

Postponement 개념을 이용한 TOC 버퍼 관리 TOC Buffer Management using the Concept of the Postponement

한지은

울산대학교 산업정보경영 공학부

kojib101@hanmail.net

Abstract

TOC(Theory of Constraints) - the emphasis of this philosophy was on identifying and eliminating constraints(bottle-necks) in the system. TOC solves this and optimizes whole system by improving manufacturing constraints that limit system result.

In this paper, it is shown that the concept of the "delayed differentiation" can be applied for enhancing the efficiency of the time buffer and thus reducing the of the time buffer.

keyword: TOC(Theory of Constraints), Buffer Management, Postponement/delayed differentiation

1. 서론

지금까지의 기업은 제조 기능을 철저히 분업화, 효율화하여 각 공정이 능력을 최대한으로 발휘할 수 있도록 개선활동을 해왔다.

오늘날 급변하는 시장이나 수요의 변화에 신속하고, 정확하게 대응하기 위해서는 제품의 개발과 제조생산으로부터 판매까지 여러 개별적인 기능이 유기적으로 연결되어 관리할 수 있는 기능이 필요하다. 그리고, 경영활동을 전체에 영향을 주는 혁신 포인트를 찾아, 이를 해결하여 부분 최적화가 아닌 전체 최적화를 도모하여야 한다.

TOC(Theory of Constraints)는 이러한 시대에 적절하게 대응할 수 있는 기법으로 오늘날 기업이 안고있는 본질적인 문제를 해결해줄 수 있을 것이다.

TOC는 시스템의 성과에 영향을 미치는 제약 을 찾아, 그 제약을 개선시켜 시스템 전체의 효율을 증가시키는 경영 철학이다. 이때, 제약은 내부 제약(internal constraints)과 외부 제약(external constraints)으로 나누어질 수 있는데, 외부 제약은 회사 외부에서, 즉, 시장의 특성에 의해 결정되어지는데 이들을 제대로 관리할 수 없는 부분도 발생한다. 외부 제약, 또는 시장 제약은 회사의 수요에 영향을 끼치므로, 외부 제약도 내부 제약과 같이 고려해야 한다. 그리고, 내부 제약은 여러 작업장들의 능력한계, 변경할 수 없는 작업 규칙, 작업자의 기술, 그리고, 경영 철학 등과 같이 여러 형태로 나타낼 수 있다.

제약 자원이 생산에 필요한 자재를 기다리거나 작업자들의 휴식으로 인해 idle상태일 때 throughput은 더 줄어들게 된다. 제약 자원에서의

손실은 시스템 전체의 손실을 의미하는 것이므로, throughput을 최대화할 수 있도록 제약 자원을 관리해야 한다. 이러한 방법 중 하나로 제약 자원 앞에 버퍼를 제공하여 제약 자원의 능력을 향상시킬 수 있다.

버퍼는 제약 자원의 스케줄에 의존하며, 제약 자원 앞의 다른 비제약 자원들로 인해 발생할 흐름의 혼란을 해결할 시간은 제공한다. 이때, 제약 자원의 스케줄은 제약 자원의 한계 능력, 시장 수요, 그리고 제약자원에서 적재까지 걸리는 리드타임을 기반으로 결정되어진다. 그리고, 버퍼에 쌓인 재고는 작업 흐름을 방해하는 요소를 찾아내는 역할을 한다. (Stanley, John, 1991)

postponement는 앞으로 발생할 고객 수요를 예측하여 생산하는 것과 대조적으로 고객의 주문이 들어올 때까지 제품의 생산, 조립, 설계와 같은 활동을 미루는 것을 의미한다.

본 논문에서는 TOC에서 계획버퍼와 실제 버퍼의 차이를 비교하여, 그 차이를 최소화시키기 위하여 postponement개념을 이용하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 TOC에서의 버퍼 관리에 대한 기존 연구와 postponement/delayed differentiation에 대한 일반적인 개념을 정리하였다. 3절에서는 postponement개념을 이용하여 TOC 버퍼 관리 방법을 예제를 이용하여 설명하였으며, 마지막 절은 결론 및 추후 연구과제에 대해 설명하였다.

2. 기존 연구

2.1 TOC 버퍼 관리(Buffer Management)

TOC(Theory of Constraints)는 시스템 전체에 영향을 미치는 제약을 찾아서 해결하여 공정 재고와 운영비용을 줄이고, 쓰루풋(throughput)을 향상시켜 시스템의 최적화를 도모한다. 생산능력이 가장 낮아 시스템 전체 생산 속도를 결정하는 것을 제약 자원(Constraint Resource)라 하며, 이는 작업장이나 수요 등이 될 수 있다.

제약 자원의 생산능력을 향상시키기 위해 앞에 버퍼를 제공한다. 이 버퍼는 제약 자원 앞 다른 비 제약 자원에서 설비의 고장이나, 자재의 부족과 같은 문제가 발생하여도 제약 자원은 버퍼내의 재고를 이용하여 작업을 하게 되고 다른 앞 공정들은 제약 자원보다는 생산능력이 높으므로 문제를 해결한 후 작업을 하여도 쓰루풋이 떨어지지 않게 된다. 즉, 버퍼는 계획된 부품을 계획된 시점에 작업할 공정에 제공하여 공정의 흐름을 끊기지 않게 하여 스케줄을 보호하는 것이다. 그리하여, 공장 전체

의 쓰루풋을 최대화하고, 재고를 최소화함으로써 이익을 최대화 할 수 있다.

또한, 버퍼의 형태에 따라 앞 공정의 작업 상태를 모니터링하여 각 공정의 상태를 통제하고, 지속적인 개선 활동에 대한 방향을 제시하는 수단이 된다

그림 1과 같이 버퍼의 모양은 여러 가지 형태로 나타날 수 있는데 제약 자원 앞의 실제 버퍼는 계획된 버퍼보다 작아야 한다. 그렇지 않다면, 이는 계획된 스케줄링에 대해 영향을 줄 만한 사고가 발생하지 않는 상태를 뜻하는 것이므로, 버퍼가 무의미하게 된다.

바람직한 버퍼의 형태는 (a)와 같이 버퍼의 초기 1/3부분은 먼저 소모가 되어야 하므로 항상 있어야 하며, 끝에서 1/3부분은 재고를 최소화하기 위해서는 없어야 한다. (b)의 경우에는 계획 버퍼에 대해 넘친 상태이다.

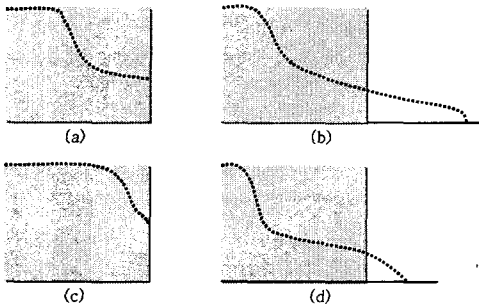


그림 1. 계획 버퍼와 실제 버퍼

이는 앞 공정에서 부품이 필요 시점보다 더 빨리 처리되고 있음을 나타낸다. (c)는 버퍼를 필요이상으로 크게 계획한 것으로 버퍼를 줄여 재고 유지 비용을 줄이는 것이 바람직하다. 이와 반대로 (d)는 버퍼가 너무 작아서 생산율이 저하될 위험이 있다. 버퍼의 크기를 증가시키고, 첫 공정의 자재를 좀 더 일찍 투입한다.

이와 같이 버퍼 모양은 앞 공정의 상태를 알아내는 바로미터(barometer)역할을 한다.

그림 2에서 공정의 대상이 부품(재공품)이라고 할 때, 이 부품들은 계획된 소모 시점까지 버퍼에 도착해야 한다. 이 때, 앞 공정에 문제가 발생하여 부품이 버퍼에 도착하지 않았을 때 버퍼에 구멍(hole)이 생기게 된다.

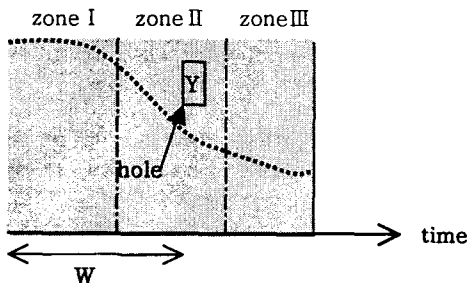


그림 2. 버퍼를 이용한 공정 모니터링

구멍(hole)이 발생한 시점에서 현재 그 부품이 어디에 머무르고 있고, 왜 버퍼에 들어오지 않는지를 알 수 없다. 그러나, 이 부품이 버퍼에 도착하여

제약자원에서 처리되는 시간을 Y, 이 부품을 처리하기 위한 제약 자원의 스케줄이 W, 그 부품이 제약 자원까지 오는 데 걸리는 시간은 P라고 할 때, 이들은 $f(Y,W,P)$ 의 형태가 될 수 있으며 이 값이 클수록 중요도가 더 커진다. 이 값을 각 자원(공정)들별로 집계하면 흐름을 방해하는 것이 어떤 것인지 파악이 가능하다.

이 같은 방법을 이용하여 TOC에서는 재고를 최소화함과 동시에 스케줄에 영향을 끼치는 여러 사고 요소를 제거하여 시스템 쓰루풋을 최대화한다.

2.2 Postponement/Delayed Differentiation

공정 각각에 대한 정보보다는 전체 공정의 결합된 정보가 제품 수요에 대한 변동을 더 작게 가진다. 즉, 생산을 시작하기 전에 이미 수요들이 파악이 된다면, 제품의 재설계나 제조과정을 좀 더 줄여서 리드타임을 감소시킬 수 있다. 이는 Postponement/Delayed differentiation 개념을 이용하여 제품에 대한 제조공정에서 효율성을 증가시킬 수 있다.

버퍼의 hole에 대해 버퍼에 도착하지 않은 부품이 제약 자원의 상태에 영향을 미치지 않고 작업을 할 수 있도록 Postponement/Delayed differentiation을 이용하여 버퍼에 진입하는 부품 또는 재공품의 순서를 재결정하여 제약자원에 투입, 처리하도록 한다. 이에 대한 자세한 방법론은 다음절에서 소개하기로 한다.

3. Postponement를 이용한 TOC 버퍼 관리

위의 문제를 이해할 수 있도록 간단한 예제를 구현하여 설명한다. P, Q, R을 A, B, C공정을 지나 는 재공품이라고 할 경우, 각 재공품은 A공정, B공정, C공정 순으로 처리된다. A공정에는 machine A_1, A_2 를, B공정에서는 machine B_1, B_2, B_3 을, C공정은 machine C_1, C_2 를 이용하여 P, Q, R을 처리한다. 이때 공정 B를 제약자원이라 가정한다.

각 재공품은 그림 3에서처럼 나타낸 것과 같은 순서로 처리된다.

P는 공정 A에서 machine A_1 에 의해 처리된 후 공정 B에서 처리되기 전에 공정 B앞에 있는 버퍼에 들어가게 된다. 버퍼 내에서 계획버퍼와 실제 버퍼를 비교하여 다르면, 버퍼 내에서 투입순서가 재결정된 다음 공정 B로 투입되어 처리되게 된다. 그리고, 공정 C에서 마지막 작업이 처리된 후 완성된다. 나머지 Q, R도 P와 마찬가지로 해석할 수 있다.

계획 버퍼에 도착순서대로 P, Q, R, P가 배정이 되어 있다고 할 때, 이들은 공정 A에서 처리가 끝난 후 공정 B에 투입되기 전에 제약 자원의 실제 버퍼에 도착이 되어 있어야 한다. 그러나, 실제 버퍼에 P가 들어온 후, Q가 아닌 R이 들어올 경우 계획버퍼와 달라지게 된다. Q가 도착하지 않았으므로 제약 자원의 실제 버퍼에는 구멍(hole)이 생기게 된다. 이렇게 되면, 제약 자원은 Q가 도착할 때까지 작업을 쉬게 되므로, 생산능력이 더 떨어지게

되며, 이는 시스템 전체에 큰 영향을 미치게 된다.

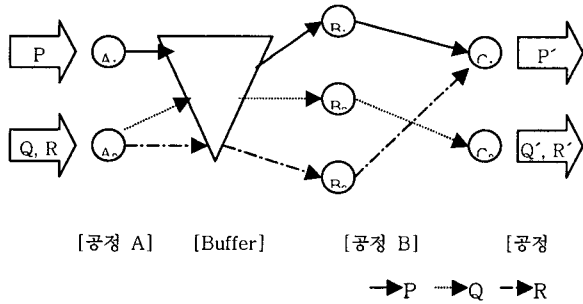
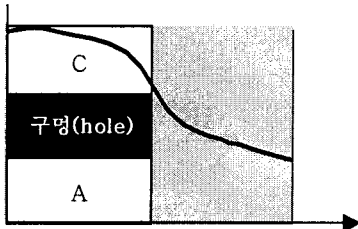
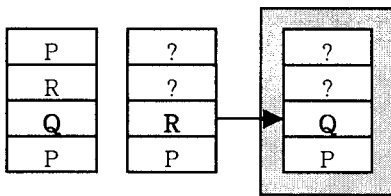


그림 3. 재공품 생산 스케줄

버퍼 내의 재공품들의 순서를 재결정(resequencing)하고, 재배정(relabeling)하여 버퍼내의 구멍을 제거하여 시스템 전체에 미치는 영향을 줄이고자 한다.



(a) 실제 버퍼에 생긴 구멍



[계획 버퍼] [실제 버퍼] [재결정버퍼]

(b) 투입 순서의 재결정

그림 4. 버퍼내의 순서 재결정의 예

이 때, 그림 3에서 Q와 R의 공정 순서를 비교하여 보면, Q, R 모두 공정 A에서 machine A₂에 의해 처리되었음을 알 수 있다. 이처럼 앞 공정이 같을 경우 그림 4의 (b)에서 보는 것과 같이 버퍼에 일찍 들어온 파트 R을 Q로 재배정(relabeling)되고, 후에 거쳐야 할 공정을 Q의 공정순서대로 바뀌서(resequencing) 처리되어진다.

위에서 설명한 바와 같이, postponement/delayed differentiation을 이용한 TOC 버퍼 관리는 공정상의 부품 또는 재공품의 순서를 바꿔서 계획 버퍼와 실제 버퍼사이의 차이를 최소화시킴으로 재고를 최소화하고, 제약자원의 능력을 향상시켜, 쓰루풋(throughput)을 증가시킬 수 있다.

5. 결론 및 추후 연구

TOC(Theory of Constraints)는 시스템 전체에 영향을 미치는 제약(Constraint)을 찾아서 해결하여 공정 재고와 운영비용을 줄이고, 쓰루풋(throughput)을 향상시켜 시스템의 최적화를 도모한다. 이 때 제약자원을 보호하기 위해, 제약 자원 앞에 버퍼를 할당한다. 이러한 버퍼를 모니터링을 통해서 앞 비제약 자원의 상태를 알아낼 수 있으며, 생산 스케줄에 의해 계획된 버퍼와 실제 생산 흐름에 따른 버퍼의 차이를 최소화시켜 제약 자원의 능력을 향상시킬 수 있다.

본 논문에서는 실제 버퍼와 계획 버퍼의 차이를 최소화하기 위하여 postponement/delayed differentiation 개념을 이용하였다. 즉, 버퍼에 투입하는 부품들을 계획 버퍼와 비교하여 부품이 거친 공정을 비교하여 같은 공정을 거친 부품에 대해 순서를 바꿔줌으로 실제 버퍼에 미도착 부품으로 인해 발생하는 구멍(hole)을 제거하여 제약 자원의 능력을 향상시킬 수 있다.

본 논문에서는 현실적인 문제에 대해 극히 단순화된 모형이다. 그리고 본문에서 제시된 방법론에 대해 검증이 필요하다. 추후 연구에서는 이 방법에 대해 현실성, 복잡성을 추가하여 모의실험을 통하여 이 방법론의 적합성에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- 남동길, 최원준, Kai Mertins(1996), 자동차 제조업 ALC 시스템의 새로운 모형, 한국생산관리학회지, 7(3)
- 정남기(1999), TOC 제약경영, 대청 미디어
- Eli Goldratt지음, 홍성완 옮김(1993), 21세기 전략 경영 2 경영멘탈리티 혁명, 도서출판 새길
- Carol A. Ptak(1991), MRP, MRP II, OPT, JIT, and CIM-succession, evolution, or necessary combination, Production and Inventory Management Journal, 32(2), 7-11
- David Simchi-Levi, Philip Kaminsky, Edith Simchi-Levi(), Designing and Managing the Supply Chain Concepts, Strategies, and Case studies, McGraw-Hill
- Domenico Lepore, Oded Cohen(1999), Deming and Goldratt: The Theory of Constraints and The System of Profound Knowledge, The North River Press Publishing Corporation
- Eli Schragenheim, Boaz Ronen(1991), Buffer Management: A Diagnostic Tool for Production Control 32(2), 74-79
- Gerhard Plenert(1993), Optimizing theory of constraints when multiple constrained resources exist, European Journal of Operational Research 70, 126-133
- Plenert, G. and Best, T.D.(1986), MRP, JIT, and OPT: What's Best?, Production and Inventory Management, 27(2), 22-29
- Remko, I. Van Hoek, Harry R. Commandeur(1998), Reconfiguring Logistics Systems through Postponement Strategies, 19(1), 33-54
- Stanley E. Fawcett, John N. Pearson(1991),

Understanding and applying constraint management in today's manufacturing environments, Production and Inventory Management Journal,-Third Quater, 46-55
Walter Zinn, Donald J. Bowersox(), Planning physical distribution with the principle of postponement, Journal of Business Logistics 7(2), 117-135