

## DBR 스케줄링을 이용한 공급체인에서의 전자 상거래 방안 연구 A Study on Electronic Commerce in Supply Chain Using Drum-Buffer-Rope Scheduling

김효용 · 한영근  
명지대학교 산업공학과

### Abstract

인터넷을 이용한 사이버 거래가 빠른 속도로 증가함으로써 기업에게 있어 인터넷 쇼핑물 구축은 더 이상 선택사항이 아닌 필수 사항이 되었다. 하지만 현재 사이버 거래 수준은 전통적 상거래 수준에 못 미칠뿐더러 거래 항목에 있어서도 매우 제한적인 것이 사실이다. 앞으로 사이버 거래는 계속적으로 증가하리라 전망되지만 제품의 특성 혹은 고객의 기호에 따라 전통적 상거래도 그 영역을 차지하며 함께 양립하여 발전할 것이다. 이에 본 연구에서는 기존의 상거래 시스템에 사이버 거래기능을 추가하는 모델을 제시한다. 먼저 지리적으로 멀리 떨어져 있는 유통망의 정보화를 위하여 인터넷 기술을 이용하고 공급체인(Supply Chain) 전체에 걸친 동기화를 위해 TOC(Theory of Constraint)의 DBR(Drum-Buffer-Rope) 스케줄링을 응용한다. 모든 생산 및 유통의 흐름 속도가 최종 분배 센터에 접수되는 고객의 요구에 따라 이루어지게 함으로써 공급체인 전체에 걸친 동기화를 이룰 수 있고 지속적인 버퍼 관리를 통하여서 재고의 절감은 물론 미출고의 발생도 최소화할 수 있다. 만약 분배 센터에 재고부족 현상이 일어날 경우에는 공급체인 상의 능력제약자원(Capacity Constraint Resource : CCR)을 찾아 개선 활동을 수행하며 공급체인의 흐름 속도를 능력제약자원에 맞추어 조절한다. 분배 센터에서 대리점 혹은 사이버 고객으로의 배송은 부분적 분할납품(Partial Transshipment : PT) 전략을 적용한다. 즉 각 분배 센터가 관리하는 수요지 중 인접한 지역을 부분적 분할납품 전략 적용 수요지로 선택하고 사이버 거래를 통해 생성된 물류가 부분적 분할납품 전략 적용 수요지에 분배되게 함으로써 각 분배 센터의 재고 완충역할을 수행하게 한다. 이에 따라 안전 재고 및 역 배송을 최소화 할 수 있을 뿐 아니라 미 출고로 인한 손실을 최소화하며 고객의 서비스를 일정하게 유지시킬 수 있을 것으로 기대된다.

### 1. 서론

인터넷 사용 및 사이버 쇼핑의 인구가 급속히 증가하면서 대부분의 기업들이 효율적인 사이버 쇼핑물 구축에 발빠르게 대응하고 있으며 이에 따른 유통체계의 확립과 물류시스템 구축에 많은 노력을 기울이고 있다. 또한 정부 차원에서도 전자상거래 지원을 위한 관련 법규의 정비작업에 이미 착수하였고 공급체인관리(Supply Chain Management : SCM)에 기초한 전자상거래 사업을 집중 지원하는 등 전자상거래로 대표되는 인터넷 쇼핑물의 구축은 기업에게 있어 생존에 관련된 필수 사항이 되었다. 하지만 이런 전자상거래 환경의 급속한 발전과 많은 장점에도 불구하고 현재의 사이버 쇼핑은 전통적 상거래 수준에 많이 못 미칠 뿐만 아니라 거래되는 제품에 있어서도 상당히 제한적인 것이 현실이다. 앞으로도 고객의 기호 혹은 제품의 특성에 따라 차이는 있겠으나 전통적 상거래는 계속적으로

그 영역을 유지할 것이며 전자 상거래와 전통적 상거래는 서로 양립하여 발전하게 될 것이라 예상된다. 따라서 기업의 경쟁력 확보 및 고객 만족 추구를 위해 이 둘간의 효율적인 통합은 필수라 할 수 있다.

전자상거래와 관련한 기존의 연구들이 전자상거래로 대표되는 인터넷 쇼핑물을 독립적으로 분류하여 접근한데 반하여 본 연구에서는 기존의 전통적 상거래 시스템에 인터넷 상거래 기능을 효과적으로 통합하는 모델을 제시함으로써 양쪽 상거래 모두를 동시에 고려할 수 있게 한다. 먼저 본 논문에서는 추가된 인터넷 쇼핑물의 판매를 통해 파생된 물류가 각 분배 센터 재고의 완충역할을 수행할 수 있도록 부분적 분할납품(Partial Transshipment : PT) 전략을 이용함으로써 각 분배 센터에서 발생할 수 있는 미 출고의 발생, 과잉 재고를 최소화한다. 또한 공급체인 전체에 걸친 동기화를 추구하기 위해서 DBR (Drum-Buffer-Rope) 스케줄링을 적

용한다. 인터넷을 통해 수집된 분배 센터(또는 능력제약자원)와 인터넷 쇼핑물의 판매·재고(능력) 정보를 공급자 또는 생산자와 연결함으로써 공급체인 전체에 걸친 동기화를 추구하고 지속적인 버퍼 관리를 통하여 재고의 절감은 물론 고객으로의 보다 빠른 배송이 가능하게 한다

## 2. 공급체인에서의 DBR 스케줄링 응용

### 2.1 유통 정보화

기하급수적으로 증가하는 사이버 시장에 대응하기 위해 기업마다 인터넷 쇼핑물 사업 구상에 많은 노력을 투자하고 있으나 대부분의 쇼핑물들이 사이버 판매에만 역점을 두고 있을 뿐 유통 정보화에는 소홀히 하고 있다. 이는 현재까지의 인터넷 상품 주류가 도서, 음반과 같은 택배 서비스로 가능한 상품이었기 때문인데 파손, 분실 시 배상이 용이하고 소요되는 기간에 대해서도 여유가 있었다. 하지만 인터넷에서의 고객 요구 상품이 점차 다양해져서 정확하고 안전한 배송을 요구하는 상품이 늘고 있고 빠르게 변하는 시장의 요구에 신속히 대응하기 위해 또한 상품 배송에 따른 기업의 이미지와 고객 서비스의 향상을 위해서 유통 정보화는 필수 사항이다.

유통 정보화란 공급자에서 소비자에 이르기까지 상품 판매와 소비 동향에 대한 정보를 공유함으로써 재고를 줄이고 매출을 올리는 활동을 말한다. 굳이 전자상거래를 언급하지 않는다 하더라도 유통 정보화는 기존의 상거래 시스템에 있어서 기업의 생존과 관련된 핵심 사항이다. 여러 연구들을 통하여 각 기업들은 저마다 생산 기술의 발전을 도모함으로써 생산성은 이미 크게 향상되어 왔지만 그 생산성 향상이 공장에만 국한되어 있을 뿐 공급체인 전체를 고려하지 못하고 있다. 이는 기업 내 혹은 기업 간의 정보 단절, 지연, 왜곡을 유발하고 공급체인 리드타임의 증가, 재고의 축적 등으로 나타난다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법이 공급자로부터 고객에 이르는 흐름을 일괄적으로 관리하는 SCM인데 이 또한 유통 정보화를 기반으로만 실현될 수 있다. 그림 1은 공급체인 전체의 유통 정보화를 통한 공급체인관리를 나타낸다.

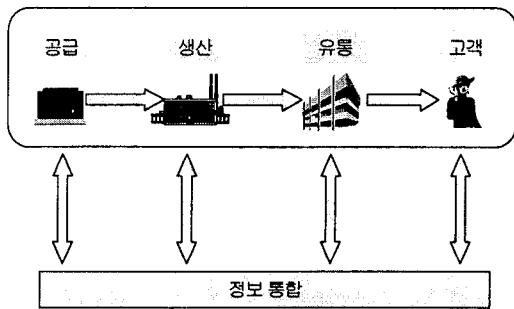


그림 1. 공급체인관리(SCM)

### 2.2 Drum-Buffer-Rope 스케줄링

어떤 시스템을 막론하고 그 시스템의 목적을 수행하는 데에 가장 취약한 부분이 있기 마련이고 이를 능력제약자원(Capacity Constraint Resource:

CCR)이라 한다. DBR 스케줄링은 이 CCR을 기준으로 원자재를 투입하고 작업계획을 세움으로서 전체 시스템의 흐름을 균형화 시키려는 방법으로서 드럼, 버퍼, 로프로 구성되어 있는데, 각각이 수행하는 역할은 다음과 같다.

- 드럼(Drum) : 전 시스템의 흐름 속도를 통제하여 재공품 재고를 최소로 유지할 수 있게 한다.
- 버퍼(Buffer) : CCR 이전 단계에서 문제가 생길 경우에도 CCR은 계속 일할 수 있게 도와준다.
- 로프(Rope) : 원자재의 투입시점을 알려준다.

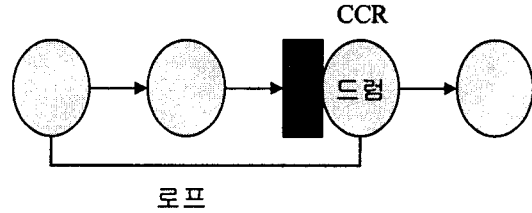


그림 2. DBR 스케줄링

DBR 스케줄링은 시스템의 동기화를 추구한다는 점에서 또한 수요에 의한 Pull 시스템이라는 점에서는 JIT(Just In Time)의 개념과 같다. 하지만 전 프로세스의 버퍼를 일률적으로 관리하지 않고 각 자원의 능력을 인정함으로써 각 자원의 변동 요인을 흡수하면서도 JIT와 거의 같은 재고 수준을 유지할 수 있다.

### 2.3 DBR 스케줄링의 응용

그림 1과 같은 유통 정보화를 기반으로 공급체인 전체에 걸친 동기화 생산을 추구하기 위해 TOC의 DBR 스케줄링을 응용한다. 본래 DBR 스케줄링에서는 드럼(Drum)의 역할을 CCR이 한다. 하지만 본 연구에서는 분배 센터가 드럼의 역할을 수행하게 함으로써 소비자의 요구에 따라서 공급체인의 흐름 속도가 결정되게 한다. 또한 이전 프로세스들의 예상치 못한 사고에도 재고의 부족 없이 발송이 계속 될 수 있도록 하기 위해서 일정량의 재고를 분배 센터에 보호 버퍼(Buffer)로 두고 공급자를 분배 센터에 로프(Rope)로 직접 연결하여 분배 센터에 접수되는 소비자의 요구에 따라 원자재의 투입속도가 결정되게 한다. 그림 3은 공급체인 상에 DBR 스케줄링을 적용한 것이다.

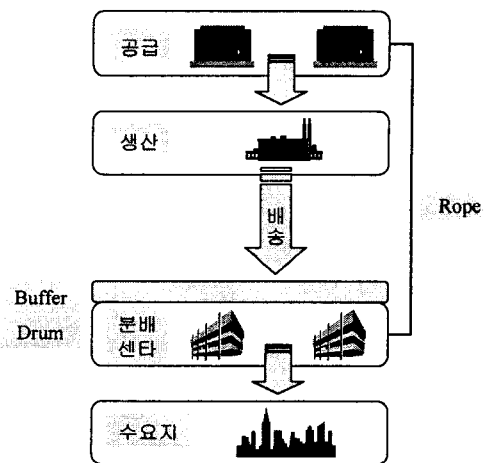


그림 3. 공급체인 상에서의 DBR 스케줄링 응용

그림 3과 같이 DBR 스케줄링을 응용함으로써 공급체인 전체에 걸친 동기화를 이룰 수 있고 분배 센터와 공급자 사이에 있는 프로세스들은 자신들의 능력에 따라 필요한 다른 작업도 수행 할 기회를 얻게 된다.

사실 분배 센터는 DBR 스케줄링에서 말하는 실제적인 능력제약자원이 아니다. 따라서 분배 센터의 안전 재고가 바닥이 나고 소비자의 요구 속도에 실제 능력제약자원이 따라가지 못하는 상황이 발생하게 되는데 이는 버퍼 관리를 통하여 어느 정도 예방 될 수 있다. 그럼에도 불구하고 계속 수요를 따라가지 못하는 경우에는 고객에게 먼저 가능납기 일을 제시하고(Available To Promise : ATP) 공급체인 상에 있는 실제적인 능력제약자원을 찾아 공급체인의 흐름 속도를 조절하게 하며 해당 능력제약자원을 소비자의 요구 수준에 맞게 개선하는 활동을 수행해야 한다. SCM의 한 모델이라 할 수 있는 ATP에 대해서는 현재 많은 연구들이 진행 중에 있고 새로운 능력제약자원의 발견은 버퍼관리를 통하여 이루어 질수 있다.

위에서 언급된 유통 정보화를 통한 공급체인 상에서의 DBR 스케줄링 이용방법을 정리하면 다음과 같다.

- <Step.1> 공급체인 상의 유통 정보화를 통한 정보의 공유
- <Step.2> 분배센터의 요구 수준에 따른 공급체인의 속도 동기화
- <Step.3> 버퍼 관리를 통한 재고 관리
- <Step.4> 재고 부족시 새로운 CCR 탐색
- <Step.5> CCR의 능력에 따른 공급체인의 속도 동기화
- <Step.6> CCR에 대한 개선 활동

Step.3으로부터 Step.6의 활동은 분배 센터의 재고 부족 시 수행되는 활동들로 공급체인 상의 흐름 동기화를 위해 지속적으로 수행되어야 한다.

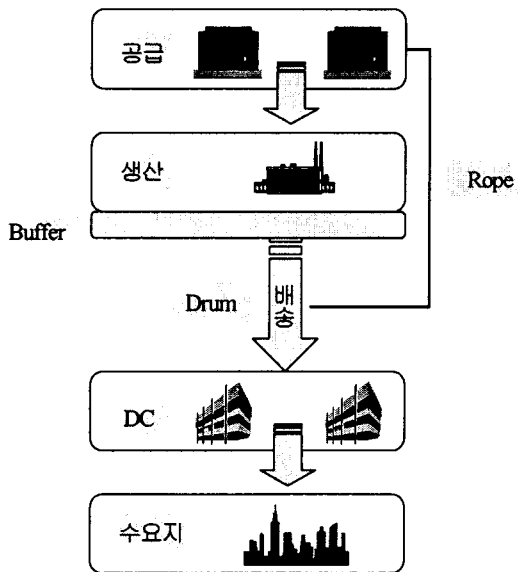


그림 4. 배송이 CCR일 경우의 공급체인 모델

그림 4는 생산지로부터 분배센터까지의 배송이 CCR인 경우 배송과 공급간을 연결하여 배송의 능력에 맞게 원재료가 투입되는 과정을 보여준다. 또한 공급체인의 전체 속도를 조절하는 드럼의 역할을 배송이 담당하게 되며 배송 이전 프로세스에는 항상 안전 재고가 있어 배송이 최대한 쉬지 않고 그 능력을 발휘할 수 있게 한다. 이때 생산 및 공급과 생산간을 잇는 배송 등 로프 사이에 있는 프로세스들은 그들의 능력에 따라 다른 작업들도 수행할 수 있게 된다.

### 3. 공급체인에 사이버 거래 추가

사이버 거래를 위한 새로운 유통 시스템의 구축은 막대한 투자비용이 요구될 뿐만 아니라 공급체인관리도 효율적으로 진행할 수 없다. 또한 고객 요구 상품의 다양화로 인해 택배 서비스를 이용한 배송도 그 한계를 드러내고 있는 상태이므로 본 논문에서는 기존 공급체인의 정보를 통합하고 거기에 사이버 거래를 추가하는 모델을 제시한다. 그림 5는 사이버 쇼핑물이 추가된 고객과의 정보 흐름을 나타낸다.

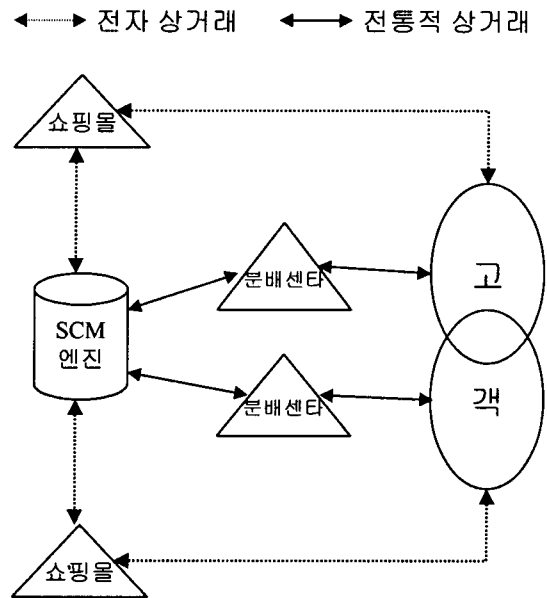


그림 5. 쇼핑물 추가에 따른 고객과의 정보 흐름

지리적으로 여러 곳에 흩어져 있는 기존의 유통망을 통합하는 데에는 경제적으로나 기술적으로 인터넷 기술이 가장 적합하다. 이 인터넷 기술을 사용하여 기존의 공급체인을 통합하고 그 위에 사이버 거래를 추가한다. 인터넷 쇼핑물 판매가 추가되고 부분적 분할납품 전략을 적용된 통합된 공급체인 모델은 그림 6과 같다.

먼저 각 분배 센터에서 대리점으로서의 분배는 기존의 전통적 상거래 시스템 그대로 유지하는 것을 기본으로 한다. 또한 각 분배 센터들은 인터넷 쇼핑물 통해 파생된 상품의 배송을 위한 수요지를 각각 포함하여 인터넷 판매시 분배 센터에서 수요지로 직접 배송한다. 이때 수요지 중 인접한 일부 수요지를 PT전략 적용 수요지로 선정하여 분배센터에서 해당되는 PT전략 적용 수요지로의 배송이

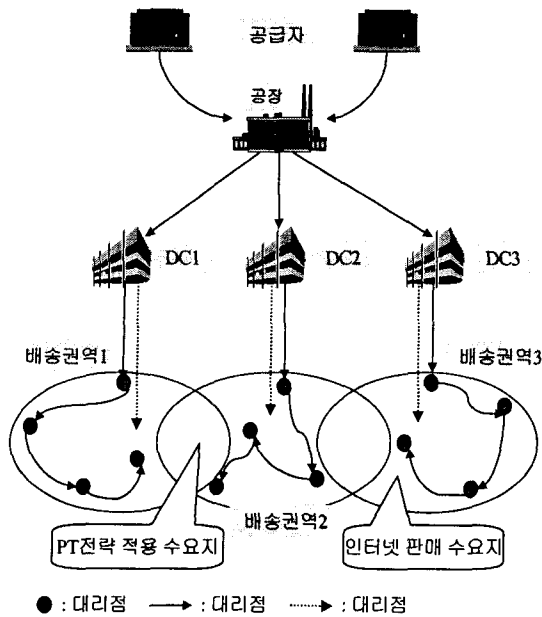


그림 6. PT전략 적용 공급체인 모델

수요 변화에 따라 동적으로 이루어지게 한다. 이렇게 함으로써 PT 전략 적용 수요지가 각 분배센터의 재고에 대해 완충 역할을 수행하며 Stock Out으로 인한 손실, 역 배송에 의한 손실 등을 최소화할 수 있다. 또한 인터넷 주문 발생 시 고객과 가장 가까운 분배센터에서 직접 배송 함으로 배송 속도가 빨라짐은 물론이고 기존의 최적화된 유통시스템을 사용할 수 있어 인터넷 쇼핑물 추가에 따른 추가 비용 부담도 줄어들며 자사의 유통시스템을 이용함으로써 배송 서비스 개선을 통한 고객 만족의 극대화도 꾀할 수 있다.

#### 4. 결론 및 추후 연구과제

소비자 요구에 따른 인터넷 쇼핑물의 증가에 따라서 본 논문에서는 기존의 공급체인 상에 인터넷 쇼핑물을 효과적으로 추가하는 모델을 제시하였다. 전 공급체인에 걸친 유통 정보화를 기반으로 DBR 스케줄링을 융용함으로써 공급사슬 전체의 동기화를 이룰 수 있고 인터넷 판매를 통해 파생된 물류에 대해 PT전략을 적용함으로써 각 분배센터의 재고 완충역할을 수행하게 하였다. 이에 따라 최소한의 비용으로 전통적 상거래 시스템에 사이버 고객을 포함하였고 공급체인 상의 안전 재고 절감, 미 출고 방지등 재고 문제를 개선하였으며 빠른 배송 및 배달 서비스의 개선을 통해 고객 만족을 향상시킬 수 있을 것이라 기대된다. 추후 연구로는 드림의 역할을 수행하는 분배센터의 버퍼관리에 대한 보다 세밀한 연구가 요구되며 각 분배센터들이 공유하고 있는 PT전략 적용 수요지의 선택에 대한 연구도 진행되어야 할 것이다. 또한 인터넷 쇼핑물 사용을 위한 보다 효율적인 Back Office 기술의 연구, 보안 문제의 해결 등이 연구되어야 할 부분이다.

#### 참고문헌

- [1] 고도성, 박찬권, 박남규, 박진우, "공급 사슬상에서 생산/유통 시스템의 계층적 계획에 관한 연구", 대한산업공학회/한국공업경영학회 99 추계공동학술대회 논문집
- [2] 금중수, 윤명오, "유통정보시스템", 효성출판사
- [3] 유영준, 김동민, 이종태, "통합된 배송시스템에서의 효율적인 배송전략", 대한산업공학회/한국공업경영학회 99 추계공동학술대회 논문집
- [4] 정남기, "TOC 제약경영", 대청미디어
- [5] 후쿠미사 요시아키, "SCM 경영혁명", 21세기북스
- [6] "Designing a Retail Supply Chain Using Drum-Buffer-Rope"  
<http://www.connectedconcepts.net>
- [7] Dharmaraj Veeramani and Pawan Joshi, "Methodologies for rapid effective response to requests for quotation", *IIE Transactions*, Vol 29, 1997
- [8] Erenguc, S.S., Simpson, N.C., Vakharia, A., "Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review", *European Journal of Operational Research* 115 (1999) 219-236
- [9] Evers, P. T., "The Impact of Transshipments on Safety Stock Requirements," *Journal of Business Logistics*, Vol. 17, No. 1, PP. 109-134, 1996.
- [10] Goldratt, E. M. & Cox, J.(1994) "The Goal", North River Press
- [11] <http://iis.kaist.ac.kr/~hanslee/ecbook>
- [12] J. Miltenburg, "Comparing JIT, MRP and TOC, and embedding TOC into MRP", *INT. J. Prod. Res.* 35, no. 4, pp1147-1169(1997)
- [13] M. S. Spencer, J. F. Cox, "Optimum production technology(OPT) and the theory of constraints(TOC): analysis and genealogy", *INT. J. Prod. Res.* 33, no. 6, pp1495-1504(1995)
- [14] Stefan Holmberg, "Measurement Systems Design and Supply Chain Integration", Dept. of Engineering Logistics, Lund University Sweden
- [15] W. Roux, S. Dauzere-Peres, J.B. Lasserre, "Planning & scheduling in a multi-site environment", *PPC*, 10 (1), 1999, 19-28
- [16] Vidal, c.j., goetschalckx, M., "Strategic production-distribution model: A critical review with emphasis on global supply chain model", *European Journal of Operational research* 98 (1997) 1-18
- [17] Yoo, Y. J. & Rhee, J. T., "A Dynamic Inventory Scheduling Method in Multi-Echelon Distribution Systems," *IE Interfaces*, Vol. 11, No. 2, pp. 13-24, 1998