For this reason, we suggest a new risk priority number with three input parameters that consist of severity, probability of occurrence, and recoverability. In this paper, we propose an approach for assessing service risk and service reliability using the service-oriented risk priority number (S-RPN). An example regarding a hypermarket service process is used to demonstrate the proposed approach.

Keywords: Service Failure, Service-oriented RPN, Fuzzy FMEA

* First Author, Department of Industrial and Management Engineering, Kangwon National University
** Corresponding Author, Department of Management Information System, SangJi University