

## 버퍼와 버퍼 관리 Buffer and Buffer Management

함정근(jghahm@gmsco.co.kr)

(주)지엠에스, 서울시 영등포구 여의도동 14-11

### Abstract

Goldratt의 제약이론에서 버퍼 관리는 지속적인 경영개선(POOGI: Process of Ongoing Improvement) 도구인 집중개선의 5단계(Focusing 5 steps)와 함께 기업 경영에서 일상적으로 피할 수 없는 다양한 경영 의사결정에 중대한 역할을 담당한다. 특히 TOC DBR에서 시작된 버퍼 관리는 제조업 현장 관리를 중심으로 공급망 관리에 이르기까지, 또 Critical Chain의 프로젝트 관리에 이르기까지 그 적용이 확대되고 있다. 역동적인 시장 환경에서 기업의 내부 역시 전에 없이 민첩한 대응 행동이 요구되는 바, 최소한의 투자로 최대의 throughput을 창출하면서 변동으로부터 즉시 만회하는 시스템을 가능하게 하는 버퍼와 버퍼 관리를 통해 기업이 얻을 수 있는 폭 넓은 이점을 조망해 본다.

### 1. 서론

TOC(Theory of Constraints) DBR(Drum-Buffer-Rope)은 Eli Goldratt 박사의 경영 소설 The Goal이 1984년에 출간되면서 그 개념이 처음 소개되었고, Goldratt과 Fox 공저의 The Race가 1986년에 출간되면서 구체적으로 알려지게 되었다. 드럼-버퍼-로프는 당초 생산의 일정관리를 위한 도구로서 기능하도록 설계된 것으로, 그 세 가지 중에서 버퍼는 시스템의 변동을 흡수해서 수립된 일정, 즉 드럼을 지킬 수 있도록 하기 위한 시간적 완충장치로 정의할 수 있다. 버퍼를 좀더 잘

이해하기 위해서는 시스템의 변동에 대한 이해가 선행되어야 한다.

시스템에는, 두 가지 종류의 변동이 작용한다. 하나는 시스템 내부에서 반복적으로 발생하는 것으로 일반 원인에 의한 변동(common cause variation)이며, 다른 하나는 시스템 외부 원인에 의해 초래되는 것으로 특별 원인에 의한 변동(special cause variation)이다. Deming은 이 두 가지 변동을 구분해서 취급할 것과 또 혼동해서 대처하지 말 것을 강조했다.

이 두 가지 변동 중에서 일반 원인에 의한 변동에 대처하는 장치가 바로 버퍼이다. 이 종류의 변동은 시스템 내에서 반복해서 일어나므로, 시스템 내에서 잘 알려진 사안들이다. 생산 시스템의 예를 들면, 설비 고장, 치공구 파손, 작업자 결근이나 위치 이탈, 품질이상, 자재납기지연 등으로 전통적으로 품질관리나 설비보전의 대상이 되는 사안들이다. 이와 같은 사안들을 Goldratt은 murphy라고 부른다. Murphy 법칙이라는 것이 있는데 그것은 원치 않는 것이 원치 않는 때에 일어나는 것을 뜻한다. 일어날 일이 무엇인지는 알지만, 언제 일어날 지, 그 시기의 예측이 어려운 사안들이다. 통상적으로 이런 변동에 대해서는 대개 사후해결과 사전 예방책까지 모색해 전사적으로 실시한다.

일반 원인에 의한 변동의 성격은 두 가지로 구분해서 파악할 수 있다. 하나는 종속성(dependency)이며, 다른 하나는 변동성(variability)이다. 시스템의 모든 활동은 상호 작용하는 종속성을 갖는다. 시스템의 목표를

달성하기 위한 모든 활동들은 서로 영향을 주고받는다. 선행 작업의 지연은 후속 작업의 지연을 불가피하게 만든다. 조립 공정에서 한 가지 부품이 늦어지면 도착할 때까지 조립작업은 더 이상 진행되지 못한다.

변동성은 바람직하지 않은 사안들의 무작위적 발생과 작업의 통계적인 편차로 나누어진다. 무작위적 발생이란 발생 시기에 대한 예측이 불확실하다는 것이다. 통계적 편차는 같은 작업을 반복적으로 한다해도, 할 때마다 결과와/또는 내용에서 차이가 생기는 것이다.

이런 요소들이 일반 원인에 의한 변동을 구성하며, 각 요소들이 상호작용하면서 변동은 일반적으로 개별적인 것들의 합에 비해 훨씬 증폭된다. 이런 변동은 결국 시스템 내에 혼란을 야기해서 힘들여 세워 놓은 계획을 무용지물로 만들기 때문에, 현장의 작업자들은 계획이 없는 것과 마찬가지로 상태에서 작업을 진행하며, 고객들에게는 납기지연 통보가 불가피하게 되며, 원자재 공급자들에게는 구매주문 납기의, 품목별 연기, 취소 또는 독촉이 동시에 일어나, 관리자들도 이와 같은 사후 조치에 다른 일을 할 여유가 없다.

버퍼가 어떻게 시스템에서의 변동을 완충하며, 버퍼 관리가 사후조치적인 활동을 사전대비적 계획수립과 실행으로 전환하는데 어떻게 돕는지 살펴본다.

## 2. 버퍼의 개념, 역할 및 종류

버퍼는 시스템에서 변동에 의한 혼란을 흡수 완충해서, 세워놓은 계획의 실행성을 높이는 역할을 한다. 다시 말해서, 시스템 혼란의 크기에 적합한 크기의 버퍼를 시스템의 작업흐름의 중요한 전략적 위치에 선택적으로 설치하므로써, 대부분의 혼란을 흡수해 실행성이 보장되며, 사전대비적인 계획수립과 그 실행을 가능하게 한다.

버퍼의 개념에서 이해가 요구되는 점은 그것이 시간으로 표현된다는 것이다. 시스템에서 중요한 위치에 있는 자원의 생산성을 보호할 필요가 분명히 있다. 자원의 가동 상태가 시스템의 throughput 창출과 직결되는 자원을 중요한 위치에 있는 자원이라고 할 수 있을 것이다. 이 자원의 능력이, 시스템이 현재 향

유할 수 있는 수요에 의한 부하보다 작을 때, 그 자원을 능력제약자원(capacity constraint resource: CCR)이라고 한다. 그리고, 드림은 거의 대부분의 경우, 이런 자원, 즉 CCR에 설치된다.

CCR은 보호할 가치가 충분한 시스템의 중요한 자원이며, 그 보호 장치는 버퍼이다. CCR을 보호한다는 것은 선행 공정에서 공급되는 자재의 도착지연으로 인해 throughput 창출에 결정적인 역할을 하는 CCR에, 작업을 중단하는 사태가 생기지 않도록 하는 것이다. 즉 CCR이 작업할 자재가 미리 도착할 수 있도록 해야, CCR의 작업자는 안심할 수 있다. CCR에서 일하는 사람의 심리적인 안정을 위한 최소 시간만큼 선행공정으로부터 자재가 미리 공급되게 하는 방법은 그 시간만큼 입구 공정에서 투입을 일찍 하는 수밖에 없다. 입구 공정에 미리 투입된 자재는 선행 공정들을 거쳐 CCR 앞에 도착해서 일찍 투입한 시간만큼 작업을 대기하게 될 것이다. 물리적으로 시각적으로 확인이 되면, CCR의 작업자는 throughput 창출에 매진할 수 있다.

CCR 앞에서 대기하고 있는 자재는 재공품 재고이다. 물리적으로는 재공품의 형태를 취하고 있지만, CCR을 보호할 목적으로 시간적으로 입구공정에 미리 투입되었으므로, 이제 시간으로 이루어진 보호장치, 즉 시간 버퍼를 갖게 된다.

TOC DBR은 시스템의 세 곳에 버퍼를 둘 것을 제안한다. 버퍼로 보호받을 세 곳은 CCR 공정, 출하공정 그리고 CCR을 거친 부품과 거치지 않는 부품이 만나는 조립공정으로, 이 위치를 버퍼 근원(buffer origin)이라고 한다. 각 버퍼는 각각의 버퍼 근원에서 상류의 입구공정까지 또는 상류의 다른 버퍼 근원까지의 사이에서 일어나는 변동으로부터 버퍼 근원을 보호한다. 버퍼 근원에 따라 버퍼의 종류는 CCR 버퍼, 출하 버퍼 및 조립 버퍼가 있다.

각각의 버퍼는 해당 버퍼 근원을 보호한다. 버퍼의 궁극적인 역할은 시스템의 throughput 창출을 보호하는 것이다.

## 3. 버퍼의 크기

버퍼의 크기에 대해 논의가 시작되면, 정

량화하는 방법에 대한 의문이 생기는 것은 당연하다. 그러나 TOC는 그 크기를 정량화하는 수고를 아낄 것을 주장한다.

버퍼의 크기는 이론적으로 또 실질적으로 시스템의 혼란의 크기와 상관관계가 있다. 또 고려해야 할 것은 버퍼 근원의 상류에 있는 자원들의 보호능력의 크기이다. 이 자원들의 보호능력은 그 자원들 자체에서 발생한 혼란에 대처하는 능력이다. CCR이 아닌 자원들(non-CCR)은 CCR에 비해 여분의 잉여 능력을 가진다. 자원의 잉여 능력 중에서, 자원 자체에서 발생한 혼란으로 인한 작업 지연을 만회하는 능력이 그 자원의 보호 능력이다. 이 보호능력이 그 자원 자체적인 혼란의 크기에 비해 충분하면 버퍼의 전체 크기는 작아진다. 보호능력의 크기가 충분하지 못하면, 버퍼의 크기는 길어져야 한다.

그러나 상호작용하며 변동마저 내재해 있는 역동적인 시스템에서 혼란과 각 자원들의 보호능력의 크기를 계산해 버퍼의 크기를 결정해 보겠다는 시도는 귀중한 시간의 낭비일 뿐이다.

버퍼의 크기는, 각 버퍼 근원의 상류에 또 다른 버퍼 근원이 있는 경우, 그 버퍼 근원을 지난 시점부터 두 버퍼 근원 사이의 자원들을 거쳐 해당 버퍼 근원에서 작업을 개시하는 시점까지의 시간의 길이이며, 상류에 다른 버퍼 근원이 없는 경우, 입구공정의 자재 투입 시점부터 버퍼 근원까지의 각 자원들을 거쳐 해당 버퍼 근원에서 작업을 개시하는 시점까지의 시간의 길이이다.

예를 들어, CCR 버퍼의 크기는 입구공정에 자재를 투입한 시점으로부터 상류의 각 자원들을 거쳐 CCR에서 그 자재에 대해 작업을 시작하는 시점까지의 시간 길이이다. 작업자의 심리를 안정케 하는 물리적 재고의 모습으로 CCR 앞에서 대기하는 시간도 물론 포함한다. 출하 버퍼의 크기와 조립 버퍼의 크기도 같은 방법으로 생각할 수 있다.

그러나, 현실적으로 DBR 적용을 위한 버퍼의 최초 크기를 정해야 할 필요성은 부정할 수 없다. 이를 위한 한 가지 제안을 다음과 같다. 입구공정으로부터 CCR 바로 전까지의 각 공정의 setup 시간, 가공시간, 불가피한 대기시간 그리고 CCR 작업자의 심리적 안정을 위한

CCR 앞에서의 자재 대기시간을 더한다. 이렇게 더한 시간이 기존의 소요시간 즉, DBR 적용 이전의 소요시간보다 길어질 가능성은 전혀 없다. 그 이유는 버퍼에 기존의 queue 시간의 대부분을 감안하지 않기 때문이다.

본질적으로 역동적인 시스템에서 버퍼의 크기도 역시 변화한다. 그러나 그 변화의 폭과 주기는 훨씬 덜 역동적이다. 충분히 관리할 만한 변화를 보인다. 게다가 시스템에 배치(batch)의 분할과 중복을 적용한다면, 대폭적으로 줄어든다. 즉 리드타임의 대폭적인 단축을 실현한다.

#### 4. 버퍼 관리

버퍼 근원에는 재공품 재고로서 작업을 대기하고 있는 자재들이 차례로 쌓이게 된다. 드럼, 즉 CCR의 작업일정에 따라 입구공정으로의 길이에 따라 투입된 자재들이 상류 공정들을 거쳐 CCR 앞에 차례차례 쌓이고 있다. 그 순서는 CCR의 일정계획 순서와 거의 같다.

그러나 시스템에 혼란이 있는 것은 아주 자연스러운 일이므로, 자재가 버퍼 근원에 도착하는 순서가 흐트러지는 것은 당연한 일이다. 이 현상을 Goldratt은 버퍼에 구멍이 생겼다고 표현한다. 미처 도착하지 않은 자재가 있을 곳이 비어 있기 때문이다. 버퍼의 구멍을 동적으로 표현하면 버퍼를 침투했다고 표현한다. 미도착한 자재가 버퍼 근원에 도착했어야 할 시간으로부터 현재 시간까지의 시간 길이를 나타낸 표현이다. 이와 같이 버퍼 관리는 정적 특성과 동시에 동적 특성을 갖기 때문에, 버퍼를 관리를 통해 계획의 실행성을 높일 수 있음을 물론 사전대비적인 계획수립과 실행으로의 전환이 가능해 진다.

버퍼 관리는 시각적인 관리이다. 구멍을 눈으로 찾는 것이다. 구멍이 있다는 것은 상류에서 혼란이 있었기 때문에 미처 자재가 도착하지 않았다는 의미이다. 그 혼란의 내용과 원인이 무엇인지를 추적하고 필요한 조치를 취한다. 이를 체계화하기 위해 Goldratt은 버퍼를 세 개의 구역으로 나누어 관리할 것을 제시한다. 드럼 일정의 작업 순서 즉, 자재의 도착예정 순서에 따라, 빠른 순으로 버퍼를 삼등분해서 신속처리 구역, 추적 구역 그리고 안전

구역으로 나눈다. 생산 현장을 관리하는 관리자는 버퍼의 상황을 보고 자기가 할 일이 무엇인지 알 수 있다. 안전 구역의 구멍은 있을 수 있는 일이기 때문에 구멍의 존재 여부만 파악하면 된다. 추적 구역의 구멍은 드림 일정을 지키는데 차질이 발생할 가능성을 보이는 것이므로, 혼란이 발생한 지점을 추적해서 그 증상과 원인을 별도로 준비한 목록에 기록하고 혼란으로 인한 지연을 만회할 수 있는지의 여부를 판단해 대처 방안을 마련한다. 신속처리 구역까지 버퍼가 침투한다는 것은 혼란이 throughput의 창출을 위협할 정도의 문제로 되어 갈 가능성이 있다는 의미이다. 추적 구역의 구멍에 대해 마련해 두었던 대처방안을 실행할 시기이다. 그 방안을 행동으로 옮긴다. 그러면 일정은 지켜질 것이며, throughput의 창출에 차질이 생기지 않는다.

앞에서 제시한 방법에 따라 설정한 버퍼의 최초 크기가 현재의 시스템에 적합한 크기인지 아닌지의 여부는 버퍼 관리를 통해 검증하고 조정한다. 세 구역으로 나눈 버퍼 구역이 어느 기간동안 거의 딱 차는 상태라면, 현재의 버퍼 크기는 크게 설정된 것이다. 적절히 줄인다.

신속처리 구역은 완전히 차고 추적 구역이 7-80%, 안전 구역이 3-40% 차는 상황이 가장 적절하다.

신속처리 구역이 7-80%, 추적 구역이 4-50% 그리고 안전 구역이 1-20% 정도 차는 상황을 보인다면, 버퍼의 크기가 작은 것이다. 적절히 늘린다.

문제는 버퍼에 구멍이 생기는 정도가 아니라 구멍의 위치가 세 구역 모두에서 골고루 발생할 때이다. 상류 공정들에서 혼란이 아무 때나, 여러 곳에서 발생한다는 의미이다. 혼란을 일일이 추적하면, 개선할 대상과 그 내용을 연계 된다. 어느 기간동안 목록에 축적된 자료를 바탕으로, 파레토 분석을 하면, 개선의 우선순위를 얻을 수 있다. 그 우선순위에 따라 개선 활동을 집중적으로 실행할 수 있다. 품질에 의한 혼란이 발생한 것이라면, TOM 활동의 대상이다. 설비의 이상에 의한 혼란이 발생한 것이라면, TPM 활동의 대상이다. TOC가 옹호하는 TQM, TPM 활동은 전사적인 활동이 아니다. 시스템의 throughput 창출에 문제

를 일으키는 대상에 우선순위를 부여해 그에 알맞은 활동을 집중적으로 전개하므로써, throughput을 보호하며 또 최대화하는 것이다. 전사적으로 이런 활동을 전개할 때 좋은 점도 있겠지만, 시스템 전체의 관점에서 발견한 문제에 집중해서, 또 문제의 심각성 정도에 따라 우선순위를 정하지 않는다면, 일과성 개선운동에 비자발적으로 총력동원된 것과 다를 바 없다. 시간이 흘러 경영자의 관심도가 약해지면, 그런 개선활동은 구두선에 그치거나 잘해야 형식적으로 진행될 뿐이다. 투입된 시간, 비용과 노력으로 얻는 결과에 경제성이 결여될 가능성은 너무 크다. 형식적인 활동이 반복되면, 조직의 구성원들은 회의와 염증을 느낄 것이며, 수동적인 태도를 갖게 될 것이다. 경영자는 실망한다.

## 5. 결론

성공적인 DBR의 도입은 긴 시간을 요하지 않는다. 참여해야 하는 인원도 도입 프로젝트 전 기간에 걸쳐 전사적이어야 할 필요도 없다. 경영자에 의해 도입이 결정되었다면, 소수의 핵심 인원만으로 추진한다. 단, 집중개선의 5단계의 세 번째인 다른 모든 것은 제약조건에 종속시킨다의 단계에서는 말 그대로 다른 모든 것, 즉 전사적으로 참여해야 한다. 그렇다고 해서 종속 단계를 위해 긴 시간이 소요되는 교육이라든가 훈련이 요구되는 것은 아니다. 어떻게 해야 한다는 것보다는, 오히려 제발 이것만은 하지 말아 주십시오라는 부탁의 내용이 주류를 이룬다. 그렇다고 이것이 쉬운 일은 아니지만, 다른 전사적 운동에 비하면, 시간, 비용, 노력이 훨씬 덜 소요된다.

결론을 맺는다. 첫째, 버퍼는 시스템 고유의 변동에 의한 혼란으로부터 시스템의 throughput 창출을 보호하는 장치이다. 둘째, 버퍼는 생산의 흐름을 시각적으로 확인 관리할 수 있는 버퍼 관리를 가능하게 한다. 셋째, 시스템의 혼란을 완충하고 관리하는 장치를 운영하므로써, 사후조치적(reactive)인 활동을 사전대비적(proactive)인 계획수립과 그 실행으로 전환할 수 있다.

끝으로 버퍼와 버퍼 관리를 통해서 얻는 이점을 정리한다.

- 1) 생산현장의 재공품 재고가 대폭 줄어든다.
- 2) 생산 소요시간이 대폭 줄어든다.
- 3) 중요한 위치(버퍼 근원)를 집중적으로, 시각적으로 관리하므로써, 관리가 명쾌하고 단순해진다.
- 4) 수립된 계획의 신뢰성과 안정성이 높아진다. 따라서 그 실행성도 대폭 향상된다.
- 5) 기존의 전사적 개선 운동(TQM, TPM, 6 시그마 등)과 연계해서 보다 집중도를 높일 수 있다.

궁극적으로 시스템의 목표인 throughput의 창출과 그 최대화를 뒷받침한다.

### 참고 문헌

1. Eliyahu M. Goldratt & Robert E. Fox, *The Race*, North River Press, 1986.
2. Eliyahu M. Goldratt, *The Haystack Syndrome*, North River Press, 1990.
3. M. L. Srikanth & M. M. Umble, *Synchronous Management Vol. I*, The Spectrum publishing Co. 1997.
4. Lawrence P. Leach, *Critical Chain Project Management*, Artech House, 2000.
5. Eli Schragenheim & H. William Dettmer, *Manufacturing at Warp Speed - Optimizing Supply Chain Financial Performance*, The St. Lucie Press/APICS, 2000
6. Mark J. Woepel, *Manufacturer's Guide to Implementing the Theory of Constraints*, The St. Lucie Press/APICS, 2001