

# Lean과 TOC 시각에서의 6시그마 전개 방안

허원석<sup>1\*</sup> · 김동준<sup>2</sup> · 장중순<sup>1</sup>

<sup>1</sup>아주대학교 산업정보시스템 공학부 / <sup>2</sup>삼성전기 6시그마경영팀

## Six Sigma Approach Linked with Lean and TOC

Wonsuk Hur<sup>1</sup> · Senior Manager Dongchun Kim<sup>2</sup> · Professor Joongsoon Jang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Industrial & Information Systems Engineering, Ajou University, Suwon, 443-749

<sup>2</sup>Six Sigma Management Team, Samsung Electro-Mechanics, Suwon, 443-743

This study proposes a method of implementing Six Sigma linking Lean approach and/or TOC(Theory of Constraints). A case study carried out in a PCB production line is examined to compare Lean Six Sigma and TOC Six Sigma. Implementing guidelines are given to achieve the whole company's optimum.

**Keywords:** Six Sigma, Lean, TOC

### 1. 서론

최근 국내의 많은 기업들이 경쟁력 강화 및 기업 가치를 증대하기 위하여 다양한 경영혁신 활동(Lean, TOC, 6시그마, TQM 등)을 추진하고 있다. 이를 통해 기업들은 고품질의 제품 및 서비스를 보다 빠르고 저렴하게 고객에게 제공하여 고객 만족을 실현함으로써 시장에서 자사 제품의 시장점유율 및 수익성을 확보하여 초일류기업으로 거듭나기 위하여 노력하고 있다. 이들 경영혁신 활동 중 품질과 생산성 혁신에 관련하여 많은 기업들이 6시그마, Lean 생산방식 및 TOC를 도입중에 있다. 이들 경영혁신 활동에 대한 개략적인 특징은 다음과 같다.

6시그마는 고객의 관점에서 결함 발생 가능성을 사전에 제거함으로써 고객이 원하는 제품과 서비스를 창출하고 이를 통해 기업의 수익성 및 가치를 높이는 전사적인 경영혁신 활동으로 정의할 수 있다(Mikel Harry & Richard Schroeder, 2000). <그림 1>은 6시그마 실행 및 실현에 따른 주요 입출력 항목을 보여주고 있다.

도요타 생산 시스템에 근간을 두고 있는 Lean 생산방식이란 낭비를 제거하고 고객이 원하는 품질의 제품과 서비스를 최적의 속도로 생산하여 고객의 요구를 충족시키기 위한 해결책을 도출하는 체계적인 방법을 의미한다.

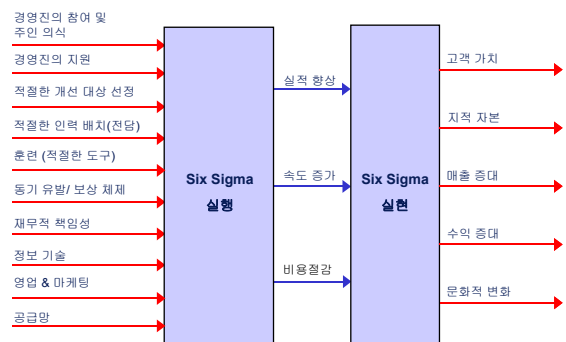


그림 1. 6시그마의 실행과 실현.

Lean 생산방식의 주요 특징을 정리하면: (1) 전체 효율의 향상을 추구하는 철저한 낭비배제에 의한 비용절감 지향, (2) 필요한 것을 필요할 때 필요한 만큼 생산한다는 JIT(Just In Time)와 자동화, (3) 생산의 평준화, 동기화, 눈으로 보는 관리 등을 들 수 있다(Satoshi Hino, 2003).

Eliyahu M. Goldratt에 의해 제시된 TOC는 조직의 목표를 달성하기 위하여 제약이 되는 요인을 찾아 집중적으로 개선하고, 조직 내의 모든 의사결정을 제약요인 위주로 수행함으로써 목표를 달성하는 경영혁신 전략으로 정의할 수 있다. TOC를 도입한 기업에서 발견되는 효과를 정리하면: (1) 리드타임 단축,

\*연락처 : 허원석, 443-743 경기도 수원시 영통구 매탄 3동 314, 삼성전기, 6시그마경영팀.

Fax : 31-210-5969, E-mail : wshur@samsung.com

(2) 재고감축, (3) throughput 증가, (4) 납기준수율 향상, (5) 불량 감소, (6) 업무처리 소요시간 감소, (7) 고객 만족도 개선 등이 있고 이러한 효과는 도입 후 3~4개월이면 나타나기 시작하는 것으로 알려져 있다(Sikeun Koh & Pyounghoi Ku, 2003).

본 논문에서는 개선효과의 시너지 제고를 위해 Lean과 6시그마, TOC와 6시그마의 연계 방안에 대해 기술하고 이를 PCB(Printed Circuit Board) 생산라인에 적용한 사례 분석을 통해 각각의 장/단점에 대해 논하고, 이를 바탕으로 6시그마, Lean, TOC의 각 장점을 취하여 개선의 시너지 효과를 배가할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

## 2. Lean과 6시그마의 연계 방안 (Lean 6시그마)

경영혁신 활동으로서 Lean과 6시그마를 연계하여 개선을 수행하려는 목적은 고객의 관점에서 낭비의 유형 및 금액을 구체화하여 고객이 원하는 제품 및 서비스의 품질을 확보하여 기업의 가치 및 수익성 향상을 극대화하려는 것이다. Lean이나 6시그마 활동의 목적을 요약하면 이익을 남기는 것으로 정의할 수 있다. 이를 위해 6시그마에서는 COPQ(Cost of Poor Quality) 개선에 집중하고, Lean 생산방식에서는 낭비 제거에 초점을 맞추어 개선을 진행한다. Lean 생산관점에서의 낭비비용은 (1) 과다생산에 따른 비용, (2) 자재, 인력 및 장비 부재로 인한 작업 지연에 따른 비용, (3) 불합리한 운송이나 이동에 따른 비용, (4) 과다재고에 따른 비용, (5) 불필요한 공정에 기인한 비용, (6) 불필요한 작업 동작에 따른 비용, (7) 품질결함에 따른 비용 등 7대 낭비 유형으로 분류할 수 있다. 기업은 이들 낭비비용을 관리함으로써 과학적인 평가 기준, 공정품질 해석, 계획 수립, 예산 편성의 기초 Data를 확보할 수 있다.

표 1. Lean과 6시그마의 관계(Air Academy Associates, 2002)

부품 수 (단위)	전체 수율 vs 시그마 (±1.5σ 이를 분포)			
	±3σ	±4σ	±5σ	±6σ
1	93.32%	99.379%	99.9767%	99.99966%
7	81.63	96.733	99.839	99.9976
10	80.08	93.06	99.788	99.9966
20	26.08	88.29	99.536	99.9932
40	8.29	77.94	99.074	99.9864
60	1.58	68.81	98.814	99.9796
80	0.40	60.75	98.156	99.9728
100	0.10	53.64	97.70	99.966
150	---	39.39	96.81	99.949
200	---	29.77	95.85	99.932
300	---	15.43	93.26	99.898
400	---	8.28	91.11	99.864
500	---	4.44	89.02	99.830
600	---	2.38	86.97	99.796
700	---	1.28	84.97	99.762
800	---	0.89	83.02	99.729
900	---	0.37	81.11	99.695
1000	---	0.20	79.24	99.661
1200	---	0.06	75.88	99.593
3000	---	---	50.15	98.985
17000	---	---	1.91	94.384
38000	---	---	---	87.880
70000	---	---	0.01	78.820
150000	---	---	---	60.000

벤치마킹에 사용

Source: Six Sigma RESEARCH INSTITUTE  
McGill University Montreal, Inc.

불합리한 낭비 개선에 대한 Lean과 6시그마의 상호 보완관계를 기술하기 위하여, 일례로 20개의 공정으로 이루어진 생산라인을 고려해 보자. 생산라인을 구성하는 각 단위 공정의 수율이 3시그마 수준이라 할 때, 직행률 관점에서 전체 수율은

25% 수준이다. 이들 20개의 공정을 Lean의 관점에서 비부가가치 공정을 제거하고 개선하여 10개 공정으로 줄였을 때를 가정하면 전체 수율은 50% 수준으로 향상됨을 알 수 있다. 이 경우 각 단위공정의 수율을 COPQ 절감활동에 의거 6시그마 수준으로 향상시킬 경우 전체 수율을 6시그마 수준으로 높일 수 있다. 이는 6시그마 수준의 품질을 달성하기 위해, <표 1>에서 유추할 수 있는 것과 같이, 나아가야 할 방향이 북동(north east)쪽임을 시사하고 있다. 즉, Lean 개념을 6시그마에 접목시켜 프로세스 내 비부가가치 공정을 제거하여 불필요한 공정수를 줄이고 남아 있는 각각의 부가가치 공정의 수율을 6시그마 수준으로 끌어 올려 전체 수율을 6시그마 수준으로 높이는 것을 의미한다. <그림 2>는 6시그마와 Lean 사고를 연계하여 개선의 시너지 효과를 배가하고, 고품질의 제품 및 서비스를 보다 저렴하고 빠르게 고객에게 제공할 수 있음을 보여주고 있다.

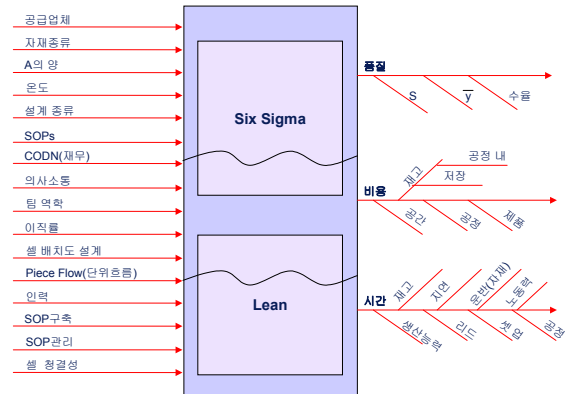


그림 2. Lean 6시그마.

도요타 생산 시스템을 만든 오노 다이이치에 의하면, “낭비를 배제하려면 언제 어디서나 반복적으로 낭비를 찾아내는 눈을 기르고 찾아낸 낭비의 배제 방법을 생각하라”고 하였다. 그러나 오노 다이이치는 낭비를 찾아내는 눈이 어떤 눈인가에 대해서는 아무런 설명을 하지 않았다(Satoshi Hino, 2003). 이를 위해 본 논문에서는 눈에 보이지 않는 낭비를 찾아내기 위하여 가치흐름분석(Mike Rother and John Shook, 1999)과 프로세스 모델 시뮬레이션(ProcessModel Inc., 2000)에 의거하여 낭비비용을 산출하고 이를 절감하기 위한 방안에 대하여 기술하고자 한다. 이를 개략적으로 기술하면, 고객 및 전체 최적화의 관점에서 가치흐름분석을 통해 프로세스 내 가치흐름에 따른 자재와 정보의 흐름을 이해하고, 시뮬레이션을 활용하여 현재 프로세스의 낭비요소 및 비용을 파악한 후 이를 절감하기 위한 6시그마 개선활동을 실시하는 것으로 정의할 수 있다.

이를 좀더 세부적으로 기술하면 다음과 같다: (1) 전체 최적화의 관점에서 가치흐름 내 낭비요인을 식별하기 위해 가치흐름 맵(Value Stream Map)을 작성한다. (2) 공정 간 제품 흐름, 재고 및 리드타임 파악을 통해 낭비(비부가가치) 요소를 확인하기 위한 가치흐름 분석을 실시한다. (3) Lean 생산방식에서 규

정된 7대 낭비를 중심으로 공정의 수준을 스코어 카드로 표현하여 현재의 수준을 파악하고 무엇이 문제인지를 찾아내어, 개선 우선순위를 등급화한다. (4) 프로세스 모델 시뮬레이션을 이용한 주요 공정의 문제점 분석을 통해, 낭비 항목 및 비용을 도출하고 개선 전후 효과 분석을 실시한다. (5) 우선순위에 의거 낭비비용 절감을 위한 6시그마 프로젝트를 수행한다. <그림 4>는 상기 절차에 의거, PCB 회로공정의 재작업률을 개선하기 위하여 사용한 프로세스 모델 시뮬레이션 및 결과(리드타임 27% 단축, 공정비용 16% 삭감)를 보여주고 있다.

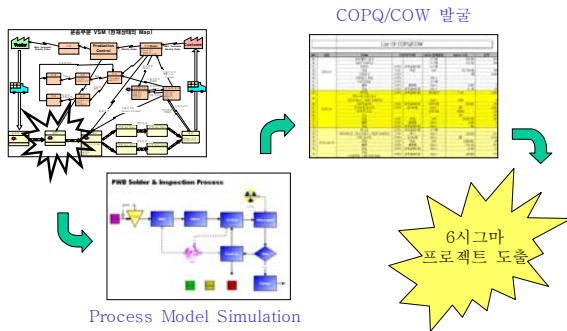


그림 3. Lean 6시그마 프로젝트 선정 절차.

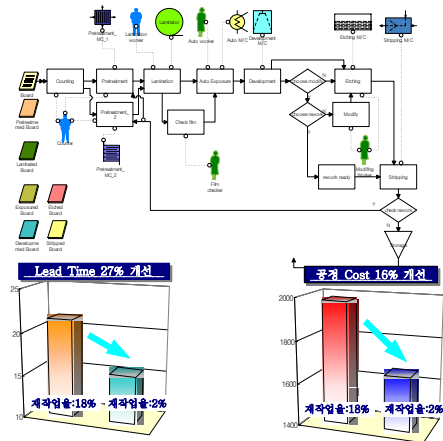


그림 4. PCB 회로공정 재작업률 개선 사례.

### 3. TOC와 6시그마의 연계 방안 (TOC 6시그마)

모든 조직은 다양한 형태의 제약요인을 가지고 있다. 기업의 제약요인은 기업이 수익을 내는 데 방해가 되는 요인으로 생각할 수 있으며 내부적으로는 기업의 생산 능력을 제한하는 요인이다. 이는 제약자원의 능력이 조직 전체의 능력이고 제약자원의 낭비가 조직 전체의 낭비임을 뜻한다. 따라서 기업이 경쟁력을 갖추기 위해서는 신규투자 없이 제약자원의 철저한 활용을 통하여 제약자원의 공급능력을 제고하려는 노력이 필요하다. 이는 전체 최적화 및 선택과 집중의 관점에서 조직

의 성과를 저해하는 제약요인을 찾아 집중적으로 개선함으로써 최소의 비용으로 최대의 경영개선을 실현할 수 있음을 뜻한다. 부연하여 설명하면, 전체 최적화, 선택과 집중, 지속적인 개선을 추구하는 경영철학으로서 TOC의 기본원리를 시스템적인 사고로 기술하면 시스템은 체인으로 비유할 수 있다. 체인을 구성하고 있는 각각의 고리를 강화한다고 체인 전체가 강화되는 것이 아니다. 즉, 부분적인 최적화가 시스템 전체의 최적화로 연결되지 않고 체인의 강화를 위해서는 가장 약한 고리를 강화해야 한다는 것을 뜻한다.

6시그마와 비교시 TOC는 생산관리의 관점에서 출발하였고 수익향상을 달성하는 절차가 다르다. 6시그마는 고객이 원하는 분야의 개선을 DMAIC(Define Measure Analyze Improve Control) 및 DMADOV(Define Measure Analyze Design Optimize Verify)에 의거하여 고객 만족을 추구하나 TOC는 집중개선 5단계 및 사고 프로세스에 의거 제약자원 및 요인의 개선을 통해 의사결정을 수행한다. TOC와 6시그마의 연계에 의한 개선활동은 (1) 제약자원의 능력을 충분히 활용하기 위한 개선과 (2) 비제약자원의 불확실성을 제거하기 위한 개선으로 분류할 수 있다.

6시그마와 TOC의 궁극적인 목표는 기업의 지속적인 수익성 및 가치 창출이다. 비록 6시그마와 TOC의 태동 배경이 다르나, 비교 경쟁대상이 아니라 상호 보완의 관계로서 양 기법을 결합하여 개선의 시너지 효과를 배가할 수 있다. TOC와 비교시 6시그마의 주요 강점은: (1) 목표가 구체적이고 정량적, (2) 과학적(통계적)인 문제해결 방법, (3) 체계적인 전문인력 양성, (4) 교육과 개선 프로젝트를 병행, (5) 동시 다발 프로젝트 수행으로 전체 시스템 개선 등으로 요약할 수 있다. 6시그마 입장에서 TOC를 보면: (1) 제약자원의 최대 활용을 위한 체계적인 방법론 미비, (2) 버퍼 크기를 줄이기 위한 비제약자원의 개선 방법론 미비, (3) 외부 제약의 해결을 위한 대고객 전략 미비 등으로 요약할 수 있다. 이를 보완하기 위해 6시그마 기법을 사용해 (1) 제약자원을 개선할 수 있고, (2) 제약자원의 낭비시간을 제거하기 위한 개선활동을 수행할 수 있고, (3) 비제약자원의 변동을 제거하거나 운영방식을 변경할 수 있고, (4) 고객만족을 통한 수요 창출이 가능하다(Sikeun Koh and Pyounghoi Ku, 2003).

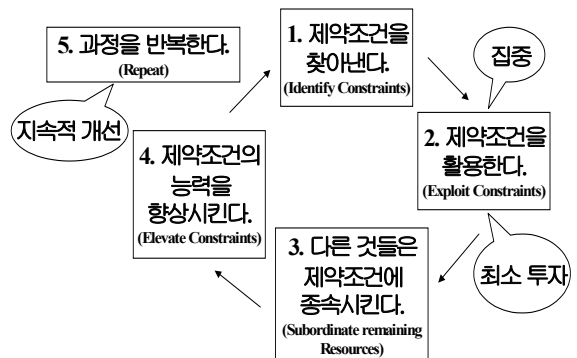


그림 5. 집중개선 5단계.

TOC는 (1) TOC의 적용성과를 평가하기 위한 새로운 회계방법으로 기업의 수익성을 분석하는 항목을 Throughput, 재고 혹은 투자, 운영비용의 세 가지로 단순화 시킨 Throughput 회계, (2) 제약조건을 발견하고 지속적인 개선을 위한 집중개선 5단계 <그림 5 참조>, (3) DBR(Drum-Buffer-Rope) scheduling, (4) 프로젝트 관리를 위한 CC(Critical Chain), (5) 문제해결을 위한 사고 프로세스(Thinking Process)로 구성되어 있다.

개선의 시너지 효과를 배가하기 위하여 기존의 TOC 개념에서 사고 프로세스를 통한 개선활동을 6시그마를 통한 개선활동으로, 집중개선 5단계를 보완하여 제약을 고려한 DADIC (Define Analyze Design Implement Control) 절차에 의한 프로젝트 진행을 하고자 한다(<그림 6> 참조).

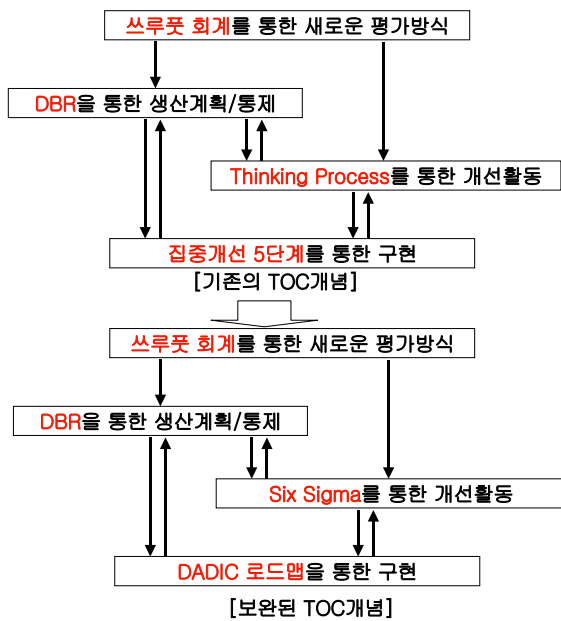


그림 6. TOC와 6시그마의 접목.

상기 DADIC 프로젝트 진행절차를 좀더 상세히 기술하면 다음과 같다: (1) define(정의) 단계 : 개선 팀 구성과 6시그마 및 TOC 관련 기본 교육, 프로젝트의 목표 및 범위를 정의한다. (2) analyze(분석) 단계 : 프로세스에 대한 체계적인 현상 분석을 실시한다. (3) design(설계) 단계 : 분석 결과를 바탕으로 현재 시스템에 적합한 관리 절차를 설계한다. (4) implement(이행) 단계 : 설계된 절차를 효과적으로 현장에 적용한다. (5) control(관리) 단계 : 상황 변경 혹은 문제 발생에 대비하여 시스템의 안정화를 위한 유지관리 활동을 수행한다(Sikeun Koh & Pyoung Choi, 2003).

<그림 7>은 보완된 TOC 개념에 의거, PCB 생산라인의 리드타임 감축 결과 및 관련 프로젝트 리스트를 보여주고 있다. 수행 결과로는 제조 리드타임의 평균 및 산포 감축에 따라 PCB 생산라인의 경쟁력을 배가한 것으로 평가되었다. 또한 생산관리와 품질관리 활동의 상호협조 및 보완을 통해 생산

일정계획의 철저한 관리시행에 따른 경쟁력을 갖춘 것으로 평가되었다.

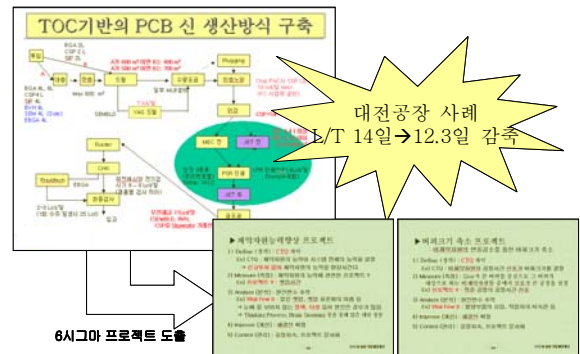


그림 7. TOC & 6시그마.

#### 4. 6시그마, Lean 및 TOC 연계 방안

6시그마, Lean 생산방식, TOC의 적용 목적의 공통점은 이익을 남기는 것이다. 이중 TOC는 혼란을 인정한다. 생산현장에서의 혼란 발생은 자연스러운 일이며 필연적이다. 다만 그 발생시기를 인지하지 못할 뿐이다. 생산현장에서 혼란이 발생하면 공정 간의 중속성에 의해 혼란은 후속 공정으로 전파되면서 증폭되어 일정에 차질이 오고 따라서, 혼란으로부터 만회하는 추가적인 능력이 절대 필요하다. 이러한 혼란에 대한 대응으로 MRP(자재소요량 계획)/ERP(전사적 자원관리) 시스템은 혼란에 대해 전혀 의식하지 않는 시스템이고 Lean 생산방식은 혼란은 있어서는 안 될 것으로 간주하여 혼란 원인해석 및 사전 예방에 노력한다. 그러나 TOC는 현실적으로 그 존재를 인정하고 완충하는 기능을 사전에 갖추고 있다. <표 2>는 이들 6시그마, Lean 사고, TOC의 기본 원리, 적용 표준절차, 적용시 주/부수 효과 및 각 방법론에 대한 비평을 비교 요약한 자료이다.

6시그마, Lean, TOC 중 어느 방법론을 선택할 것인가는 기업의 특성에 따라 다를 수 있다. 기업이 Data 분석 및 Data 간의 상관관계 규명을 중요시한다면 6시그마가, 기업이 눈에 보이는 변화, 즉 실천을 중요시한다면 Lean 방식이, 기업이 시스템적인 사고를 중요시한다면 TOC가 적당한 방법론이라고 할 수 있다. 이들 방법론들의 장점을 수용하여 프로세스 개선에 대한 시너지 효과를 배가하기 위하여 본 논문에서 제시하는 방안은 다음과 같다: (1) 고객 및 전체 최적화의 관점에서, 가치흐름분석 및 컴퓨터 시뮬레이션에 의거하여 관심 주요 프로세스 내의 제품흐름, 재고 및 리드타임을 분석하여 낭비항목 및 요소를 파악한다. (2) Lean 생산방식에서 규정된 7대 낭비를 중심으로 공정의 수준을 나타내는 스코어 카드 및 낭비비용 리스트를 작성한다. (3) 이들 낭비비용을 개선하기 위하여 가치흐름분석 및 프로세스 모델 시뮬레이션을 이용하여 미래 상태의 개선된 프로세스를 설계한다. (4) 개선된 미래 상태의 프로세

스에 대해 제약요인을 규명한다. (5) 제약자원 능력을 충분히 활용하기 위하여 6시그마 기법을 활용하여 개선을 실시한다. 또한 비제약자원의 불확실성을 제거하기 위한 개선도 동시에 실시한다.

표 2. 6시그마, Lean, TOC의 비교 (Dave Nave, 2002)

기본	Six Sigma	Lean	제약이론
	변동 감소	낭비 제거	제약 관리
적용 로드맵	1. Define 2. Measure 3. Analyze 4. Improve 5. Control	1. Identify value 2. Identify value Stream 3. Flow 4. Pull 5. Perfection	1. Identify constraint 2. Exploit constraint 3. Subordinate processes 4. Elevate constraint 5. Repeat cycle
초점	문제 해결	흐름 관리	
주효과	산포 감소	리드타임 감소	
부수 효과	낭비 감소 Throughput 증대 재고 감소 품질 향상	변동 감소 재고 감소 품질 향상	재고 및 낭비 감소 Throughput 회계 시스템 품질 향상
비평	시스템 간의 상호작용 미반영	통계적 분석 미비	Data 분석 미비

## 5. 결 론

본 논문에서는 낭비배제에 의한 Cost 경쟁력 강화를 위해 Lean 생산방식과 제약이론의 관점에서 6시그마 전개 방안을 소개하였다. 전체 최적화의 관점에서 Lean과 6시그마(Lean 6시그마) 및 TOC와 6시그마(TOC 6시그마) 전개 방안에 대해 소개하였고, 상기 방안을 PCB(Printed Circuit Board) 생산라인에 적용한 사례를 통하여 6시그마, Lean, TOC의 각 장점을 고려하여 개선의 시너지 효과를 배가할 수 있는 방안을 제시하였다.

## 참고문헌

- Air Academy Associates(2002), COPQ Training Manual.  
 Dave Nave(2002), How To Compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints, Quality Progress.  
 Mikel Harry & Richard Schroeder(2000), Six Sigma Enterprise Revolution, Kimyoungsa, Seoul, Korea.  
 Mike Rother & John Shook(1999), Learning to See, Ver. 1.2, The Lean Enterprises Inst. Inc..  
 ProcessModel Inc.(2000), Process Model User's Guide, Process Modeling & Simulation Software, Release 4.2, ProcessModel Inc., U.S.A  
 Satoshi Hino(2003), the Secret of Infinite Growth of Toyota, Dongyangbooks, Seoul, Korea.  
 Sikeun Koh & Pyounghoi Ku(2003), New Production Method Instruction of PCB based on TOC, the Report of Advanced Circuit Interconnection Division, Samsung Electro-mechanics.