

▣ 6 시그마(Six Sigma)

1. 6 시그마 방법론의 개념

6 시그마 방법론은 개념적으로 다음의 3가지 관점에서 정의할 수 있다. 첫째, 통계적 관점이다. 6 시그마의 본래의 의미는 통계학에서 왔다. 시그마(sigma)는 프로세스 평균에 관한 변동량을 표현하기 위해 사용된 용어인 반면, 6 시그마란 100만 번의 기회 당 3.4개 이하의 결함을 가지는 것 혹은 99.9997%의 성공률을 가지는 것으로 정의된다. 만약, 한 기업이 품질 관리에 대해 3 시그마 수준에서 운영되고 있다면, 이는 93%의 성공률을 달성하거나 100만 번의 기회 당 66,800번의 결함을 가지는 것으로 해석될 수 있다. 따라서 많은 기업들이 여전히 3 시그마 수준에 머물러 있다는 것을 고려한다면, 6 시그마 방법론은 매우 엄격한 품질 관리 개념이라 할 수 있다.

둘째, 문화적 관점이다. 6 시그마의 창시자인 Herry에 의하면, 6 시그마는 모든 조직구성원이 참여하는 혁신 운동으로서 모든 일상 업무를 6 시그마에 의거하여 처리하고 수행할 수 있도록 사고방식과 일하는 방식을 변화시키는 것을 의미한다. 즉, 열심히 일하는 것(Working harder)이 아니라 현명하게 일하도록(Working smarter) 기업의 문화를 변화시킴으로써 궁극적으로 무결함(Zero defects)을 추구하도록 하는 것이다.

셋째, 비즈니스 전략적 관점이다. Antony와 Banuelas는 6 시그마를 비즈니스 수익성을 향상시키고, 고객의 필요와 기대를 충족시키기 위한 모든 운영의 효과성과 효율성을 향상시키기 위해 이용되는 비즈니스 전략으로 정의하였다. 6 시그마 접근법은 제조업의 생산 부문에서 처음 도입되었고, 이후 마케팅, 엔지니어링, 구매, 서비스, 그리고 경영지원과 같은 다른 기능 영역들로 빠르게 확산되고 있다. 특히, 기업들이 프로세스 개선을 원가절감과 관련지음으로써 재무적 성과로 표현된 6 시그마의 이점을 명확하게 표현할 수 있었다는 사실 때문에 6 시그마의 광범위한 적용이 가능해졌다고 할 수 있다.

이를 종합하여보면, 6 시그마 방법론은 기업에서 발생하는 결함을 지속적으로 감소시킴으로써 기업의 제품, 서비스, 그리고 프로세스를 향상시키기 위한 프로젝트 주도형 경영혁신 접근법으로, 고객 요구사항에 대한 이해, 비즈니스 시스템, 생산성, 그리고 재무적 성과를 향상시키는데 초점을 둔 비즈니스 전략이라 할 수 있다.

6 시그마 방법론에서의 결함은 제품, 서비스, 그리고 프로세스에서 발생 가능한 모든 결함을 포함한다. 따라서 제조 프로세스에서의 불량률 최소화 하거나 특정 부문에서의 문제 해결에 초점을 두었던 다른 품질혁신 방법론과는 다른 특징을 가지고 있다. 이를 정리하면 다음과 같다.

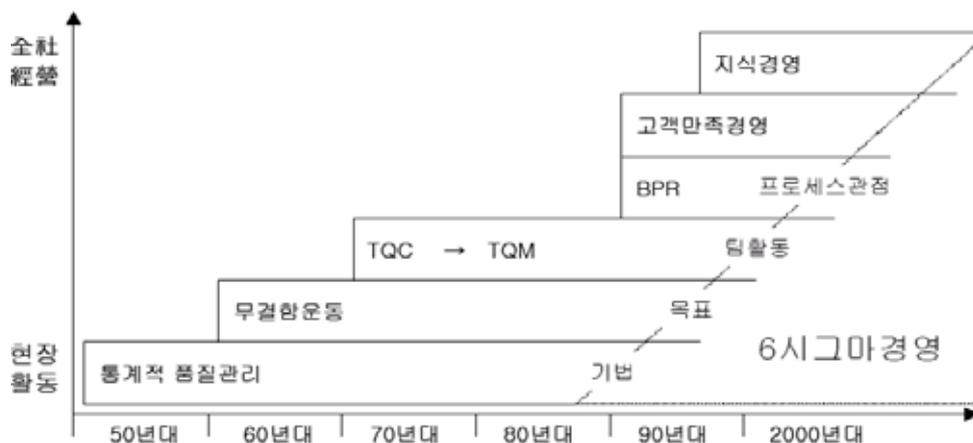
첫째, 프로세스 중심의 문제 해결 방식이다. 모든 제품과 서비스는 프로세스의 결과이므로, 프로세스 자체에 문제가 있으면 제품과 서비스가 제대로 생산될 수 없다. 6 시그마는 최종 산출물의 결함 자체보다는 그 결함을 발생시키는 프로세스 자체에 초점을 두고, 문제의 근본 원인을 제거함으로써 결함을 지속적으로 감소시키고자 한다.

둘째, 고객 중심의 문제 해결 방식이다. 6 시그마는 고객의 관점에서 품질에 영향을 미치는 핵심 요소를 찾아 이를 개선하는데 초점을 둔다. 기존의 많은 혁신 방법론들은 규격에 적합한 것을 품질로 인식하였으나, 6 시그마는 고객을 만족시키는 것을 품질로 인식한다.

셋째, 데이터 중심의 과학적인 문제해결 방식이다. 6 시그마는 객관적이고 신뢰성 있는 데이터의 수집과 통계적인 분석 방법을 활용하여 문제의 원인을 정확하게 파악하고 개선안을 제시한다. 이와 같은 6 시그마의 과학적인 문제 해결 방식은 프로세스의 품질을 객관적으로 평가하여 개선의 대상과 방향을 설정하는데 매우 효과적으로 사용될 수 있다.

넷째, 재무적 성과의 창출이다. 6 시그마 혁신 활동은 프로젝트 정의 단계에서 프로젝트 목표 달성 시 어느 정도의 재무적 성과를 창출할 수 있을지 평가한다. 또한 프로젝트 완료 후에 다시 한 번 재무적 성과를 평가함으로써 프로젝트에 대한 추진 의욕과 관심도를 높이고, 완료 후에도 개선 실행 안이 지속적으로 유지 및 관리 될 수 있도록 한다.

기존 품질혁신활동과 6시그마의 관계



2. 6 시그마 방법론의 유형

6 시그마 방법론은 크게 DMAIC와 DFSS(Design for Six Sigma)라는 두 가지 유형으로 나누어진다. DMAIC 방법론은 6 시그마 프로젝트를 수행하는데 있어서 가장 일반적으로 사용되는 방법론으로, 현재 존재하고 있는 프로세스 혹은 제품에서의 결함을 개선하기 위한 ‘문제 해결형’ 방법론이다. 즉, 기본적인 프로세스는 그대로 둔 채, 프로세스의 변동 원인을 제거하여 문제를 해결하고자 하는 접근법으로써, Define, Measure, Analyze, Improve, Control의 5단계의 절차를 따르기 때문에 DMAIC 방법론이라 한다.

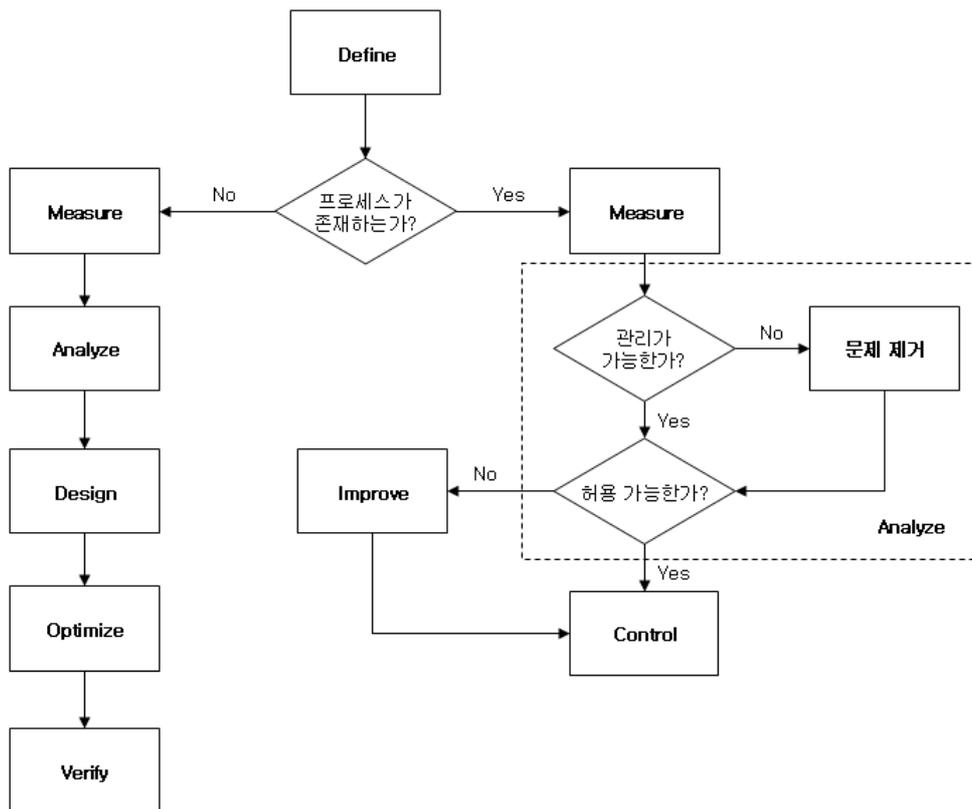
이러한 DMAIC 방법론의 각 단계에 대해 자세히 살펴보면 다음과 같다. ① Define 단계에서는 개선이 필요한 모든 핵심 개선 영역 및 세부 과제를 정의하고, 프로젝트의 추진 기반과 조직을 구축한다. ② Measure 단계에서는 핵심 개선 영역(CTQ: Critical to Quality)에 대한 현황을 분석 및 파악하고, 핵심 개선 영역에 영향을 미칠 수 있는 잠재적인 원인을 도출한다. ③ Analyze 단계에서는 품질에 가장 결정적인 요소가 무엇인지 기술하고 분석하여 핵심 개선 영역에 영향을 미치는 핵심 요인인 Vital Few를 도출한다. ④ Improve 단계에서는 Vital Few의 최대 수용 가능한 범위를 파악하고, 이들의 편차를 측정하기 위한 시스템을 검증하며, 프로세스를 재구성한다. ⑤ Control 단계에서는 같은 문제가 다시 발생하지 않도록 개선된 프로세스를 지속적으로 관리 감독한다.

반면, DFSS 방법론은 새로운 제품, 서비스, 혹은 프로세스를 설계함에 있어서 처음부터 6 시그마 수준을 적용시키기 위해 이용하는 ‘과제 창출형’ 방법론으로, Define, Measure, Analyze, Design, Optimize, 그리고 Verify의 6단계로 구성되어 있으므로 DMADOV 방법론이라고도 부른다.

DFSS 방법론의 각 단계에 대해 자세히 살펴보면 다음과 같다. ① Define 단계에서는 개선이 필요한 모든 핵심 개선 영역 및 세부 과제를 정의하고, 프로젝트의 추진 기반과 조직을 구축한다. ② Measure 단계에서는 프로젝트의 최종 결과물에 대한 고객을 분류하고, 고객의 요구를 청취하여 프로젝트 CTQ와 이를 가장 잘 대변할 수 있는 측정지표들을 도출하여 디자인을 위한 기본 방향을 정립한다. ③ Analyze 단계에서는 Measure 단계에서 도출된 측정지표들을 만족시킬 수 있는 디자인 컨셉의 대안들을 발굴하고, 이를 평가하여 최종적인 디자인 컨셉을 확정한다. ④ Design 단계에서는 새로운 제품, 서비스, 혹은 프로세스를 디자인하고 Measure 단계에서 도출된 측정지표들을 만족시키는지를 검증하고 수정한다. 이를 위해 예측

모형(Predictive model), 시뮬레이션(Simulation), 프로토타이핑(Prototyping), 파일럿 테스트(Pilot test) 등을 이용한다. ⑤ Optimize 단계에서는 주어진 환경에서의 최적 디자인을 선택하고, 선택한 디자인에 대한 최종 검토 및 승인을 얻은 후 실제 시스템을 구축하기위한 준비 단계이다. ⑥ Verify 단계에서는 Optimize 단계를 거쳐 확정된 디자인 안이 현장에 실제로 적용되더라도 문제가 없는지 확인해 보고, 발생 가능한 문제점을 보완하는 단계이다. 또한 디자인 결과를 문서화 및 표준화하고, 향후에도 성과가 지속적으로 유지될 수 있도록 관리계획을 수립한 후 현업에 적용한다.

이상에서와 같이 6 시그마 방법론은 접근하고자 하는 대상의 성격에 따라 두 가지의 형태로 나누어져서 서로 다른 절차에 따라 수행되게 된다. 아래 그림은 DMAIC 방법론과 DFSS 방법론의 적용 범위에 대한 비교를 보여주고 있다.



3. 주요 기업의 도입 사례

2000년을 전후하여 6 시그마가 세계로 확산되어, 현재 Fortune지 선정 글로벌 500대 기업의 40%가 6 시그마 경영을 추진하고 있는 것으로 나타났다. 6 시그마를 성공적으로 도입한 대표적 기업들은 최근에도 지속적으로 가시적인 성과를 달성하고 있는 것으로 보고되고 있다.

국내의 경우에도 도입 10년차를 맞이하면서 6 시그마가 경영혁신을 대표할 정도로 보편화되고 있다. 삼성, LG, 포스코, KT 등 6 시그마 추진을 선도했던 대기업이 실질적 효과를 거두자 협력업체에까지 6시그마 도입이 확산되는 상황이다.

국내외 주요 기업들의 6 시그마 경영의 도입 성공사례를 살펴보면 다음과 같다.

6시그마경영의 도입사례

사례 기업	도입목적	성 과	특 징	비고
모토로라	일본기업에 대한 경쟁력 열세를 극복	<ul style="list-style-type: none"> - 말콤볼드리지상 최초수상 - 도입 첫째 매출 23%, 이익 45% 증대 - 10년만에 6시그마수준, 총 110억 달러 비용 절감 - 이동통신사업의 기회상실로 6시그마 성과가 퇴색 	<ul style="list-style-type: none"> - 최고경영층의 강력한 의지 - 명확한 품질개선 목표 제시 - 협력회사까지 개선활동 확대 - 임직원에게 대한 체계적 교육 - 성과연동형 인센티브 	87년 시작 (元祖)
GE	글로벌 1등 기업의 위상 유지	<ul style="list-style-type: none"> - 도입 후 3년 동안 비용 38억 달러 절감 - 2000년 한 해만 6억달러 투자, 30억달러 이익증가 	<ul style="list-style-type: none"> - CEO의 강력한 추진 의지 - 임직원에게 대한 체계적인 교육 - 성과연동형 인센티브 - 정기적인 노하우 공유 - 철저한 사전준비 	95년 시작 (확산의 계기)
AMEX	고객만족도 향상	<ul style="list-style-type: none"> - 고객만족도 증대 - 매출 증가로 연결 	<ul style="list-style-type: none"> - 문제 정의 단계를 중시 - DNA 팀(문화개선팀) 운영 	서비스 부문 적용
소니	글로벌 스탠더드 정착	<ul style="list-style-type: none"> - 블랙벨트 집중 양성 (2,000명 선) - 시행착오를 인정하고 추진방향을 수정 	<ul style="list-style-type: none"> - CEO(이데이)의 강력한 의지 - 전문가 육성에 중점 - 2001년 ISO 9000과 통합, 소니식 혁신으로 전환 	97년 시작 (일본 최초)
삼성 SDI	경쟁력 향상	<ul style="list-style-type: none"> - 개선: 2,400 여건 - 재무성과: 2천5백억원 (2001년 중) - Display사업 세계최고의 원가 경쟁력 확보 	<ul style="list-style-type: none"> - 최고경영층의 참여 - 단계적인 접근으로 6시그마 경영에 대해서 충분히 준비 - 자사 특유의 6시그마로 발전 - 체계적인 교육: 핵심인력 양성 - 인사제도에 연계, 동기부여 	96년 시작 (국내 사례)

콜센터에서의 DFSS 프로젝트 추진 사례

1. 개요

지난 몇 년 동안, Telecorp는 DecSoft Inc.사의 기술지원 전화서비스를 대행해 왔다. 두 회사 간의 서비스 계약에 따르면, DecSoft 고객은 Telecorp 사로부터 서비스를 받기까지 20초 이상 기다려서는 안 된다. 평균 대기시간이 적을 경우 Telecorp사는 계약에 명시된 대로 인센티브를 받을 수 있지만 일평균 대기시간이 20초를 초과할 경우, 20초를 초과하는 매 초에 대해 \$100의 위약금을 지불해야 한다. 지난 몇 년 동안, Telecorp 사는 엄청난 액수의 위약금을 지불해왔다. 이에 경영진은 서비스 품질을 향상시키기 위해서 6 시그마 추진팀을 조직했다. 6 시그마 추진팀의 과제는 당연히 일일 위약금을 줄이는 것이다. 현재 이 회사의 콜센터는 8시간 3교대 시스템으로 운영되고 있다. 물론 인력을 증가시킨다면 위약금은 축소될 수 있겠지만, 과도한 인력의 증가는 총비용(인건비, 전화비, 위약금)을 증가시킬 수도 있다. 이에 프로젝트 팀은 프로세스 개선 프로젝트를 위해 Crystal Ball을 활용하기로 하고 분석 모델을 구축한다. 먼저 대기행렬 이론을 활용하여 일평균 대기시간의 변동을 분석하고 민감도 분석(Sensitivity Analysis)을 통해 대기시간 변동의 주된 요인을 찾아낸다. 그리고 최종적으로 비용을 최소화하는 가장 효율적인 인력 배치를 찾기 위해 OptQuest를 이용하여 최적화를 수행한다.

2. 문제 정의 (Define Phase)

DFSS 프로젝트의 시작은 문제를 정의하고 프로젝트의 범위를 결정하는 Define 단계이다. 콜센터 인력 운영과 관련된 이 프로젝트에서는 먼저 현재의 인력 배치와 교대조로 콜센터를 운영하는데 필요한 일간 비용을 계산한다. 다중 대기행렬 이론을 활용해 평균 대기시간을 계산하고 콜센터 운영에 소요되는 비용을 계산하는 모델을 구축한다. 몬테카를로 시뮬레이션을 통해 현재 운영 시스템에서의 평균대기시간과 변동을 계산하고, 평균대기시간의 변동을 유발하는 주요인자를 찾아내기 위해 민감도 차트(Sensitivity Chart)를 이용한다. 그리고 OptQuest를 활용해 콜센터 운영비용을 최소화시킬 수 있는 인력배치를 찾아내게 될 것이다.

* 대기행렬: 하나 혹은 그 이상의 서비스 제공자에게 서비스를 받기 위해 기다리는

고객. 대기행렬은 고객이 서비스시설에 도착하는 시간과 서비스시간의 변동 두 가지 모두에 의해 발생한다.

3. 측정 (Measure Phase)

콜센터 운영비용에는 인건비와 착신 전화요금 그리고 평균 대기시간 지연에 따른 위약금이 포함된다. 인건비는 시간당 \$10이며, 착신 전화요금으로 건당 \$0.10이 지출된다. 위약금은 서비스 계약에 명시된 대로 평균 대기시간이 20초를 초과할 경우 초당 \$100을 내야 한다. 현재 시스템은 앞서 기술한대로 8시간 3교대로 운영되고 있다. 오전 4시, 정오, 오후 8시에 교대가 이루어지며 오전, 오후, 야간 시간에 각각 12명, 12명, 4명의 인력이 배치된다.

평균 대기시간을 계산하는 모델을 구축하기 위해 먼저 데이터를 수집한다. 한 달 동안 전 영업일의 매 시간 착신 전화량과 서비스를 받기 위해 대기하는 시간을 측정하고 Crystal Ball의 분포적합(Fit) 기능을 이용해 확률분포를 적합 시킨다. 매 시간의 착신 전화량의 확률분포는 λ 를 모수로 갖는 포아송 분포이다. 시간당 평균 착신 전화량()이 일별로 변동이 가능하므로 측정 데이터를 근거로 삼각형 분포를 가정한다. 예를 들면 오후 7시부터 오전 5시까지는 시간당 평균 착신 전화량이 최소 2건, 최대 4건, 가장 빈번하게는 3건 정도 발생하므로 이 값들을 모수로 하는 삼각형 분포를 가정한다. 그리고 서비스 제공자로부터 서비스를 받기 위해 대기하는 시간은 지수분포로 적합 된다.



[그림 1] 적합한 착신 전화량의 확률분포

대기행렬 상황은 고객의 도착형태, 서비스 제공 시설, 그리고 서비스 시간의 특성 등의 세 가지 요소에 의해 특성을 나타낼 수 있다. 대기행렬모형을 표현하기 위해 표준화된 기호로서 켄달의 기호(Kendall's Notation)를 사용한다. 이 모델의 경우 도착형태가 포아송 분포이고 서비스 시간이 지수분포를 따르므로 켄달 기호로 표시하면 M/M/1 모형이 된다.

* 켄달의 기호: A/B/s(N) (A = 도착 분포; B = 서비스 분포; C = 서비스 창구

의 수)

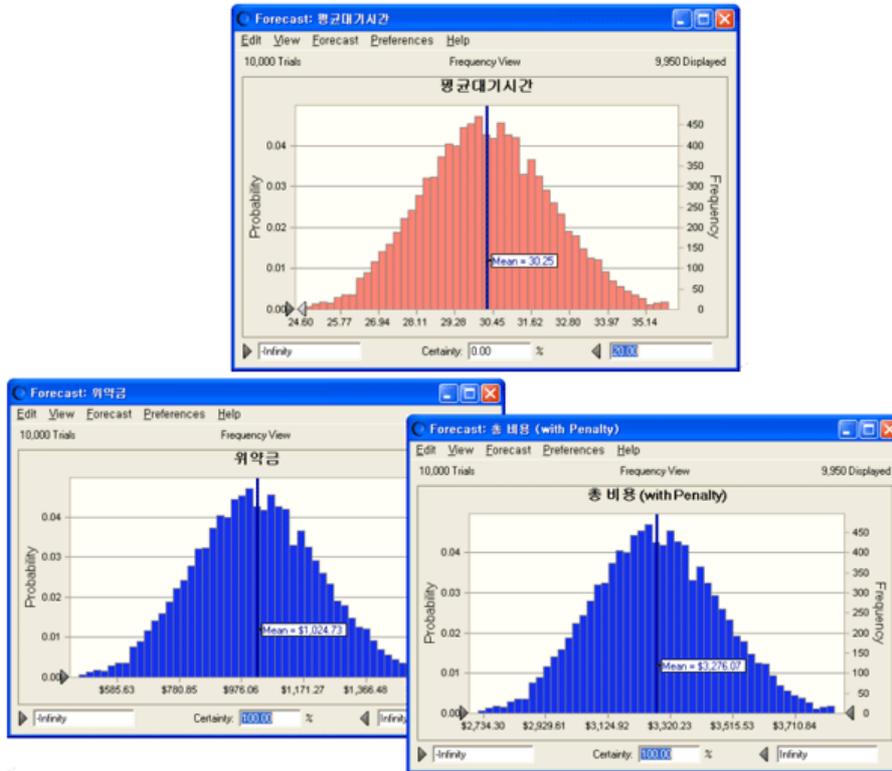
M/M/1 대기행렬 모형에서는 평균 대기시간, 고객이 특정시간 이상 서비스를 기다릴 확률 등을 수식으로 도출하기 위하여 확률이론을 사용하며 이를 대기행렬의 성과지표로 활용한다. 즉, 대기행렬에서 대기하는 평균 고객의 수 (L_q), 시스템 내에서 체류하는 평균 고객의 수 (L), 대기행렬에서 대기하는 평균 시간 (W_q), 시스템 내에서 고객이 소비하는 평균 시간 (W), ρ = 서비스 시설의 이용률 등이 성과지표가 된다. 평균 대기시간과 콜센터 운영비용을 계산하기 위한 스프레드시트 모델은 그림 2와 같이 구축된다.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Call Center Six Sigma Model							
5	시간	12:00 AM	1:00 AM	2:00 AM	3:00 AM	4:00 AM	5:00 AM	
7	3교대시 근무자 수 (Decision Variable) K					12		
8	근무자 (Decision Variable) K	4	4	4	4	12	12	
9	평균 착신 전화량 (기질변수) L	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	15.00	
10	근무자당 평균 서비스량 M	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
11	최소 착신통화량	2	2	2	2	2	14	
12	평균 착신통화량	3	3	3	3	3	15	
13	최대 착신통화량	4	4	4	4	4	16	
15	Contract SLA (서비스수준 협약)	평균 대기시간: 20 초			현재 근무시간:		224	
17	Operating Characteristics							
18	시스템에 고객이 없을 확률, P_0	22%	22%	22%	22%	22%	0%	
19	대기행렬에 있는 평균 고객수, L_q	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.16	
20	시스템에 있는 평균 고객수, L	1.54	1.54	1.54	1.54	1.50	7.66	
21	대기행렬에서 소요된 평균 시간, W_q	53.70	53.70	53.70	53.70	0.00	38.31	
22	시스템에서 소요된 평균 시간, W	54.20	54.20	54.20	54.20	0.50	38.81	
23	도착한 고객이 기다려야 할 확률, P_w	7%	7%	7%	7%	0%	10%	
24	평균대기시간	28.71						
27	Economic Analysis (Optional)							
29	전화당 대기 비용	\$0.10					시스템에 있는 평균 고객의 수	113.28
30	Teller의 시간당 임금	\$10					총 근무시간	224
32	총비용 (No Penalty)	\$ 2,251.33						
33	위약금 (20초를 초과할 경우)	\$ 870.77						위약금 발생확률
34	총비용 (With Penalty)	\$ 3,122.10						<<< 목적 (최소화)

[그림 2] Spreadsheet 대기행렬 모형]

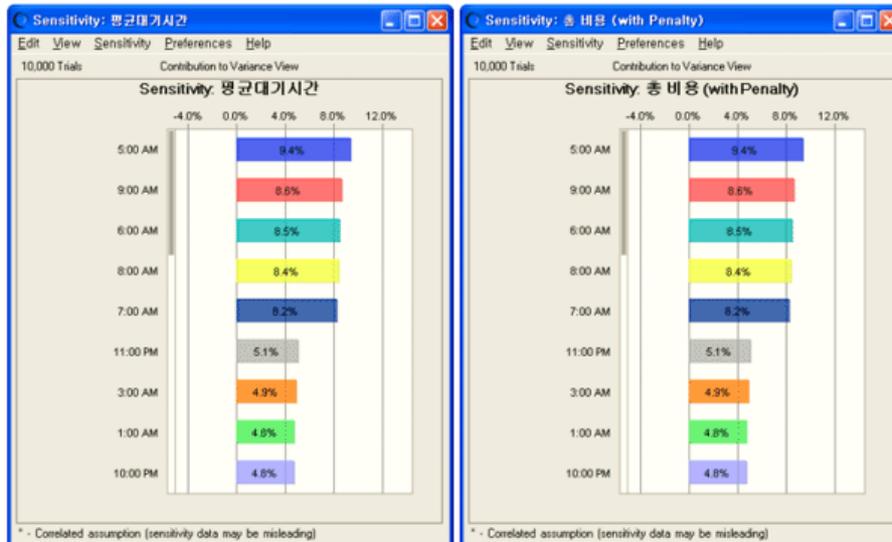
4. 분석 (Analyze Phase)

먼저 현재 운영 시스템(오전, 오후, 야간에 각각 12명, 12명, 4명)에서의 평균 대기시간과 총 비용을 확인하기 위해 몬테카를로 시뮬레이션을 실행한다. 그 결과 평균 대기시간은 목표치인 20초를 상회하는 30.25초이며, 평균 대기시간이 목표치인 20초 이하일 가능성은 0%로 항상 위약금 발생하게 된다. 위약금은 평균 \$1,024 지출되고 콜센터 운영에 필요한 총비용은 평균 \$3,276이다.



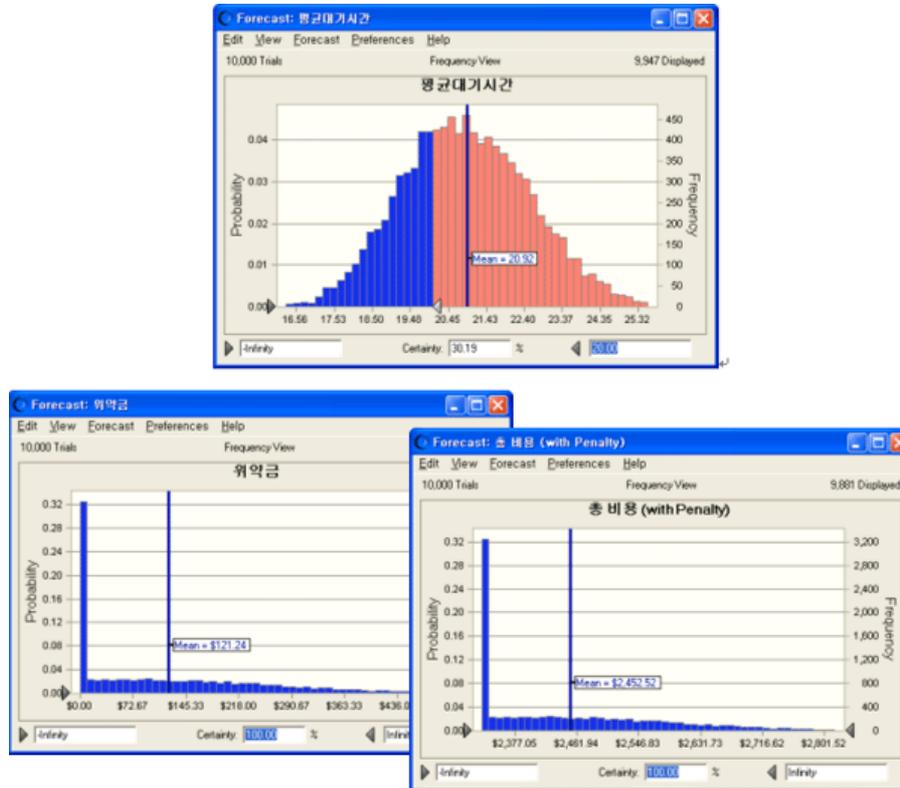
[그림 3] 현 운영시스템에서의 몬테카를로 시뮬레이션 결과

평균 대기시간과 총비용의 주요 변동요인을 찾기 위해 민감도 차트를 확인한 결과 새벽 시간 (5 AM - 9 AM)의 포아송 모수 (평균 착신 전화량)가 주된 변동의 요인이었다.



[그림 4] 변동요인 식별을 위한 민감도 차트 (Sensitivity Chart)

따라서 이를 개선하고자 오전 4시부터 정오까지의 시간대 교대조에 1명을 추가하고(오전, 오후, 야간에 각각 13명, 12명, 4명) 다시 시뮬레이션을 실행한다. 그 결과 평균 대기시간은 20.92초로 줄어들었고 위약금이 발생하지만 (70% 확률) 그 금액은 크게 줄어든다.



[그림 5] 오전시간에 2명을 추가 배치할 경우, 몬테카를로 시뮬레이션 결과

5. 설계 (Design Phase)

비용을 최소화하기 위한 콜센터 운영 시스템을 찾기 위해 OptQuest를 이용해 최적화를 실행한다. 먼저 3 교대조 각각에 대해 운용 가능한 인력수준을 의사결정변수로 설정한다.

Decision Variables	Lower Bound	Upper Bound	Variable Type?
1 st Shift Staffing	9	20	Discrete
2 nd Shift Staffing	9	20	Discrete
3 rd Shift Staffing	2	10	Discrete

확률론적 최적화 목적(objective)은 일간 총비용의 최소화하는 것이다. 제약조건이 없다면 OptQuest의 실행 결과, 최적 인력수준은 13명, 12명, 5명으로 이 경우 평균 총비용은 \$2,411 소요된다. 평균 대기시간을 줄이고 콜센터 비용을 최소화하기 위해서는 오전과 야간시간에 각각 1명씩 2명을 추가적으로 고용해야 한다.

Simulation	Minimize Objective Total Cost (With Penalty) Mean	4:00 AM	12:00 PM	8:00 PM
1	3276.04	12	12	4
2	2891.16	15	15	6
17	2731.18	14	15	5
20	2651.18	14	14	5
32	2412.67	13	13	4
Best 77	2411.25	13	12	5

[그림 6] OptQuest 결과

6. 결론

콜센터 운영에 필요한 일간 총 비용과 그 변동은 몬테카를로 시뮬레이션으로 예측될 수 있으며, 민감도 차트로 변동을 유발하는 시간대의 인력배치를 찾아낼 수 있다. 인력을 보강하면 위약금은 당연히 감소하겠지만 인건비와 착신 전화요금, 위약금을 모두 포함하는 총 비용은 증가한다. 전체 운영비용을 최소화하기 위한 가장 효율적인 인력배치를 구하고자 DFSS 방법론에 따라 최적의 설계를 도출할 수 있었다.