

# Case Study of Six Sigma Method to Develop Embedded Software in Mobile Phones

Seung-Gon Ko<sup>a,1</sup>

<sup>a</sup>Department of Applied Statistics, Gachon University

(Received November 10, 2015; Revised December 4, 2015; Accepted December 4, 2015)

---

## Abstract

The development process of Embedded Software (SW) is gathering interest due to the increased importance of SW in mobile products. According to tough competition and the growing size of the Embedded SW, there is a demand for a new effective way to improve the SW development process, based on customer and market quality aspects, rather than focusing on defect removals in individual SW modules. We review 103 SW improvement projects from the area of mobile phones in order to check the effectiveness of Six Sigma which is the standard for the process improvement statistical tools and methods.

Keywords: Embedded Software, process improvement, Six Sigma method, statistical tools and methods

---

## 1. 서론

1990년대 중반 제조업 중심으로 국내에 도입되어 금융, 정부기관, 헬스케어 등의 다양한 분야에 적용되었던 식스 시그마 방법은 기업의 재무적 성과 향상과 체계적인 문제 해결 절차 정립에 기여하였고 현재 연구 개발과 품질 분야에서 핵심적인 프로세스 개선 방법으로 자리 매김 하였다 (Fursule 등, 2012; Iwaarden 등, 2008). 이러한 성공의 핵심 요인으로는 재무적 성과 중심의 개선 활동과 그에 따른 기업의 이윤 증대, 다품종 소량 생산 시대에 적합한 강력한 톱-다운의 도구 그리고 서로 다른 업무 분야에서도 통용되는 성과 중심의 공통언어라고 할 수 있다 (Montgomery와 Woodall, 2008). 이를 식스 시그마 방법의 중요 도구인 통계적 방법의 측면에서 고찰해 보면 중요 활동에 대한 측정과 변동의 확인 그리고 최적화를 위한 실험 방법의 적용이 중요한 역할을 하였다 (He와 Goh, 2015; Evans와 Linday, 2005).

최근 모바일 제품과 사물 인터넷에 대한 관심이 높아지고 소프트웨어(software; SW)의 비중이 높아지면서 임베디드 SW의 시장 규모는 급속히 성장하고 있다. 그 규모는 2015년 기준 130,499백만 달러에 이를 것으로 예상되고 이러한 시장 규모는 앞으로 더욱 더 확대될 것으로 보인다. 또한 시장의 요구 사항을 반영하기 위하여 임베디드 SW의 규모와 복잡도가 기하급수적으로 증가됨에 따라 필요한 인력의 수급과 체계적인 개발 프로세스의 관리 그리고 개선 방법에 대한 체계적인 연구가 요구되고 있다 (Lee와 Kim, 2010). 전통적으로 소프트웨어 개발을 위한 활동 비중은 Table 1.1과 같다. 이를 통해

---

This research was supported by the Gachon University Research Fund in 2014.

<sup>1</sup>Department of Applied Statistics, Gachon University, 1342 Seongnamdaero, Soojung-gu, Sunghnam-si, Gyonggi-do 13120, Korea. E-mail: [sgk@gachon.ac.kr](mailto:sgk@gachon.ac.kr)

**Table 1.1.** Main activities and their proportions for development and verification of SW

활동	비중
Maintenance	67%
Testing	15%
Coding	7%
Designing	5%
Specification	3%
Requirement	3%

SW 제품의 개발에서 RSDC 활동과 비교할 때 TM 단계의 활동의 비중이 큰 비중을 차지하고 있음을 확인할 수 있다 (Cachia, 2008).

최근 스마트폰 시장의 급격한 팽창으로 모바일 분야의 SW 개발과 납기 준수를 위한 프로세스 개선 활동이 전개되면서 고객의 사용 환경의 체계적인 파악과 제품의 하드웨어와 SW 모듈간의 연계 기능 적합성 확인을 위한 측정과 이에 대한 통계적 분석의 중요성이 강조되고 있다. 하지만 금융, 헬스 케어 등과 같은 타 분야에 확장 적용되었던 때와 마찬가지로 식스 시그마 방법의 SW 분야 적용이 적절하지 않다는 비판과 지적 또한 꾸준히 제기되어 왔다. 예를 들면, SW는 코드(code)들의 모임으로 변동이 존재하지 않는다는 것과 하드웨어(hardware; HW) 제품은 수정과 변경에 많은 비용과 시간이 소요되므로 사전 최적화를 중요시 하지만 SW는 수정과 변경에 비용이 거의 들지 않으므로 최적화를 위한 통계적 방법이 유용하지 않다는 주장을 들 수 있다. 하지만 모바일 제품에 내장되는 SW의 경우 고객 사용 환경과 제품 제조 환경에 따라 다양한 원인에 의한 변동이 발생할 수 있다. 따라서 목표 기능에서의 변동 최소화라는 전통적인 품질 문제를 고려해야 한다. 또한 일정 기간의 사용성을 전제로 하는 모바일 제품의 특징을 고려해보면 주어진 기간 동안에 올바른 목표 기능의 유지라는 신뢰성 문제 역시 개발 단계에서 고려할 수 있어야 한다. 이와 같은 특징을 고려해 볼 때, 모바일 제품의 임베디드 SW의 개발에서는 다음의 3가지 목표를 동시에 달성 할 수 있어야 한다.

- (1) 요구 기능의 구현.
- (2) 높은 품질의 달성.
- (3) 높은 신뢰성의 확보.

또한 SW 개발 활동은 창의성에 기반 하므로 정형화된 식스 시그마 방법은 바람직하지 않다는 주장도 있다. 하지만 최근에는 높은 품질의 모바일 제품을 위해서는 Figure 1.1과 같이 SW의 모듈 개발뿐만 아니라 사용 환경과 HW와의 연동에 의한 변동을 반영해야 하고 이를 진단하고 SW 모듈별 기능을 최적화할 수 있는 방법에 대한 관심이 높아지고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 최근 SW 분야에서도 개발자와 개발 프로세스의 성숙도 향상이라는 SW 고유의 개선 목표와 기업의 경영 목표 달성이라는 SW 업계의 목표를 동시에 달성하기 위하여 효율적인 개발 프로세스의 관리를 위한 측정의 중요성이 강조되고 있다 (Fehlmann, 2003). 또한 사용 환경과 개발 환경의 변동을 효과적으로 반영하기 위한 다양한 연구가 진행되었고, 부분적이지만 통계적 사고에 기초한 식스 시그마 방법을 적용하고자 하는 다양한 시도가 있었다 (Maass와 McNair, 2010; Land 등, 2008; Gack, 2001; Fenton, 1999).

본 논문은 실제 현장에서 실행된 SW 개발 프로젝트의 개선 사례 검토를 통하여 식스 시그마 방법의 SW 분야에 대한 적용 가능성을 확인하고 각 프로젝트에서 활용된 통계적 방법의 종류와 활용도를 정리해 보고자 한다. 제 2절에서는 A사에서 진행된 SW 식스 시그마 개선 프로젝트 사례를 성과 규모별로

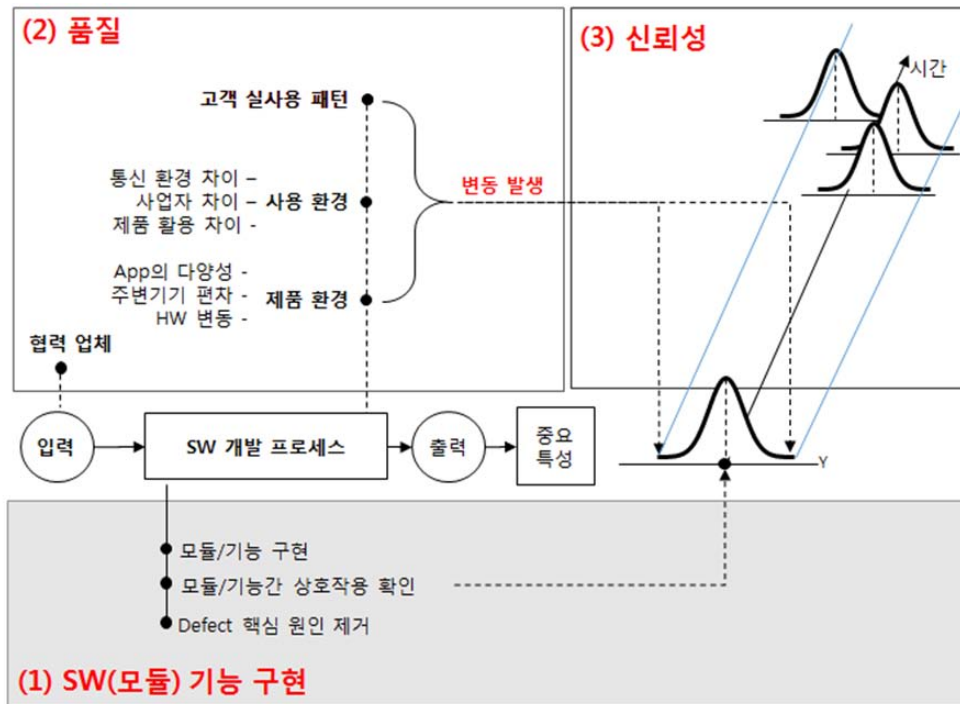


Figure 1.1. Main issues for developing mobile embedded software : Function, Quality, Reliability.

구분하여 고찰해 보고 제 3절에서는 이를 통해 확인된 통계적 도구의 활용을 위한 보완 사항을 제시해 보기로 한다. 제 4절에서는 SW 개발 프로세스의 성숙도 향상을 위한 식스 시그마 방법의 역할과 유용성에 대하여 설명하고 제 5절에서는 결론과 향후 전망에 대하여 논의한다.

## 2. 모바일 폰 임베디드 SW 개선 프로젝트의 사례 고찰

고려된 사례들은 A 기업의 모바일 폰 분야에서 최근 2년 동안 진행되었던 개선 사례들 중에서 문제 해결과 프로세스 개선에 실제적으로 도움이 된 프로젝트들만을 선별한 것이다. 선별된 프로젝트들은 다시 성과의 규모에 따라 2개의 등급으로 구분하였다. S등급은 높은 개선 성과를 나타낸 프로젝트들의 모임이며 N등급은 개선 성과가 상대적으로 낮은 프로젝트들의 모임을 의미한다. S등급의 프로젝트들은 상대적으로 개발 팀의 규모가 크고 개발 기간 역시 길었지만 이번 사례 고찰에서는 식스 시그마의 활용 가능성과 통계 도구의 유용성을 검토하는 것이므로 성과의 규모만을 중심으로 구분하였다. 선별된 103개의 프로젝트 중에서 S등급은 37개 그리고 N등급이 66개로 최종 집계되었다.

문제 해결을 위한 프로젝트 진행 절차에 대한 특별한 제약 조건은 주어지지 않았고 선행 개발 단계와 시장에서 발생한 문제 해결을 위한 절차는 개선팀 또는 개발자에 의해 선택되었다. 일부 프로젝트는 DIDOV, DMADV를 사용하기도 하였으나 대부분의 경우 표준적인 DMAIC 절차를 채택하였다. 고려된 개선 프로젝트들을 목적별로 구분해 보면 Table 2.1과 같다.

프로젝트의 수행 목적의 비중은 ‘시장 불량 개선’ 항목이 54.4%로 가장 높았으며, 개선 대상은 주로 제품 출시 이후에 서비스 센터를 통하여 접수되는 고객 불만 요소 중에서 비중이 높은 항목들이 선택되었

**Table 2.1.** Classification for purpose of projects

목적	빈도(건)	백분율(%)
시장 불량 개선	56	54.4
모듈 기능 개선	24	23.3
프로세스 개선	18	17.5
기타	5	4.9
합계	103	100.0

**Table 2.2.** Classification of Six Sigma breakthrough for improving projects

개선 절차	빈도(건)	백분율(%)
DMAIC	97	94.2
DMADV	3	2.9
DIDOV	2	1.9
DIDVC	1	0.1
합계	103	100.0

\* DMAIC: Define - Measure - Analyze - Improve - Control

DMADV: Define - Measure - Analyze - Design - Verify

DIDOV: Define - Identify - Design - Optimize - Verify

DIDVC: Define - Identify - Design - Verify - Control

다. ‘모듈 기능 개선’의 비중은 약 23.3%를 차지했으며 대부분 경쟁 제품에 대한 벤치마킹 결과 또는 저명한 CMR(Customer Magazine Review)의 평가 등급을 기초로 개선 대상과 목표를 결정하였다. ‘프로세스 개선’의 비중은 약 17.5%로 대부분 납기 준수를 위한 개발 일정의 단축 또는 기능의 검증 절차 간소화 등을 목적으로 기존의 프로세스를 좀 더 효율적으로 개선하고자 하였다.

개선을 위해 선택된 프로젝트 진행 절차별로 구분해 보면 Table 2.2와 같다. 개선 프로젝트의 진행 절차는 DMAIC 절차가 94.2%로 압도적으로 많았으며, 나머지 진행절차들은 일부 프로젝트에서만 적용하였다. 예를 들어, DMADV는 주로 선행적인 설계 품질 확보를 위하여 적용되었고 DIDOV는 Unit Test Coverage 향상과 같이 기존에 적용하지 않았던 새로운 측정 시스템 확보에 적용되었다. 전체 103건 중에서 1건이 적용된 DIDVC는 성능 향상을 위한 피드백 시스템 개발로서 최적화 단계를 고려할 수 없는 새로운 프로세스의 정의와 관리 기준 설정이 그 목적이었다.

개선 절차의 각 단계별로 어떤 도구와 방법을 주로 사용하는가를 확인하기 위하여 사용된 도구와 방법을 구분하였다. 이를 위하여 아이디어 차원의 표준화되지 않은 도구와 방법은 제외하고 실제로 학습 가능한 도구와 방법 중심으로 집계하였다. 집계를 위한 분류 기준은 3가지 “정량적(통계적) 방법, 정성적 방법, 혼합 방법”으로 구분하였고 그 결과는 Table 2.3과 같다. 여기서, 혼합 방법이란 정성적 도구와 같이 일정한 양식과 기준을 가지고 적용되지만 이를 위하여 사전적으로 정량적인 분석에 의한 기준 값이 요구되거나 해당 방법을 적용하기 전에 환경 설계 또는 현장 검토가 필요한 경우를 반영하였다.

집계된 5×3 교차표에 대한 근사적(5×3 교차표의 15개의 셀 중에서 1개의 셀의 기대 도수가 5보다 작게 나타났다) 교차표의 15개의 셀 중에서 1개의 셀의 기대 도수가 5보다 작게 나타났다. 카이 제곱 검정 결과에서 Pearson Chi-square 통계량 값은 164.207이며 계산된  $p$ -값 = 0.000이었다. 즉, 유의 수준 5%하에서 DMAIC의 각 단계별로 사용된 도구/방법의 범주들은 상호독립이라고 할 수 없다는 결론을 얻었다. 이는 개선 프로젝트의 각 단계의 목적이 서로 다른 만큼 예상된 결과라고 할 수 있지만 실제적으로 계량 통계 도구를 어떤 단계에서 많이 사용하는가를 확인하기 위한 기초 작업으로 진행되었다. Table 2.3의 결과를 DMAIC의 각 단계별로 집계해 보면 Table 2.4와 같다. 여기서 DMADV, DIDOV,

**Table 2.3.** Classification for used Tools and Methods in improvement projects

	정량/통계	정성	혼합
단일 비율 검정	최대 경사법	프로세스 맵핑	벤치마킹
비율 비교 검정	중심합성 계획법	어골도	효과 분석
단일 평균 검정	빈도 분석	로직트리	AHP
독립 평균 검정	카이제곱 검정	브레인스토밍	X-Y 행렬
쌍체 평균 검정	Gage R&R	케이스 다이어그램	실문조사
분산 분석	프로세스 능력분석	전문가 검토	투표
상관 분석	대응 분석	시퀀스 다이어그램	델파이 방법
회귀 분석	p(U)-관리도	SW 4-블록 그림	
요인 배치법	평균-범위 관리도	AAR(After Action Review)	
일부 실시법	가속 수명 실험		
정규성 검정			

**Table 2.4.** Frequencies of used Tools and Methods for DMAIC steps

단계	도구 구분			
	정량/통계	정성	혼합	합 계
Define	26	76	2	104
Measure	58	7	5	70
Analyze	41	81	43	165
Improve	59	19	0	78
Control	3	10	0	13
합 계	187	193	50	430

Pearson Chi-Square = 164.207, DF = 8,  $P$ -value = 0.000.

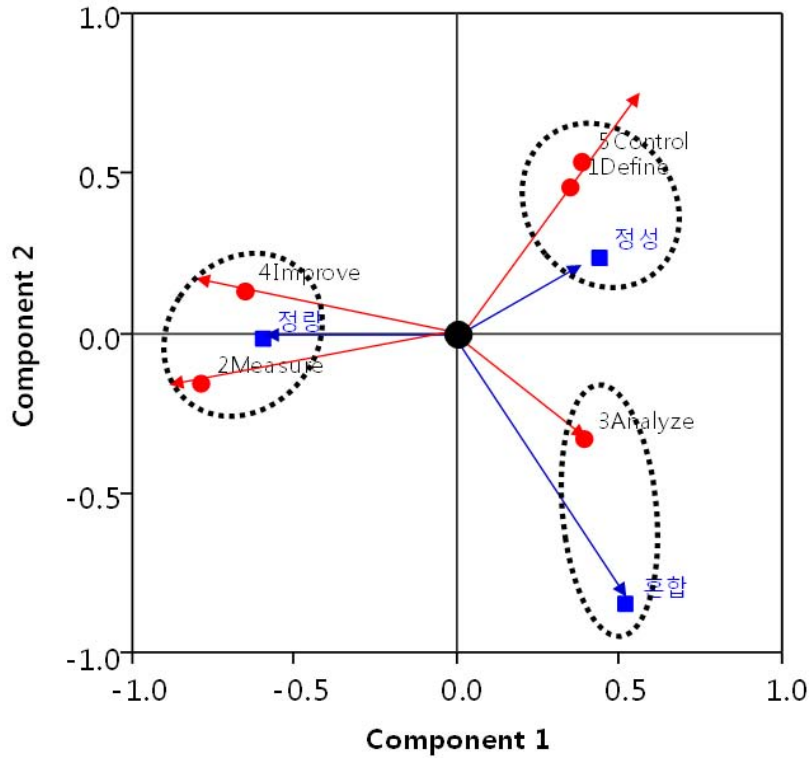
Likelihood Ratio Chi-Square = 174.072, DF = 8,  $P$ -value = 0.000.

\* 1 Cell with expected counts less than 5.

DIDVC의 단계에서 사용된 도구는 활용 목적을 검토하여 DMAIC의 각 단계로 재분류하였다. 예를 들어, DIDOV 단계의 Optimize 단계에 사용된 경우, DMAIC의 Improve 항목으로 분류하였다.

Table 2.4에서 고려된 교차표에 대한 근사 카이제곱 검정의 결과가 통계적으로 유의하므로 이를 시각화하기 위하여 Figure 2.1과 같이 대응 분석(Correspondence Analysis)을 실시하였다. 이 때 고려된 Components의 Inertia는 각각 0.27과 0.10이며, 이는 교차표의 빈도 간 변동의 71% 그리고 29%를 각각 설명하는 것으로 나타났으며 이를 반영한 누적 설명 비율은 100%로 나타났다. 시각화 결과를 보면 Define/Control 단계에서는 [정성적인 방법] 중심으로 도구/방법을 사용하고 있으며, Measure/Improve 단계에서는 [정량적인 통계 도구] 중심으로 사용하고 있음을 알 수 있다. 또한 Analyze 단계에서는 [혼합 도구]를 주로 사용하고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 그동안 다양한 분야에서 적용된 식스 시그마 도구의 사용 형태와 비슷한 패턴을 보이며 SW의 경우에도 도구의 사용 패턴 역시 큰 차이가 없음을 보여 준다 (Ko, 2005; Ko와 Cho, 2008; Bigio 등, 2004; Frank, 2003).

단계별로 사용 빈도가 높은 도구들을 정리해 보면, [Define 단계]에서는 문제 정의와 Project Y의 선택을 위한 파레토 분석(Pareto Analysis), 로직 트리(Logic Tree), 프로세스 맵핑(Process Mapping) 등이 주로 사용되었고, [Measure 단계]에서는 프로세스 능력 분석(Process Capability Analysis)과 Gage R&R(Repeatability and Reproducibility)이 대표적인 도구로 사용되었다. 특이한 점은 모바일 폰 내부 명령의 Log를 이용한 대기 시간 측정, Memory 점유율 등과 같이 측정 방법이 자동화된 경우가 많았고 Gage R&R을 생략한 경우가 많다는 점이다.



**Simple Correspondence Analysis: 정량, 정성, 혼합**

Analysis of Contingency Table

Axis	Inertia	Proportion	Cumulative	Histogram
1	0.2724	0.7132	0.7132	*****
2	0.1095	0.2868	1.0000	*****
Total	0.3819			

Figure 2.1. Results of the correspondence analysis for cross tabulation in Table 2.4.

[Analyze 단계]에서는 Measure 단계에서 확인된 현 수준의 개선을 위한 아이디어 정리 및 도출을 위하여 어골도(Fishbone Diagram), 로직 트리(Logic Tree), X-Y 행렬(X-Y Matrix) 등의 정성적/혼합적 도구가 많이 사용되었고 [Improve 단계]에서는 실험 설계와 분석을 이용하여 최적 수준 조합을 결정하는 방법과 경험적으로 수준 조정을 한 후 프로세스 능력 분석을 적용하여 그 결과를 확인하는 방법이 주로 사용되었다. [Control 단계]에서는 특별히 관리 여부를 확인하는 도구와 방법보다는 해당 프로젝트를 통하여 새롭게 알려진 사실을 정리하는 활동 검토와 관련된 도구들을 주로 사용하였다. 조금 더 구체적인 검토를 위하여 단계별 사용 도구를 성과 크기에 따른 분류인 S급과 N급으로 구분해 보면 Table 2.5와 같다.

현장의 개선 프로젝트는 경영 환경과 개발 환경에서 발생하는 문제의 시급성과 예상 성과를 고려하여 선택되고 진행된다. 이번 사례 검토에서 이에 대한 일관되고 일반적인 기준을 적용할 수는 없었다. 하지만 새로운 측정을 통하여 더 많은 계량/통계 도구를 적용하였다는 것은 고려된 문제가 경영과 기술 관점

**Table 2.5.** Frequencies of used Tools and Methods for DMAIC steps with respect to performance grade: S/N grade

## (1) S급

단계	도구 구분			합계
	정량/통계	정성	혼합	
Define	11	24	2	37
Measure	19	4	4	27
Analyze	22	27	18	67
Improve	22	10	0	32
Control	3	7	0	10
합 계	77	72	24	173

Pearson Chi-Square = 40.786.207, DF = 8,  $P$ -value = 0.000.

Likelihood Ratio Chi-Square = 45.304, DF = 8,  $P$ -value = 0.000.

\* 5 Cell with expected counts less than 5.

## (2) N급

단계	도구 구분			합계
	정량/통계	정성	혼합	
Define	15	52	0	67
Measure	39	3	1	43
Analyze	19	54	25	98
Improve	37	9	0	46
Control	0	3	0	3
합 계	110	121	26	257

Pearson Chi-Square = 134.371, DF = 8.

Likelihood Ratio Chi-Square = 145.257, DF = 8.

\* 1 Cell with expected counts less than 1: Chi-Square approximation probably invalid.

\* 5 Cell with expected counts less than 5.

에서 중요하거나 해당 문제에 대한 충분한 경험이 부족했을 것이라는 점과 객관적이고 검증된 도구와 방법을 많이 사용하였다면 프로젝트의 결과가 실제 현장에서 재현되었을 가능성이 높을 것이라는 가정 하에서 검토하였다.

S급의 경우에는 총 37개 프로젝트에서 173개의 구분 가능한 도구와 방법이 집계되었다. 이를 5×3 교차표를 이용하여 프로젝트 단계와 사용 도구의 특징으로 구분해 보면 [Define 단계]에서는 정성적인 도구를 주로 사용하였고 [Measure 단계], [Analyze 단계] 그리고 [Improve 단계]에서는 정량적 통계 도구의 비중이 높다. 하지만 기대 도수가 5보다 낮은 셀의 수가 전체의 30%정도 차지하여 카이제곱 검정의 근사 조건을 만족하지 못하므로 통계적 유의성은 확인할 수 없었다. N급의 경우에도 총 66개 프로젝트에서 257개의 구분 가능한 도구와 방법이 집계되었지만 이 역시 카이제곱 검정의 근사 조건을 만족하지 못하여 통계적 유의성을 확인할 수 없었다. 하지만 DMAIC로 구분된 범주들을 더 간단히 통합하는 것은 SW에서 식스 시그마 방법의 적용 가능성을 확인하고자 하는 목적에 적합하지 않으며, 사용된 도구 구분 역시 정량/정성/혼합의 범주에서 더 간단하게 범주화하는 것은 통계 도구와 방법의 유용성을 판단하는데 적절하지 못하다고 판단하였다. 따라서 카이제곱 검정의 근사 조건 달성을 위한 범주 간 통합 및 조정은 적용하지 않았다.

현상을 좀더 명확히 확인하기 위하여 Table 2.5의 사용된 도구의 빈도를 그림으로 표현하면 Figure 2.2와 같다. 다른 단계에 비하여 Analyze 단계에서 정량 통계 도구의 상대 비율이 S급은 33% 그리

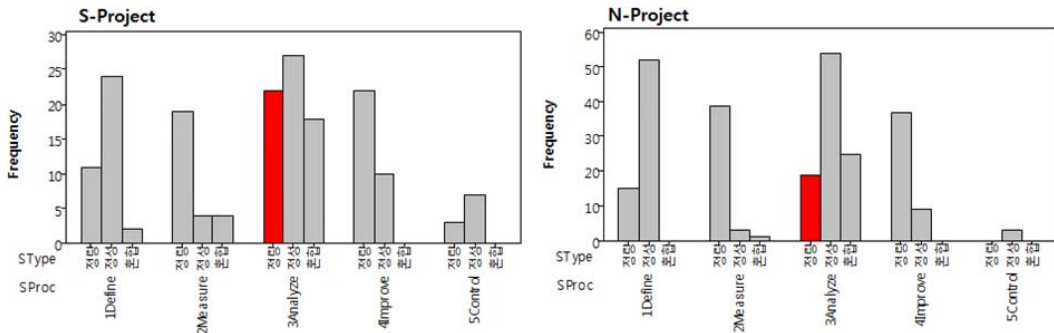


Figure 2.2. Frequencies of used Tools and Methods for DMAIC steps with respect to performance grade(S/N grade).

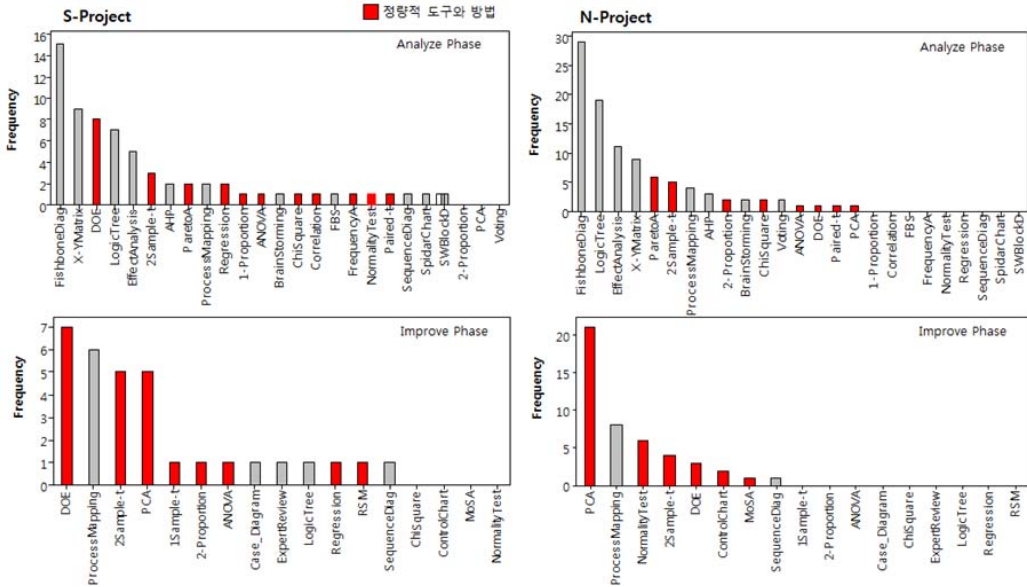


Figure 2.3. Used Tools and Methods for Analyze step and Improve step (S grade vs. N grade).

고 N급 19%로 상대적으로 큰 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다.

개선 과정에서 중요한 [Analyze 단계]와 [Improve 단계]에서 사용된 정량/통계 도구의 종류를 확인하기 위하여 도구 종류별 빈도를 집계해 보면 Figure 2.3과 같다.

[Analyze 단계]에서는 S급의 경우가 N급의 경우보다 더 다양한 통계 도구를 사용한 것을 확인할 수 있다. 이 단계의 목적이 중요 인자 선정이라는 점에서 고찰해 보면 S급의 경우에는 기술적/경험적 정보를 정리하는 어골도(Fishbone Diagram)와 X-Y 행렬(X-Y Matirx)를 많이 사용했지만 동시에 실험의 설계와 분석(DOE) 방법의 빈도가 높은 것을 확인할 수 있다. 또한 많은 조절 인자들에 대한 실험 횟수를 줄이기 위하여 완전 요인배치법보다는 2 수준계 일부 실시법이 많이 사용되었다. 예를 들어, Reset & Lockup 시장 불량률의 경우 7개의 가인자를 고려했을 때 완전 요인배치의 경우 128번 실험 예상되지만 이의 1/8인 16번의 실험을 통하여 중요인자 3개를 선정하였고 최종적으로 시그마 수준을 5.5이상 개



선한 사례를 들 수 있다. 하지만 N급의 경우에는 실험의 설계와 방법(DOE)의 비중이 상대적으로 적고 기술적/경험적인 방법으로 중요 인자를 선택하였음을 유추해 볼 수 있다. 또한 일반적으로 또한 이 단계에서 잘 사용하지 않는 2-평균 검정(2-sample t)과 2-비율 검정(2-proportion) 방법이 사용되고 있다는 점을 볼 때, 가인자에 대한 체계적 검토 보다는 기술적으로 선택된 인자들에 대한 쌍별 비교를 통하여 중요 인자를 선택하고 있음을 확인할 수 있다.

[Improve 단계]에서 사용된 도구별 빈도는 두 종류의 프로젝트에서 큰 차이를 보이지 않았으나 사용된 도구의 종류에서는 차이를 보인다. 이 단계의 목적이 Project Y와 중요 인자간의 원인-결과 관계를 검증하고 이를 기초로 최적 조건의 도출하고 이에 대한 개선 결과를 확인하는 것임을 상기해 볼 때, S급의 경우에는 실험 설계와 분석(DOE) 그리고 반응표면분석(RSM)을 통하여 최적 조건을 도출하고 개선 결과를 현재 수준과 비교하기 위한 2-평균 검정(2-sample t) 또는 프로세스 능력 분석을 사용하고 있으므로 올바른 개선 결과를 얻을 가능성이 높음을 확인할 수 있다. 하지만 N급의 경우에는 상대적으로 실험 설계와 분석(DOE)의 비중이 낮고 프로세스 능력분석의 빈도가 높은 것을 볼 때 S급에 비하여 최적 조건의 선정 과정을 체계적으로 진행하고 있지 못함을 유추해 볼 수 있다. 이는 [Analyze 단계]에서 도출된 중요 인자에 대한 실험 설계 방법에 익숙하지 않거나 실험 환경의 설정과 진행에 대한 실무적 노력이 부족했다고 볼 수 있다.

실제 현장에서 진행된 103개의 개선 프로젝트를 검토해 본 결과, 성과가 큰 SW 개발 프로젝트에서 정량/통계 도구의 활용 빈도가 높고 적절한 목적하에서 적용된 경우가 많았다. 이를 통하여 식스 시그마 방법 그리고/또는 계량/통계 도구가 SW 개발 프로세스 개선에서도 중요한 역할을 할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

### 3. SW 개발 프로세스 개선을 위한 통계적 고려 사항

제 2절에서 검토된 SW 개선 프로젝트에서의 식스 시그마 방법의 적용은 그 절차와 사용된 도구와 방법에서 지금까지 적용된 다른 분야와 다르지 않다는 점과 계량 통계 도구와 방법의 적용은 SW 개발 프로세스의 문제 해결과 성과 달성에 중요한 역할을 하고 있음을 확인할 수 있었다. 이 절에서는 검토된 결과를 중심으로 SW 개발 프로세스의 개선을 위하여 보완해야 할 통계적 고려 사항에 대하여 확인해 보기로 한다.

#### 3.1. Project Y의 선정

성공적인 식스 시그마 프로젝트를 위한 Project Y는 (1) 명확한 목표의 정의 (2) 측정 오차를 최소화 할 수 있는 측정 방법의 확인 (3) 연속형 데이터를 가정한다. 이를 통하여 명확한 목표와 방향을 결정할 수 있고, 중요 인자의 선별과 최적 조건 설정을 위하여 다양한 계량/통계 도구를 적용할 수 있다. 제 2절에서 고려된 103개 프로젝트에서 Project Y의 형태와 목적을 구분해 보면 Table 3.1과 같다. 일반적으로 데이터의 형태는 이산형과 연속형으로 구분하지만 여기서는 이산형을 범주/비율화 그리고 빈도화로 세분화하였다. 빈도화란 일정 단위(unit)에서 관심 속성(attribute)을 집계한 경우를 말하고 범주/비율화란 관심 특성을 2개의 범주로 구분하여 일정한 개수를 조사하여 관심 범주에 대한 비율(proportion)을 계산한 경우를 말한다. 예를 들어, 환경 실험에서 합격/불합격을 기록하고 이를 실험 회수 기준으로 비율을 구한 경우는 범주/비율화로 분류하였고 일정 한 수의 사이클(cycle)로 진행되는 검증 테스트에서 작동하지 않는 수를 세어 기록한 경우에는 빈도화로 분류하였다.

연속형의 비중은 S급의 경우에는 전체의 약 43%이며, N급의 경우에는 약 61%를 차지한다. 일반적으로 SW의 제품/프로세스 척도가 결점(Defect)을 기초로 측정된다는 점을 고려해 볼 때, Project Y의 측

**Table 3.1.** Purpose of Project and Frequencies of type of Project Y

(1) S급

목적	속성			구분 불가	합계
	연속형	이산형			
		빈도화	범주/비율화		
시장품질 개선	14	3	13	0	30
모듈 기능 개선	1	0	1	0	2
프로세스 개선	0	1	0	0	1
기 타	1	1	2	0	4
합 계	16	5	16	0	37

(2) N급

목적	속성			구분 불가	합계
	연속형	이산형			
		빈도화	범주/비율화		
시장품질 개선	5	7	7	0	19
모듈 기능 개선	17	2	1	0	20
프로세스 개선	8	2	2	1	13
기 타	10	3	1	0	14
합 계	40	14	11	1	66

정 척도가 구간/비율 척도에 기초하는 연속형으로 측정된 것은 바람직한 경우라고 할 수 있다 (Clark, 2002). 왜냐하면 비율 또는 빈도에 기초하여 프로젝트를 진행한다면 체계적인 중요 인자 선정과 최적 조건 도출 과정에서 효율적인 계량/통계 도구를 사용할 수 없거나 사용하더라도 큰 효과를 기대하기 어렵기 때문이다. 즉, SW 개발 프로세스의 관리 목적이라면 결함(Defect) 중심의 빈도/비율 데이터가 유용할 수 있지만 문제가 된 SW 모듈 기능 또는 제품의 성능을 개선하기 위해서는 명확한 원인 규명이 필요하기 때문이다. 따라서 개선을 목적으로 한다면 단일 특성에 기초한 연속형을 선정함이 바람직하고 이를 위해서는 현재 측정되고 있는 관리 데이터 중 일부를 선택하는 것이 아니라 SW 모듈의 기능 구현 구조와 다른 모듈과의 연관 관계 그리고 제품에서의 핵심 역할과 필요 자원 확인 등과 같은 개발자의 노력이 필요하다.

### 3.2. Type I Gage Study의 활용

식스 시그마 방법의 [Measure 단계]에서는 측정 타당성 검토를 위한 도구로 Gage R&R 방법을 추천 한다 (Harry, 1994a, 1994b). 이는 [Define 단계]에서 정의된 프로세스의 중요 특성인 Project Y의 타당성을 보장 받는 절차이다. 또한 [Analyze 단계]와 [Improve 단계]에서 올바른 중요 인자의 선정과 최적 조건 도출을 위한 전제 조건이기도 하다. 만일 Project Y에 대한 측정 타당성이 전제되지 않는다면 알려지지 않은 인자들의 영향도를 올바로 파악할 수 없을 뿐만 아니라 선정된 최적 조건이 고객 환경에서 재현될 가능성을 보장할 수 없다. 고찰될 사례에서는 자동 측정 장비에 의하여 측정된다는 이유로 Gage R&R을 생략하는 경우가 많았다. 하지만 자동 측정 장비라고 하더라도 측정자 또는/그리고 측정 방법이 측정값에 영향을 주고 있다면 Gage R&R을 통하여 측정 표준과 절차에 대하여 검증해 볼 필요가 있다. 만일 측정자 또는 측정 방법이 측정값에 영향을 주지 않는 경우라고 하더라도 Type I Gage Study를 통하여 측정 장비의 반복성(Repeatability)을 확인해야 한다. 단, 정확도(Accuracy)와 반복성이 업계 표준 검정 방법을 통하여 주기적으로 확인되는 계측 관리 시스템이 운영되고 있다면 생략할 수

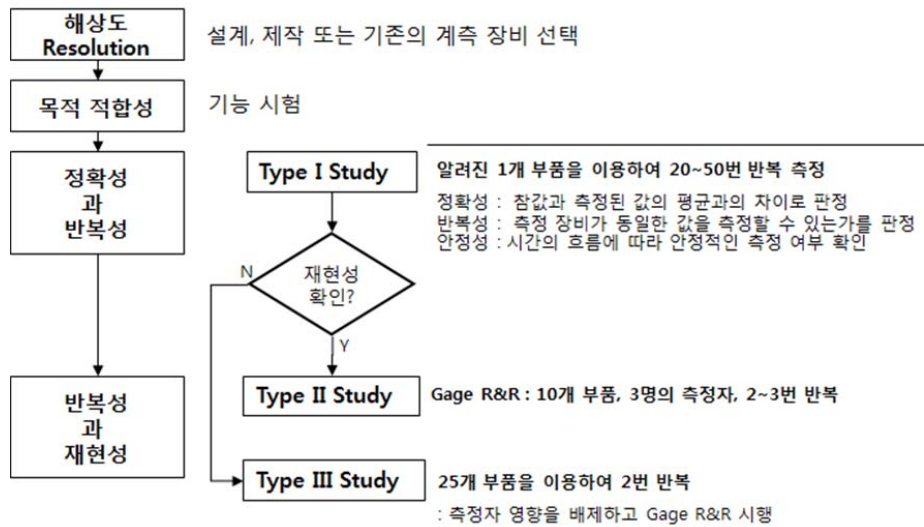


Figure 3.1. Verification Methods of Measurement System : Type I~Type III study.

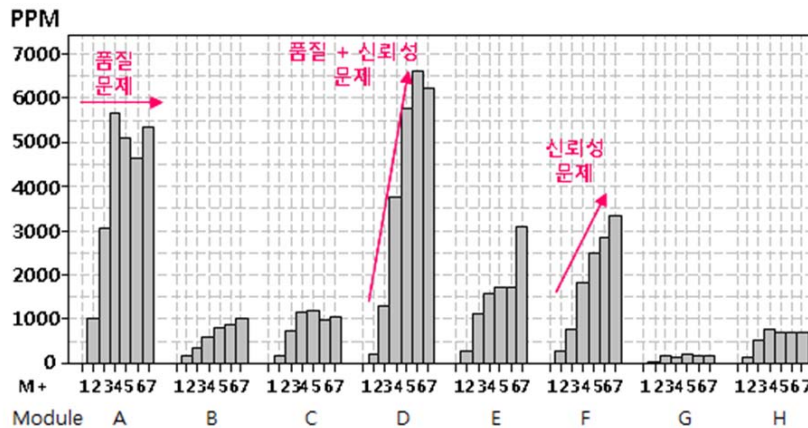


Figure 3.2. The chance of PPM for Monthly Customer Claims with respect to SW modules (8 modules are considered).

있다. 일반적으로 적용되는 측정 시스템 검토 방법은 목적에 따라 Figure 3.1과 같이 구분할 수 있다 (Automotive Industry Action Group, 2002; Montgomery와 Runger, 1993).

### 3.3. 신뢰성 문제의 고려

모바일 제품에 적용되는 SW 모듈은 개발 단계에서의 기능과 품질 문제뿐만 아니라 고객 환경에서 신뢰성 문제가 발생할 수 있다. 신뢰성 분석에서 고려하는 관심 수명은 모바일 제품마다 상이할 수는 있지만 일반적으로 보증 기간과 함께 포화 판매 시점을 고려한다. 현재 모바일 폰의 경우 제품의 라이프 사이클 중에서 출시 후 6개월이라는 기간을 중시한다. 이 시점을 가능한 판매량의 포화 단계로 해석하기 때문이다. Figure 3.2는 모바일 제품의 각 모듈별(예를 들면, 음성부, 화면부, 터치부 등)로 조사된 고객 불

만 빈도와 월별 판매 대수를 반영한 PPM(Parts Per Million)을 계산하여 월별로 집계한 것이다.

$$\text{PPM} = \frac{\text{서비스 건수(월)}}{\text{누적 판매 대수(월)}} \times 10^6.$$

[기능 A]의 경우에는 출시 이후 판매량이 증가하면서 일정한 수준의 PPM을 유지하고 있다. 이러한 경우는 해당 모듈이 원하는 기능을 올바르게 구현하지 못하는 품질 문제라고 할 수 있다. [기능 D]의 경우에는 품질과 신뢰성 문제가 동시에 나타나고 있다. 그 이유는 출시 후 2개월이 지나면서 PPM이 급격하게 높아지면서 증가하고 있기 때문이다. [기능 F]의 경우에는 신뢰성 문제로 구분할 수 있는데, 그 이유는 출시 된 직후 낮은 PPM을 보이고 있으나 시간이 지나면서 PPM이 높아지고 있기 때문이다. [기능 G]의 경우는 품질과 신뢰성 모두에서 특별한 문제가 없음을 확인할 수 있다. 이와 같이 SW 모듈에서도 품질 문제와 신뢰성 문제가 동시에 나타날 수 있으므로 신뢰성 문제의 진단과 개선 방법을 고려해야 한다.

이외에도 SW 개발 프로세스 개선을 위하여 다른 분야에서 적용되었던 중요 통계 도구와 방법에 대한 지속적인 연구를 통하여 적절한 방법을 찾고 보완해야 한다. 예를 들어, SW 개발에서 검증 단계별로 발생하고 제거된 결함 정도의 파악에 활용되는 Capture-Recapture 방법은 물고기의 개체 수 추정을 위하여 Petersen (1896)에 의해 제안된 것이다. 그 후 물새의 개체 수에 관심을 가진 Lincoln (1930)에 의해 정리되었다. 하지만 이 방법은 센서스에서 조사되지 않은 집단/개체 크기의 추정, DB 또는 집계된 자료에서 중복된 기록 수의 추정, 특정 지역에서 특정 질병을 보유한 개체의 수 추정 등에 응용되고 있다 (Mastro 등, 1994).

#### 4. SW 개발 성숙도 향상을 위한 식스 시그마 방법의 역할

SW 개발자의 역량 향상과 함께 SW 개발 프로세스에 대한 핵심 측정 척도와 프로젝트 관리 지표에 대한 대표적인 연구는 카네기 멜론 대학의 Humphrey 교수 (Humphrey, 1989)에 의하여 정리된 Personal Software Process(PSP), Team Software Process(TSP) 그리고 Capability Maturity Model Integration(CMMI)을 들 수 있으며 이는 현재 SW 개발 프로세스의 평가 표준으로 자리 잡고 있다 (Chrissis 등, 2003). 이러한 SW 고유의 프로세스 개선 활동과 식스 시그마 방법의 통합적 적용을 위한 시도와 함께 SW 개발 프로세스 개선을 위한 식스 시그마 방법을 적용하기 위한 표준도 제시되었다 (Land 등, 2008; Gack, 2001). 하지만 이러한 시도는 식스 시그마 방법을 결함 제거를 위한 도구들의 모임으로 이해하면서 큰 성과를 거두지 못했다. 이러한 오류를 극복하고 SW 개발 프로세스의 개선에서 식스 시그마 방법의 역할을 이해하기 위해서는 먼저 CMMI에서 제시하고 있는 SW 프로세스 성숙도의 단계를 구분하여 고려해야 한다. Figure 4.1은 SW 프로세스 성숙도 향상을 위한 식스 시그마 방법의 역할을 정리한 것이다.

CMMI에서는 SW 개발 프로세스의 유무와 표준화/계량화의 정도에 따라 성숙도를 5단계로 구분한다. 가장 기초적인 단계인 [Ad Hoc 단계]는 일부 천재 개발자들의 역량과 노력 그리고 경험에 의해 SW 제품의 성공이 결정되는 단계를 말하며 개발 프로세스를 적절하게 정의할 수 없는 경우이다. 이 단계에서는 프로세스 개선 방법론인 식스 시그마 방법을 적용할 수 없으며, 적용하더라도 획기적인 효과를 기대하기 어렵다. [Ad Hoc 단계]를 지나 개발 프로세스의 규모가 커지고 개발 인원이 증가하게 되면 기존의 성공 경험을 기초로 기본적인 프로세스를 정립하게 된다. 이 단계를 [Repeatable 단계]라고 부른다.

[Repeatable 단계]에서 내부적인 관리를 위한 문서화와 표준화 기준이 선별적으로 도입되지만 이러한 활동이 SW 개발 프로세스의 개선에서는 큰 효과를 기대하기 힘들다. 개발자들은 이러한 기록과 검토가 도움이 되기보다는 개발 일정에 걸림돌이 된다고 인식하는 경우가 많다. 이러한 단계의 조직에서는 식

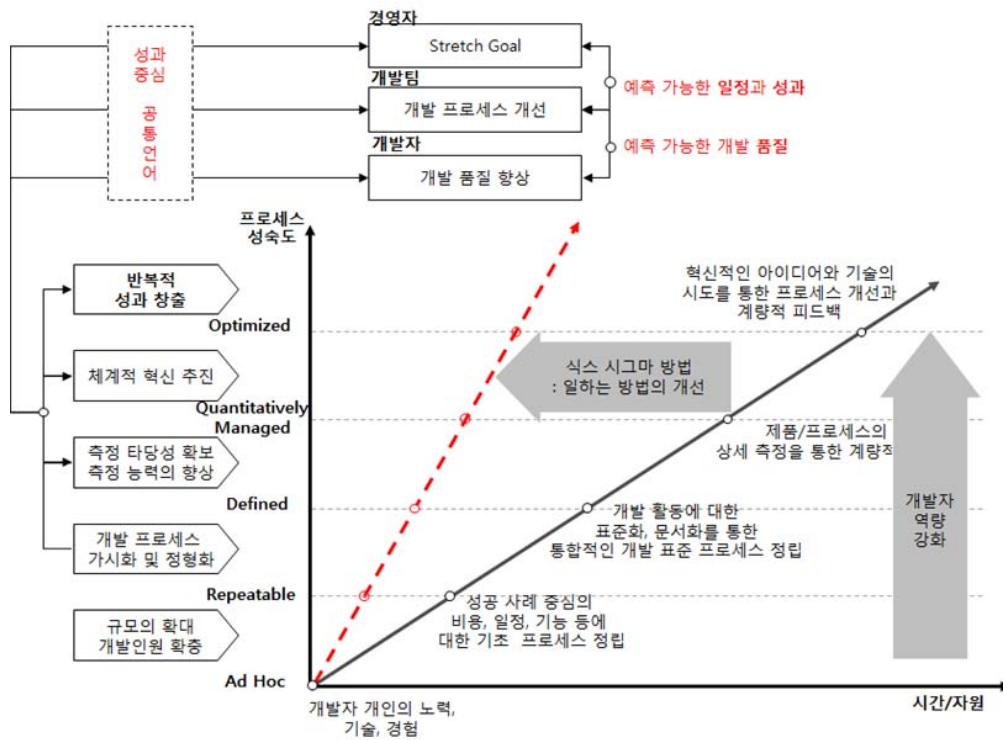


Figure 4.1. The role of Six Sigma method for improving maturity of SW development process.

스 시그마 방법 역시 개발의 걸림돌로 작용한다고 인식된다. 과거의 성공 방식으로 시장에 적응할 수 없을 때, SW 개발 조직은 좀 더 체계적인 프로세스를 정립하고자 한다. 이때는 거의 모든 개발 활동에 대한 표준화와 문서화가 요구되고 이러한 과정을 통합하는 전사적인 개발 표준 프로세스가 정의 된다. 개발자들은 새로운 개념과 관리 도구에 대한 교육을 받게 되고, 반드시 지켜야 하는 개발 표준이 결정된다. 이 단계를 [Defined 단계]라고 부른다.

[Defined 단계]에서는 시장에서 경쟁 가능한 표준 품질의 확보 그리고/또는 SW 제품의 납기 달성이 중요해진다. 이 단계에 이른 조직은 식스 시그마 방법과 다양한 통계 방법의 필요성을 인식하기 시작한다. 개발 표준의 정립과 실행을 통해 구체적인 개발 활동들이 명확해 지고 각 활동의 측정에 대한 기초가 정립되면, 각 활동에 대한 상세 측정이 가능해진다. 이 단계를 [Quantitatively Managed 단계]라고 부른다.

[Quantitatively Managed 단계]에서는 식스 시그마 방법에서 제공하는 다양한 계량 도구가 중요한 역할을 하게 된다. 즉, 올바른 측정 여부의 확인, 다양한 분석 방법을 통한 개선과 검증 그리고 평가를 통하여 새로운 개선 기회를 찾게 된다. 계량적이고 체계적인 관리가 정착되면, 각 프로젝트 별로 혁신적인 아이디어와 새로운 개발 방법에 대한 시도가 가능해진다. 또한 수행된 프로젝트를 면밀히 검토함으로써 새로운 개선 기회를 확인하고 이를 보완 적용함으로써 개발 프로세스는 반복적 성과 창출의 기초가 된다. 이 단계를 성숙도가 가장 높은 [Optimized 단계]라고 부른다.

[Optimized 단계]에서는 개선 프로젝트의 수행 경험이 중요한 역할을 하게 된다. 즉, 식스 시그마 방법 또는 고유의 개선 프로젝트에 의한 성과 중심의 올바른 문제 정의와 계량/통계 도구에 의한 체계적인 문

**Table 4.1.** The differences between local SW improvement method and Six Sigma method

구분	SW 고유의 개선 방법	식스 시그마 방법
공통 언어	SW 업계 공통 언어 사용	경영 관점의 공통 언어 사용
문제 인지	SW 문제에 대한 이해	경영 문제에 대한 이해
문제 유형	발생한 문제와 SW개발 환경 중심	설정형/탐색형 문제와 고객/제품 환경 중심
접근 방법	개발자 입장의 부분적이고 지엽적인 접근	관리자/경영자 입장의 전체적이고 포괄적인 접근
해결 기준	SW 문제 해결에 대한 경험	경영 문제 해결에 대한 경험
해결 방법	동종업계에 기초한 응용 중심	이종업계를 통한 유추 가능

제 해결 방법을 통하여 SW 개발 프로세스의 개선과 시장에서의 경쟁력을 갖추게 된다. 이와 같이 SW 분야의 식스 시그마 방법의 효과성은 개발 프로세스의 성숙도에 영향을 받는다. 프로세스 성숙도가 높을수록 식스 시그마 방법은 개선 성과에 기여할 가능성이 높아지고 새로운 개선 기회를 제공하는 중요한 역할을 하게 된다.

식스 시그마 방법이 기존의 SW 개선 방법과 다른 점은 기업 경영의 관점에서 개선을 실행할 수 있다는 점이다. Table 4.1은 SW 고유의 방법과 식스 시그마 방법의 차이점을 정리한 것이다. 실제 SW 개발자와의 인터뷰를 통하여 확인해 보면 SW 프로세스를 개선하기 위해서는 SW를 잘 알고 있어야 하고 SW 개발 경험이 있어야 하며, 개인 개발자들의 역량과 심리를 잘 파악하여야 하지만 그러한 요소들을 식스 시그마 방법에서는 찾기 힘들다는 점을 지적한다. SW 고유의 개선 방법들은 SW 업계 공통 언어를 사용함으로써 개발자들에게 발생한 문제에 대한 이해를 높일 수 있다. 하지만 그 대상이 최종 제품이 아닌 SW 모듈과 부분적인 프로세스 활동 중심이며 결함(defect)으로 정의되는 발생형 문제를 주로 다룬다는 점 그리고 동종 업계의 성공과 실패 경험에 기초하므로 타 분야에서 발견되고 검증된 문제 해결 방법의 응용 속도가 늦다는 단점을 갖는다. 식스 시그마 방법은 추정, 변동 그리고 최적화라는 통계적 방법을 기초로 체계적인 문제 해결 절차와 검증 도구를 제공하고 최종 제품에 대한 탐색적 그리고 설정형 문제를 다룰 수 있다는 점에서 이러한 단점을 보완할 수 있는 좋은 대안이 될 수 있다.

## 5. 결론 및 보언

지금까지 모바일 폰의 임베디드 SW 개발 프로세스 개선에 적용된 식스 시그마 방법의 검토를 통하여 식스 시그마 방법의 적용 가능성과 계량/통계 도구의 유용성을 확인해 보았다. 또한 SW 분야의 개선 프로젝트를 진행하면서 통계적으로 보완될 사항에 대해서도 확인해 보았다. 제조업에서 시작된 식스 시그마 방법이 다른 분야로 확대 적용되면서 만났던 공통적인 현상인 “우리 분야는 다르다”와 NIH(Not Invented Here)이 SW 분야에서도 발생하고 있지만 일정한 성숙도 이상의 SW 개발 프로세스에서는 식스 시그마 방법이 경영적 측면에서 상호 보완적인 역할을 할 수 있다는 점을 상기할 필요가 있다 (Welch와 Welch, 2005).

식스 시그마 방법은 문제 해결의 도구들의 모임이라는 오해도 있지만 성공한 조직의 식스 시그마 방법은 “성과 중심의 검증된 일하는 방법”으로 인식되고 있다. 특히, 서로 다른 업무 영역을 갖는 조직 간의 공통 언어를 제공하고 천문학, 농업, 제조업, 금융업, 정부 기관, 헬스 케어 등과 같이 다양한 분야에서 적용되었던 성공 경험과 검증된 계량/통계적 도구를 제공한다. 앞으로 모바일 폰뿐만 아니라 자동차, 유통, 사물 인터넷 등의 분야에서 SW의 비중은 더욱 높아지고 SW 개발 프로세스의 규모 역시 기하급수적으로 확대될 것이다. 이러한 개발 환경에서 높은 시장 경쟁력을 유지하기 위해서는 수준 높은 개발자의 역량과 함께 성과 관점에서의 공통 언어 정립 그리고 신속한 문제 해결의 필요성은 더욱 강조될 것이다. 이러한 환경에서 식스 시그마 방법과 계량/통계 도구는 SW 개발 프로세스의 진단과 개선에 중요한

역할을 할 수 있을 것이라고 기대해 본다.

## References

- Automotive Industry Action Group (2002). *Measurement Systems Analysis Reference Manual*, 3rd edition, Chrysler, Ford, General Motors Supplier Quality Requirements Task Force.
- Bigio, D., Edgeman, R. L. and Ferlemen, T. (2004). Six sigma availability management of information technology in the office of the chief technology officer of Washington, DC, *Total Quality Management & Business Excellence*, **15**, 679–687.
- Cachia, E. (2008). *Introduction to Software Engineering*, University of Malta, CSA2181.
- Chrissis, M. B., Konrad, M. and Shrum, S. (2003). *CMMI Guidelines for Process Integration and Product Improvement*, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Clark, B. (2002). Eight secrets of software measurement, *Manager Section, IEEE Software*, September/October
- Evans, W. M. and Lindsay, W. M. (2005). *The Management and Control of Quality*, 6th Edition, South Western College Publisher, Ohio.
- Fehlmann, T. (2003). Strategic management by business metrics: An application of combinatorial metrics, *International Journal of Quality & Reliability Management*, **20**, 134–145.
- Fenton, N. E. (1999). A critique of software defect prediction models, *Software Engineering, IEEE Transactions on*, **25**, 675–689.
- Frank, S. (2003). Applying Six Sigma to revenue and pricing management, *Journal of Revenue and Pricing Management*, **2**, 245–254.
- Fursule, N., Bansod, S. V. and Fursule S. N. (2012). Understanding the benefits and limitations of six sigma methodology, *International Journal of Scientific and Research Publications*, **2**.
- Gack, G. A. (2001). Combining CMMI, PSP, TSP, and Six Sigma for Software, <http://www.isixsigma.com/industries/software-it>
- Harry, M. J. (1994a). *The Vision of Six Sigma: A Roadmap for Breakthrough*, Sigma Academy, Phoenix, AZ.
- Harry, M. J. (1994b). *The Vision of Six Sigma: Tools and Methods for Breakthrough*, Sigma Academy, Phoenix, AZ.
- He, Z. and Goh, T. N. (2015). Enhancing the future impact of six sigma management, *Quality Technology and Quantitative Management*, **12**, 83–92.
- Humphrey, W. S. (1989). *Managing the Software Process*, Reading, MA, Addison-Wesley.
- Iwaarden, J., Wiele, T. V. D., Dale, B., Williams, R. and Bertsch, B. (2008). The six sigma improvement approach: A transactional comparisons, *International Journal of Production Research*, **46**, 6739–6758.
- Ko, S.-G. (2005). *Global Standard Six Sigma Training; Common Materials*, **I**, LG Electronics.
- Ko, S.-G. and Cho, Y.-J. (2008). Deriving an overall evaluation index with multiple CTQs in six sigma management, *Journal of the Korean Data and Information Science Society*, **19**, 1255–1267.
- Land S. K., Smith, D. B. and Walz, J. W. (2008). *Practical Support for Lean Six Sigma Software Process Definition: Using IEEE Software Engineering Standards*, Wiley-IEEE Computer Society Press, New York.
- Lee, Y. T. and Kim, K. T. (2010). Current status of domestic embedded software industry and improvement strategy for the industry, *Korea Information Science Society*, **28**, 36–41.
- Lincoln, F. C. (1930). Calculating waterfowl abundance on the basis of banding returns, *United States Department of Agriculture Circular*, **118**, 1–4.
- Maass, E. and McNair, P. D. (2010). *Applying Design for Six sigma to Software and Hardware systems*, Prentice Hall, USA.
- Mastro, T. D., Kitayaporn, D., Weniger, B. G., Vanichseni, S., Laosunthorn, V., Uneklabh, T., Uneklabh, C., Choopanya, K. and Limpakarnjanarat, K. (1994). Estimating the number of HIV-infected injection drug users in Bangkok: a capture–recapture method, *American Journal of Public Health*, **84**, 1094–1099.
- Montgomery D. C. and Runger, G. C. (1993). Gauge capability analysis and designed experiments. Part II: Experimental design models and variance component estimation, *Quality Engineering*, **6**, 289–305.

- Montgomery, D. C. and Woodall, W. H. (2008). An overview of six sigma, *International Statistical Review*, **76**, 329–346.
- Petersen, C. G. J. (1896). The yearly immigration of young plaice into the Limfjord from the German Sea, *Report of the Danish Biological Station*, **6**, 1–48.
- Welch, J. and Welch, S. (2005). *Winning*, HarperBusiness, New York.



# 모바일 폰 임베디드 소프트웨어 개발을 위한 식스 시그마 방법의 활용에 대한 사례 연구

고승곤<sup>a,1</sup>

<sup>a</sup>가천대학교 응용통계학과

(2015년 11월 10일 접수, 2015년 12월 4일 수정, 2015년 12월 4일 채택)

---

## 요약

모바일 제품에서 임베디드 소프트웨어(Embedded Software)의 역할이 중요해짐에 따라 소프트웨어(SW) 개발 프로세스에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한 모바일 제품 시장에서 기업 간의 경쟁이 치열해 지고 적용되는 SW의 규모가 커짐에 따라 SW 개별 모듈의 결함 관리보다는 고객 사용 환경과 시장 품질의 관점에서 SW 개발 프로세스를 개선할 수 있는 새로운 방법이 요구되고 있다. 이 논문에서는 모바일 폰 분야에서 실행된 103개의 SW 개선 프로젝트를 검토하여 프로세스 개선 방법으로 자리 잡고 있는 식스 시그마 방법의 SW 분야 적용 가능성과 통계적 도구와 방법의 유용성을 확인해 보고자 한다.

주요용어: 임베디드 소프트웨어, SW 개발 프로세스, 프로세스 개선, 식스 시그마 방법, 통계적 도구와 방법

---

이 연구는 2014년도 가천대학교 지원에 의한 결과임.

<sup>1</sup>(13120) 경기도 성남시 수정구 복정동 산 65번지, 가천대학교 응용통계학과. E-mail: sgk@gachon.ac.kr