MRP시스템 하에서 안전재고 규모에 따른 비용분석

백종현
서강대학교 경영대학 경영학부 생산관리교수
(jhbaek@ccs.sogang.ac.kr)
김성홍
서강대학교 경영대학 경영학부 강사
(s293099@ccs.sogang.ac.kr)

대생산일정계획은 생산 및 운영계획에서 가장 중요한 활동 가운데 하나이다. 많은 기업이 불확실한 상황에서 수요변화에 대응하고, 대생산일정계획 불안정성을 감소시키기 위한 수단으로 연동스케줄과 대생산일정계획 고정방법을 활용하고 있다. 대생산일정계획의 일부를 고정시킴으로써 발생하는 서비스수준 감소 문제는 안전재고의 활용을 통해 해결할 수 있다. 본 연구는 복수계층 자재소요계획 시스템 하에서 완제품 안전재고만을 보유하는 경우와 완제품 및 부품의 안전재고를 동시에 보유하는 경우를 비교했다. 그 결과 완제품 및 부품의 안전재고 규모를 예측오차의 표준편차와 동일하게 보유할 때 총비용이 가장 적게 소요된다.

I. 서 론

대생산일정계획(master production schedule: MPS)은 생산 및 운영계획에서 가장 중요한 활동 가운데 하나이다(Lin & Krajewski, 1992). 대생산일정계획은 조직의 생산계획과 자재계획, 시장수요와 세부 스케줄을 연결시키는 핵심기능을 함으로써 생산계획 및 통제시스템에서 중요한 역할을 한다.

불확실한 수요에 대응하기 위해 기업은 연동스케줄(rolling schedule)을 활용한다. 연동스케줄은 이미 수립된 계획을 수요변화에 따라 정기적으로 재 계획하는 것을 말한다. 여러 기간을 대상으로 하는 생산계획문제를 해결하기 위한 최적해를 구하는 연산절차가 존재하더라도 최적해에 따라 전기간의 생산이 이루어지는 경우는 매우 드물다. 따라서 일정기간 동안에는 처음에 수립한 계획에 따라 생산이 이루어지고, 일정기간이 지난 다음에는 새로운 정보를 반영하기 위해 나머지 계획을 갱신하는 방법으로 정기적인 재계획이 이루어진다(Carlson, Beckman, & Kropp, 1982). 그러나 연동스케줄을 사용하면 수요변화에 대한 대응성은 향상되지만 생산스케줄의 불안정성이 커진다.

생산스케줄의 불안정성은 많은 기업이 직면한 중요한 문제이고, 연구자들의 관심을 끌어왔다(Sridharan & LaForge, 1994). 보통 자재소요계획에서 불안정성 혹은 과대반응(instability or nervousness)은 상위수준 자재소요계획의 기록이나 대생산일정계획에서의 아주 사소한 변경에 의해 발생하는 하위 자재소요계획에서의 엄청난 변화로 정의한다(Zhao & Lee, 1993). 이러한 불안정성은 고객주문량 변경과 예측오차 등으로 인한 수요불확실성 때문에 발생한다. 고객의 요구를 충족시키기 위

논문 접수일 : 98. 6 게재확정일 : 98. 8

한 대응은 많은 기업에서 중요한 경쟁요인이지만 대생산일정계획의 과도한 변경을 유발시켜 생산계획 및 통제시스템에서 불안정성을 발생시킨다. 실제 제조기업을 대상으로 한 연구결과를 보면 빈번한 스케줄변경은 생산현장의 혼란을 야기하고, 결국 생산성을 떨어뜨리는 원인이 된다(Hayes & Clark, 1985).

스케줄 불안정성을 해결하기 위해서는 대생산일정계획 고정방법(method of freezing the MPS)을 활용할 수 있다. 그러나 이 또한 비용을 증가시키고, 서비스수준을 감소시키는 문제가 있다(Blackburn, Kropp, & Millen, 1986; Zhao & Lee, 1993). 스케줄 불안정성을 줄일 수 있는 또 다른 방법은 실제수요와 예측수요의 차이를 완화시키는 방법으로 완제품의 안전재고를 활용하는 것이다. 안전재고를 활용함으로써 스케줄 불안정성을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 대생산일정계획 고정방법을 사용함으로써 발생한 새로운 문제인 서비스수준 감소를 막을 수 있다(Sridharan & LaForge, 1989).

자재소요계획 시스템 하에서는 원칙적으로 안전재고의 필요성을 인정할 수 없으나 최근에는 이와 같은 시스템에 관한 전반적인 취약점이 제기되면서 불가피하게 안전재고가 필요하다면 대생산일정계획 수준에서 고려해야 한다는 견해가 속출하고 있다.(백종현, 1990, 1994) 그러나 일반적으로 안전재고를 보유하면 재고보유비가 증가한다는 단점이 있다.

본 연구에서는 복수계층 자재소요계획 시스템(multi-level MRP system)에서 연동스케줄과 대생산일정계획의 고정방법을 활용하는 경우에 완제품 및 부품의 안전재고를 고려한다. 따라서 본 연구의 목적은 완제품 및 부품의 안전재고 규모가 관련비용에 미치는 영향을 파악함으로써 안전재고를 보유한다면 어느 계층에서 얼마나 보유하는 것이 관련비용 측면에서 가장 효과적인지를 파악해 보고자 한다. 즉, 매개변수의 변화를 통해 다양한 상황을 설정하여 각 상황에서 완제품 및 부품의 안전재고 규모에 따른 관련비용의 변화를 분석함으로써 대생산일정계획 단계에서 완제품 안전재고를 보유하는 정책과 자재소요계획 단계에서 완제품 및 부품의 안전재고를 동시에 보유하는 정책을 비교·분석하고자 한다.

II. 이론적 배경

기업은 연동스케줄을 활용함으로써 고객 요구변화에 적극적으로 대처할 수 있다(Baker, 1977; Baker & Peterson, 1979). 따라서 연동스케줄의 효과성이 검증된 후 생산계획 분야에서 연동스케줄을 사용한 연구는 활발히 진행되었다(Blackburn & Millen, 1980; Chand, 1982; Carlson et. al. 1982; Chung & Krajewski, 1984, Lin et. al., 1993). 그러나 연동스케줄을 활용함으로써 주기적으로 스케줄을 재 계획해야 하기 때문에 스케줄의 과도한 변동을 유발한다. 따라서 스케줄의 불안정성을 줄이기 위한 방법으로 대생산일정계획 고정방법이 개발되었고, 현재 이 방법은 가장 일반적으로 사용되고 있다(Zhao & Lee, 1993).

스리드하란 등(Sridharan, Berry, & Udayabhanu, 1987)이 스케줄의 일부를 고정시키는 방법을 대생산일정계획에 적용한 후 대생산일정계획 고정방법 또한 다양한 연구에 활용되었다. 실제로 대생산일정계획의 일부를 고정시키는 방법은 스케줄의 불안정성을 감소시키는 매우 효과적인 방법

이고, 많은 기업에서 활용하고 있다(Blackburn et. al., 1986; Sridharan et. al., 1987; Sridharan & LaForge, 1989; Sridharan & Berry, 1990; Campbell, 1992; Lin & Krajewski, 1992; Sridharan & LaForge, 1994).

연동스케줄을 사용할 때 대생산일정계획의 고정방법은 고객대응성과 스케줄 불안정성간의 상충관계를 관리하는 하나의 방법이다. 그러나 대생산일정계획의 일부를 고정시키면 전체적인 비용이 증가한다. 특히 대생산일정계획의 고정비율이 증가할수록 비용은 급격히 증가한다(Sridharan et. al., 1987; Sridharan & LaForge, 1990; Sridharan & Berry, 1990).

그러나 이러한 연구들은 부품을 고려하지 않고, 완제품만을 고려하는 단일계층 자재소요계획 시스템(single-level MRP systems)을 대상으로 수행되었다. 자재소요계획 시스템 하에서 대생산일정계획을 수립하는데 연동스케줄과 스케줄 고정방법을 사용한 연구는 1990년대 초반까지는 주로 단일계층 자재소요계획 시스템에 대한 연구가 주를 이루었고, 1990년대 중반에 접어들면서 복수계층 자재소요계획 시스템을 대상으로 한 연구로 그 범위가 확대되었다.

복수계층 자재소요계획 시스템에 대한 연구로는 Zhao와 Lee(1993)의 연구, Kadipasaoglu(1995)의 연구가 있다. Zhao와 Lee는 수요불확실성하의 복수계층 자재소요계획 시스템에서 대생산일정계획 고정 파라메터가 총비용, 스케줄 불안정성, 서비스수준 등 시스템성과에 미치는 영향과 예측오차가 대생산일정계획 고정 파라메터 선택에 미치는 영향을 연구하였다. 그 결과 대생산일정계획의 고정비율이 높아지면 스케줄의 불안정성은 개선되지만 서비스수준이 낮아지고 총비용이 증가했다. 그러나 몇몇 경우에서는 고정기간의 증가가 서비스수준에 유의적인 영향을 미치지 않았고, 또 다른 몇몇 경우에서는 고정기간의 증가가 오히려 서비스수준을 증가시키기도 하였다.

Kadipasaoglu는 복수계층 자재소요계획 시스템을 수요가 확실한 경우와 불확실한 경우로 구분하여 대생산일정계획의 고정기간이 비용 및 서비스수준에 미치는 효과를 분석하였다. 그 결과 대생산일정계획의 일부를 고정시키면 비용은 절감시킬 수 있지만 서비스수준이 감소한다는 것이다.

그러나 Zhao와 Lee는 제품구조를 지나치게 단순화시킨 두 가지 경우를 대상으로 분석을 실시하였고, Kadipasaoglu는 제품구조를 어느 정도 현실화시켰지만 대생산일정계획의 고정방법을 사용함으로써 서비스수준이 감소하는 문제에 대한 해결방안을 제시하지 못하고 있다.

결국 기존연구 결과를 정리해보면 복수계층 자재소요계획 시스템에서 대생산일정계획을 수립할 때 불확실한 수요변화에 대응하기 위해 연동스케줄을 활용함으로써 야기되는 스케줄 불안정성 문제는 대생산일정계획의 일부를 고정시킴으로써 해결할 수 있다. 그러나 대생산일정계획 고정방법은 서비스수준 감소라는 새로운 문제를 야기한다.

스케줄 불안정성 문제와 서비스수준 감소 문제를 해결하기 위한 방안으로 안전재고를 도입할 수 있을 것이다. 그러나 대생산일정계획에 안전재고를 도입하는 연구는 단일계층 자재소요계획 시스템에서만 이루어졌고, 복수계층 자재소요계획 시스템에서는 안전재고를 도입한 연구가 시행되지 않고 있다. 단일계층 자재소요계획 시스템에서 안전재고가 대생산일정계획 성과에 미치는 영향을 분석한 연구결과를 보면 안전재고의 증가는 서비스수준을 향상

〈표 1〉 안전재고 규모와 MPS 성과의 관계에 대한 기존연구 결과

연구자	연구결과(안전재고 증가시)		
	비용	불안정성	서비스수준
Blackburn et. al.(1986)	증가	감소	-
De Bodt & Van Wassenhove(1983)	-	감소	-
Wemmerlöv(1985)	-	감소 안함	-
Sridharan & LaForge(1989)	준비비 감소 보유비 증가	감소하다 증가	증가

시키지만 비용과 스케줄 불안정성에 미치는 영향은 일정하지 않다. 안전재고 규모와 대생산일정계획 성과의 관계를 분석한 기존연구를 정리해보면 〈표 1〉과 같다.

원칙적으로 자재소요계획 시스템에서는 안전재고를 허용하지 않지만 기존문헌을 보면 안전재고가 필요한 경우에는 대생산일정계획 단계에서 도입하라고 했다. 그러나 기존문헌에서는 이러한 주장을 뒷받침할 만한 실증적인 근거를 제시하지 못하고 있다.

III. 실험설계

3.1 연구대상

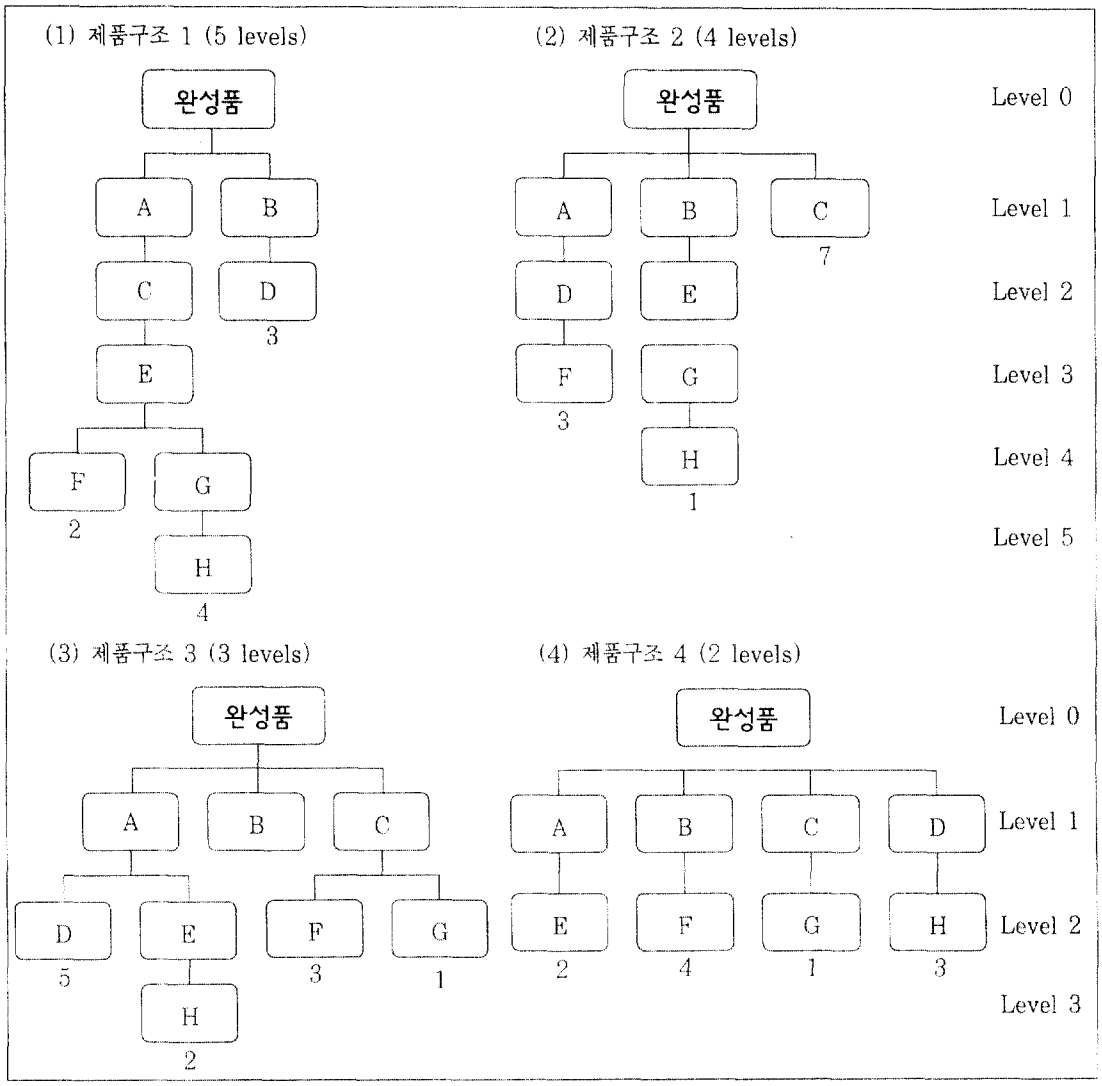
본 연구는 다양한 계층으로 구성된 제품구조를 고려하여 분석을 실행하기 위해 〈그림 1〉과 같이 2개의 계층부터 5개의 계층으로 구성된 4가지 제품구조를 대상으로 분석을 실행했다.

각 제품구조에서 완제품은 8가지 부품을 조립하여 생산되며, 각 부품의 리드타임은 1기간이고, 완제품의 리드타임은 3기간이다. 완제품 및 모든 부품의 럿사이즈는 재고보유비와 생산준비비를 고려한 총비용 측면에서 최적의 럿사이즈를 구할 수 있는 것으로 알려진 와그너-위틴 연산절차(Wagner-Whitin algorithm)를 사용하여 결정한다.

3.2 실험변수의 정의 및 변화범위

본 연구의 목적은 완제품 및 부품의 안전재고 규모에 따른 비용변화를 분석하는 것이다. 본 연구에서 고려한 비용요소는 생산준비비, 재고보유비, 그리고 재고부족비이다. 대부분 기존연구에서는 재고부족비를 고려하지 않고 서비스수준을 통해 간접적으로 재고부족비를 평가하고 있다. 그러나 본 연구에서는 보다 포괄적인 측면에서 총비용을 평가하기 위해 재고부족비를 포함하였다.

본 연구는 다양한 상황에서 실험을 수행하기 위해 7가지의 매개변수를 사용하여 각 매개변수의 변화에 따라 여러 가지 상황을 설정하였고, 각 상황에 따라 완제품 및 부품의 안전재고 규모를 변화시켜 시뮬레이션을 실행하였다. 본 연구에서 사용한 매개변수와 실험변수의 정의 및 변화범위는 문헌조사를 통해 종합적으로 정리하였으며, 본 연구



자료원: B. J. Coleman & M. A. Mcknew, "An Improved Heuristic for Multilevel Lot Sizing in Material Requirements Planning", Decision Sciences, vol. 22, 1991, p. 150.

〈그림 1〉 제품구조 (최하위 부품 밑의 숫자는 각 부품의 단위 기간당 재고보유비)

목적에 따라 변화범위를 조정하였다. 이에 대한 자세한 내용과 각 변수의 자료원은 다음과 같다.

(1) 완제품 안전재고 : 수요불확실성에 대비하기 위해 보유하는 완제품 재고로써 예측오차의 표준편차와 완제품 안전재고 승수의 곱이다. 완제품 안전재고 승수는 1, 2, 3을 사

용하였다(Sridharan & LaForge, 1989; 1994; Sridharan & Berry, 1990).

(2) 부품 안전재고 : 수요불확실성에 대비하기 위해 보유하는 부품의 재고로써 제품구조에서 하위로 갈수록 상위품목 안전재고와 동일하거나 증가 혹은 감소한다. 그 비율은 0.0, 0.5, 1.0, 1.5이다.

(3) 수요변동 : 불확실한 환경에 따른 수요변동 범위로써 기간별 예측수요는 평균이 200이고, 범위가 ±50, ±100인 균등분포와 평균이 200이고 표준편차가 50, 100인 정규분포에서 난수를 이용하여 추출하였다(Sridharan & LaForge, 1989; 1994; Sridharan & Berry, 1990; Zhao & Lee, 1993; Lin & Krajewski, 1994; Kadipasaoglu, 1995).

(4) 예측오차 : 수요예측의 부정확성으로 인해 발생하는 것으로써 예측수요와 실제수요의 차이이다. 기간별 예측오차는 평균이 0이고, 표준편차가 30, 60인 정규분포에서 난수를 이용하여 추출하였다(Sridharan & LaForge, 1989; 1994; Sridharan & Berry, 1990; Zhao & Lee, 1993; Lin & Krajewski, 1994; Kadipasaoglu, 1995).

(5) 고정기간 : 연동스케줄을 사용함으로써 일정기간이 지난 후 대생산일정계획은 재 계획된다. 이 때 이미 수립된 계획 가운데 변경할 수 없는 기간을 고정기간이라 한다. 본 연구에서는 고정기간을 2, 3, 4기간으로 사용하였다(Zhao & Lee, 1993; Sridharan & LaForge, 1994; Kadipasaoglu, 1995)

(6) 예측기간 : 대생산일정계획을 수립할 때 예측수요 자료를 확보한 기간으로서 12, 16, 20기간을 사용하였다(Carlson et. al., 1982; Sridharan et. al., 1987; Sridharan & LaForge, 1989).

(7) 재고보유비 : 재고를 보유하고 있기 때문에 발생하는 비용으로써 최하위 부품에 대한 재고보유비가 결정되면 상위품목으로 갈수록 일정비율로 증가하도록 설정하였고, 그 비율은 1.1, 1.4, 1.7이다(Veral & LaForge, 1985; Blackburn et. al., 1986; Coleman & McKnew, 1991).

(8) 생산준비비 : 생산/주문을 준비하는데 소요되는 비용으로써 최하위 부품의 생산준비비는 해당 부품 재고보유비의 300배와 500배이다.[1] 그리고 상위품목으로 갈수록 그 비율이 0.4, 0.7, 1.0으로 감소 혹은 동일하게 설정하였다(Veral & LaForge, 1985; Blackburn et. al., 1986; Coleman & McKnew, 1991).

(9) 재고부족비 : 재고 부족으로 인해 발생하는 비용으로써 최하위부품의 재고부족비는 재고보유비의 2배이다. 그리고 상위품목으로 갈수록 그 비율이 1.2, 1.7로 증가하도록 설정하였다(Glasserman & Tayur, 1995).

1) 와그너-위틴 연산절차는 재고부족을 허용하지 않기 때문에 럿사이즈는 재고보유비, 각 기간의 예측수요, 그리고 생산준비비에 따라 결정된다. 따라서 기간별 예측수요가 200단위이고 생산준비비가 재고보유비의 300배인 경우에 럿사이즈는 2기간의 예측수요를 더한 값이 되고, 생산준비비가 재고보유비의 500배인 경우에는 3기간의 예측수요를 더한 값이 된다. 본 연구에서는 기간별 예측수요의 범위가 100~300단위이므로 럿사이즈는 1기간~5기간의 예측수요를 더한 규모가 된다. 따라서 본 연구에서는 럿사이즈로 충당할 수 있는 기간을 다양하게 변화시키기 위해 생산준비비를 재고보유비의 300배와 500배로 설정하였다.

3.3 분석방법

본 연구는 안전재고 규모에 따른 비용의 변화를 분석하기 위해 시뮬레이션을 실시하였다. 이처럼 모형구축과정 없이 시뮬레이션을 실시한 기존문헌은 매우 많다(Sridharan et. al., 1987; Sridharan & LaForge, 1989; 1994; Kadipasaoglu, 1995).

시뮬레이션은 매개변수의 변화에 따라 다양한 상황에서 수행하였으며, 그 결과로 관련비용을 산출하였다. 따라서 본 연구에서는 각 제품구조별로 31,104(=3×4×4×2×3×3×3×2×3×2)가지 경우에 시뮬레이션을 실행하였기 때문에 4가지 제품구조를 종합하면 총 124,416회의 시뮬레이션이 실행되었다. 시뮬레이션은 각 상황별로 300기간(週)을 대상으로 실행되었으며, 이 기간은 약 6년에 해당되는 긴 기간이다. 그리고 시뮬레이션 결과로 산출된 관련비용과 시뮬레이션 입력변수인 실험변수 및 매개변수를 활용하여 통계분석을 실시하였다.

시뮬레이션은 범용 컴퓨터언어인 FORTRAN 77 버전 5.0을 활용하여 실행하였고, 시뮬레이션 결과를 이용한 추가적인 통계분석은 SPSS/PC+ 버전 6.0과 SAS 버전 6.11을 활용하여 실행하였다.

Ⅳ. 분석결과에 대한 토의

본 연구에서는 매개변수의 변화에 따라 다양한 상황을 설정하여 각 상황에서 완제품 및 부품의 안전재고 규모를 변화시켜 시뮬레이션을 실행하였고, 그 결과를 이용하여 연구목적에 따라 통계분석을 시행하였다.

통계분석은 완제품 및 부품의 안전재고 규모가 총비용에 유의적인 영향을 미치는가를 파악하기 위해 분산분석을 실시하였다. 그리고 완제품 및 부품의 안전재고 규모에 따른 관련비용의 변화패턴을 살펴보기 위해 교차표(cross table)를 구하고, 이를 토대로 그래프를 그렸다.

〈표 2〉를 보면 완제품 안전재고 규모와 부품 안전재고 규모는 종합적인 측면뿐만 아니라 개별 제품구조에서도 모두 총비용에 유의적인 영향을 미치며, 완제품 및 부품 안전재고 규모의 상호작용효과 또한 총비용에 유의적인 영향을 미친다(유의수준 0.01). 이는 부품의 안전재고 규모가 완제품 안전재고 규모에 승수를 곱해서 산출되기 때문이다. 이러한 내용은 다음 〈표 3〉, 〈표 4〉, 〈표 5〉를 통해 보다 구체적으로 설명할 수 있다.

단일계층 자재소요계획 시스템을 대상으로 한 기존연구 결과를 보면 안전재고 규모와 비용의 관계는 수요상황에 따라 다른 결과를 보이고 있다. 수

〈표 2〉 총비용에 대한 분산분석 결과 (유의도; p)

변 수 \ 제품구조	1 (5 levels)	2 (4 levels)	3 (3 levels)	4 (2 levels)	종합
완제품 안전재고	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
부품 안전재고	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
상호작용 효과	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

〈표 3〉 총비용에 대한 부품 및 완제품 안전재고 규모의 상호작용효과

(단위 : 10,000)

제품구조		1				2				3				4				종 합			
부품 안전재고		0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	0.5	1.0	1.5
완제품 안전재고	1	716	656	601	730	420	406	398	426	605	591	589	616	372	367	370	388	529	505	489	540
	2	688	619	669	984	411	402	428	504	599	594	630	706	371	372	397	445	517	497	531	660
	3	688	644	785	1268	416	423	479	598	611	627	699	818	382	394	442	517	524	522	601	800

〈표 4〉 재고보유비에 대한 부품 및 완제품 안전재고 규모의 상호작용효과

(단위:10,000)

제품구조		1				2				3				4				종합			
부품 안전재고		0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	0.5	1.0	1.5
완제품 안전재고	1	391	417	487	647	307	322	346	384	474	493	520	558	302	312	328	352	368	386	420	485
	2	423	485	622	946	325	358	405	485	501	543	598	679	320	343	378	429	392	432	501	635
	3	463	564	765	1252	348	399	468	589	535	599	684	806	342	378	432	510	422	485	587	789

〈표 5〉 재고부족비에 대한 부품 및 완제품 안전재고 규모의 상호작용효과

(단위:10,000)

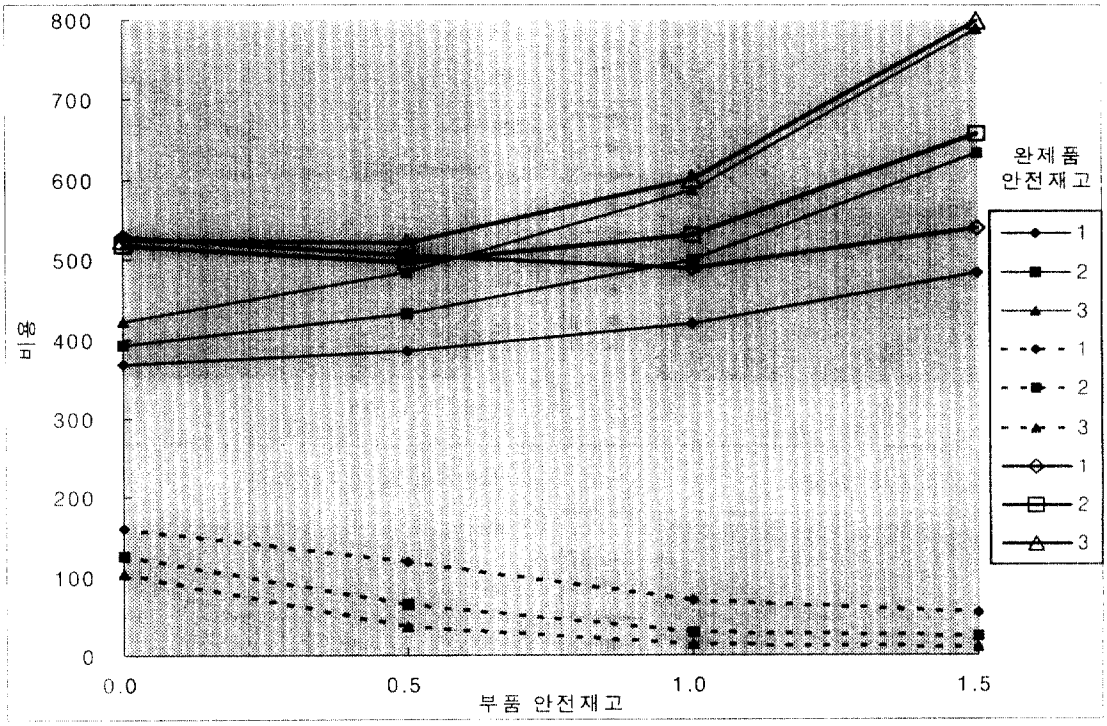
제품구조		1				2				3				4				종합			
부품 안전재고		0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	0.5	1.0	1.5
완제품 안전재고	1	326	240	114	84	113	84	52	42	131	98	69	57	70	55	42	36	160	119	69	55
	2	265	134	47	38	86	44	23	19	97	51	32	26	51	29	20	17	125	64	30	25
	3	225	79	21	16	68	24	11	8	76	28	15	11	40	16	9	7	102	37	14	11

요가 확정적인 경우에는 안전재고 규모가 증가하면 높은 수준의 비용을 유발하고(Blackburn et. al., 1986), 수요가 불확실한 경우에는 안전재고 규모가 증가함에 따라 생산준비비는 감소하지만 재고보유비는 증가한다(Sridharan & LaForge, 1989).

그러나 본 연구는 기존연구와 달리 복수계층 자재소요계획 시스템을 대상으로 시뮬레이션을 수행하였고, 재고보유비와 생산준비비를 구분하지 않고 통합하여 산출하였으며, 기존연구에서 고려하지 않은 재고부족비를 고려하였다. 따라서 본 연구 결과와 기존연구 결과를 평면적으로 비교하기는 어렵다.

비록 기존연구와 본 연구를 단순 비교할 수는 없지만 본 연구의 결과인 〈표 4〉와 〈그림 2〉를 보면 기존연구에서와 같이 안전재고 규모의 증가에 따라 재고보유비는 증가한다. 그리고 〈표 5〉와 〈그림 2〉를 보면 안전재고 규모의 증가에 따라 재고부족

(단위 : 10,000)



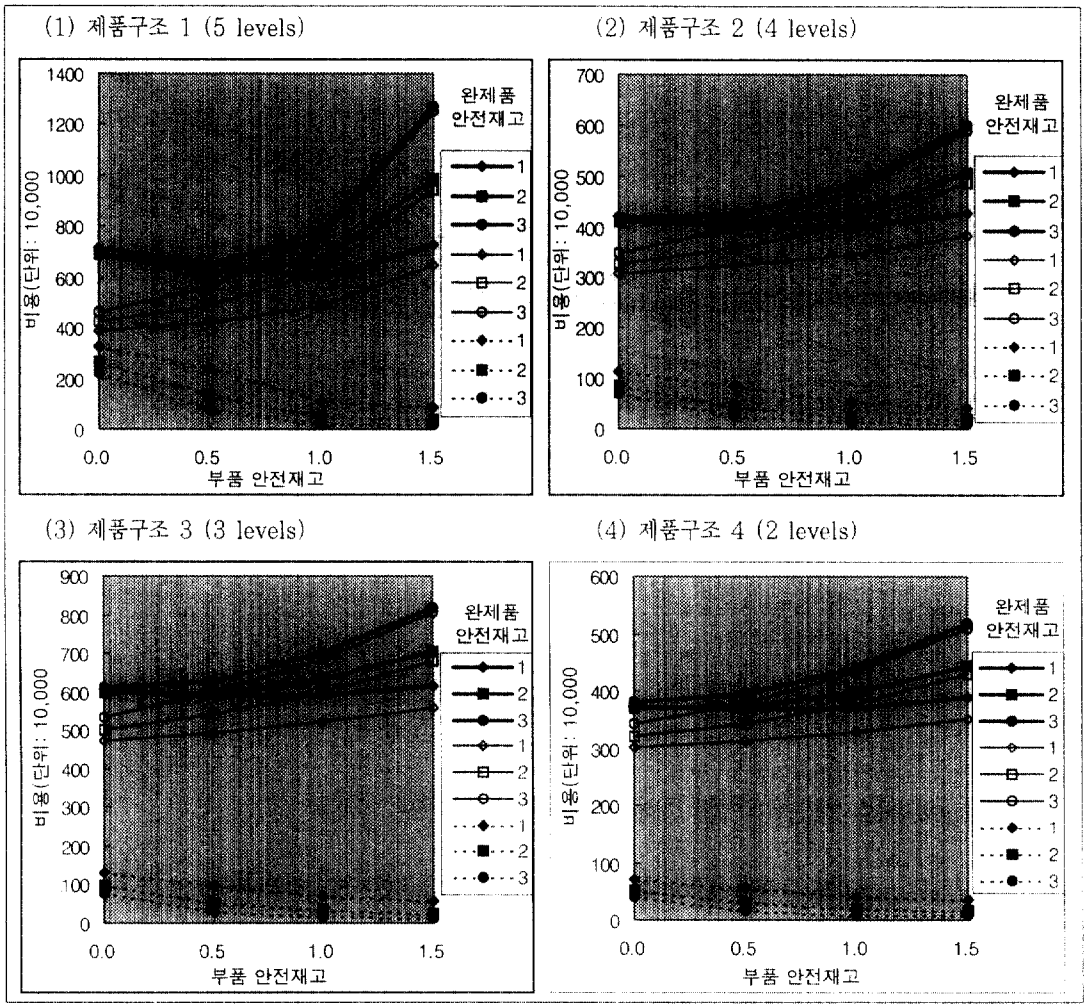
주) 실선은 재고보유비와 생산준비비의 합, 점선은 재고부족비, 굵은 선은 총비용.

〈그림 2〉 부품 및 완제품 안전재고 규모에 따른 관련비용의 변화(종합)

비는 반비례적으로 감소한다. 따라서 이 두가지 비용요소를 합한 총비용은 완제품 및 부품의 안전재고 규모가 증가하면 선형으로 증가하는 것이 아니라 곡선의 형태를 보인다. 즉, 완제품 및 부품의 안전재고 규모가 작은 경우에는 안전재고 규모의 증가에 따라 총비용이 감소하다 안전재고 규모가 일정 수준 이상으로 증가하는 경우에는 총비용이 안전재고 규모와 비례적으로 증가한다.

〈표 3〉과 〈그림 2〉를 보면 모든 제품구조를 종합적으로 고려했을 경우에는 완제품의 안전재고 승수가 1이고(완제품 안전재고 규모가 예측오차의 표준편차와 동일), 하위부품의 안전재고 규모가 상위품목의 안전재고 규모와 동일할 때 총비용이 가장 적게 소요된다. 따라서 총비용의 관점에서 보면 완제품의 안전재고를 예측오차의 표준편차만큼 보유하고, 하위부품의 안전재고도 이와 동일한 수준으로 보유할 때 총비용이 가장 적게 소요된다.

그러나 완제품의 안전재고 규모가 예측오차의 표준편차보다 큰 경우에는 하위부품의 안전재고 규모를 상위품목의 절반 정도로 보유할 때 총비용이 가장 적게 소요된다. 즉, 완제품 안전재고 규모가 증가할수록 부품의 안전재고 규모는 더 적게 필요하



주) 실선은 재고보유비와 생산준비비의 합, 점선은 재고부족비, 굵은 선은 총비용.

〈그림 3〉 부품 및 완제품 안전재고 규모에 따른 관련비용의 변화(제품구조별)

게 된다. 따라서 기존 연구에서 제시한 것처럼 대생산일정계획 수준에서 완제품의 안전재고만을 보유하는 것보다는 완제품뿐만 아니라 부품에 대한 안전재고를 동시에 보유할 때 총비용이 가장 적게 소요된다.

〈표 3〉, 〈표 4〉, 〈표 5〉, 그리고 〈그림 3〉을 통해 개별 제품구조에 대해 살펴보면 제품구조 4를 제외한 제품구조 1, 2, 3의 경우에는 종합적인 결과와 동일하게 완제품 안전재고 규모를 예측오차 표준편차와 같은 수준으로 보유하고, 하위부품의 안전재고 규모도 이와 동일하게 보유할 때 총비용이 가장 적게 소요된다. 그러나 제품구조 4의 경우

에는 완제품 안전재고 규모가 예측오차 표준편차와 동일하고, 하위부품의 안전재고 규모가 상위품목의 절반정도일 때 총비용이 가장 적게 소요된다. 〈표 3〉을 보면 제품구조의 계층수가 적을수록 부품 안전재고 규모에 따른 총비용의 편차가 보다 적고, 결국 제품구조 4에서는 제품구조 1, 2, 3과는 다른 결과를 보이고 있다.

제품구조 4가 제품구조 1, 2, 3과 다른 결과를 보이는 이유는 제품구조 4는 2개의 계층으로 이루어져 있기 때문이다. 즉, 다른 제품구조는 제품구조 4보다 더 많은 3, 4, 5개의 계층으로 이루어져 있기 때문에 최하위 부품의 생산시점에서 완제품 생산이 완료되는 시점까지의 리드타임이 더 길다. 그리고 대생산일정계획 고정방법을 사용함으로써 고정기간에 대한 계획은 변경할 수 없기 때문에 불확실성이 더 크다. 따라서 제품구조 1, 2, 3에서는 제품구조 4보다 더 많은 부품의 안전재고를 필요로 한다.

그러나 제품구조 4는 2개의 계층으로 이루어져 있기 때문에 최하위 부품 생산시점부터 완제품 생산이 완료되는 시점까지의 리드타임이 제품구조 1, 2, 3보다는 짧기 때문에 그만큼 불확실성이 낮아 부품에 대한 안전재고의 필요성이 더 적다. 따라서 제품구조 4에서는 부품의 안전재고 규모를 상위품목의 절반 정도 보유할 때 총비용이 가장 적게 소요된다.

본 연구에서는 서비스수준을 고려하지 않았는데 서비스수준은 재고부족비와 역의 관계를 보이기 때문에 재고부족비를 통해 간접적으로 서비스수준을 평가할 수 있을 것이다. 본 연구의 결과를 보면 안전재고 규모의 증가에 따라 재고부족비용이 감소한다. 따라서 안전재고 규모가 증가하면 서비스수준이 향상될 것이라는 사실을 쉽게 유추해볼 수 있다.

V. 결 론

대생산일정계획은 자재의 제약성과 작업장 용량 등을 고려하여 향후 6개월 내지 12개월 동안 생산스케줄을 세우기 위해 고객주문과 수요예측을 결합시켜 기간별로 개별 제품의 생산량을 계획한다. 따라서 전체 제조공정의 계획과 우선순위가 대생산일정계획에 의해 결정된다. 즉, 대생산일정계획에 의해 자재구매 시기와 구매량, 생산시기가 결정된다. 뿐만 아니라 대생산일정계획에 따라 기업의 배달가능시간이 산정 되기 때문에 대생산일정계획의 효과적인 활용여부에 따라 서비스수준이 결정된다. 따라서 대생산일정계획을 통해 기업의 마케팅부문과 생산부문간의 정보공유 및 협조가 이루어진다.

대생산일정계획에서 중요한 이슈는 총비용, 생산스케줄의 불안정성, 서비스수준이다. 그러나 이러한 분야에 대한 연구는 주로 단일계층 자재소요계획 시스템을 대상으로 연구가 진행되었고, 복수계층 자재소요계획 시스템을 대상으로 한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 복수계층 자재소요계획 시스템을 대상으로 완제품 및 부품의 안전재고 규모에 따른 관련비용의 변화를 살펴보았다. 따라서 기존연구와 본 연구를 단순 비교하는 것은 어렵다. 그러나 본 연구의 가장 큰 특징은 복수계층 자재소요계획 시스템을 대상으로 한 기존연구에서 연동스케줄과 대생산일정계획 고정방법을 활용함으로써 나타나는 서비스수준 감소문제를 해결하기 위한 한가지 방안으로 안전재고를 활용하여 분석을 수행했다는 점이다.

또한 선행연구에서 자재소요계획 시스템에서는 원칙적으로 안전재고를 허용하지 않기 때문에 필요한 경우 대생산일정계획 단계에서 안전재고를 고려

하라고 했지만 실증적인 자료를 제시하지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 복수계층 제품구조 상에서 어느 계층에서 얼마만큼의 안전재고를 보유하는 것이 효과적인지를 분석해보기 위해 대생산일정계획 단계에서 완제품 안전재고와 자재소요계획 단계에서 부품의 안전재고를 동시에 고려한 분석을 시도했다는 점이다.

그러나 본 연구에서는 시간의 흐름에 따라 동일한 수요분포를 활용했고, 리드타임의 변화와 수요 및 공급시기의 변화를 고려하지 않았으며, 기업의 가용자원에 대한 제약을 고려하지 못했다. 또한 대생산일정계획의 중요한 이슈 가운데 비용만을 고려하고 스케줄 불안정성 및 서비스수준은 고려하지 않고 있다. 따라서 앞으로 이러한 점을 보완하고, 보다 다양한 제품구조를 고려한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

백종현 (1990), **생산계획 및 재고통제**, 삼영사.

——— (1994), "총괄생산계획 수준에서의 안전재고에 대한 time-phasing과 lot-sizing문제", **서강경영논총**, 5, 서강대학교 서강경영연구소, 191-206.

Baker, K. R. (1977), "An experimental study of the effectiveness of rolling schedules in production planning", *Decision Sciences*, 8, 19-27.

——— and D. W. Peterson (1979), "An analytic framework for evaluating rolling schedules", *Management Science*, 25, 341-351.

Blackburn, J. D. and R. A. Millen (1980), "Heuristic Lot Sizing Performance in a Rolling Schedule Environment", *Decision Sciences*, 11, 691-701.

———, D. H. Kropp, and R. A. Millen (1986), "A Comparison of Strategies to Dampen Nervousness in MRP Systems", *Management Science*, 32, 413-429.

Campbell, G. M. (1992), "Master production scheduling under rolling planning horizons with fixed order intervals", *Decision Sciences*, 23, 312-331.

Carlson, R. C., S. L. Beckman, and D. H. Kropp (1982), "The Effectiveness of Extending the Horizon in Rolling Production Scheduling", *Decision Sciences*, 13, 129-146.

Chand, S. (1982), "A Note on dynamic Lot Sizing in a Rolling Horizon Environment", *Decision Sciences*, 13, 113-119.

Chung, C. H. and L. J. Krajewski (1984), "Planning Horizons for Master Production Scheduling", *Journal of Operations Management*, 4, 389-406.

Coleman, B. J. and M. A. McKnew (1991), "An Improved Heuristic for Multilevel Lot Sizing in Material Requirements Planning", *Decision Sciences*, 22, 136-155.

De Bodt, M. A. and L. N. Van Wassenhove (1983), "Cost Increases Due to Demand Uncertainty in MRP Lot-Sizing", *Decision Sciences*, 14, 345-361.

Glasserman, P. and S. Tayur (1995), "Sensitivity Analysis for Base-stock Levels in Multiechelon Production-inventory Systems", *Management Sciences*, 41, 263-281.

Hayes, R. H. and K. B. Clark (1985), "Explaining Observed Productivity Differentials Between Plants: Implications for Operations Research", *Interfaces*, 15, 3-14.

Kadipasaoglu, S. N. (1995), "The effect of freezing the master production schedule on cost in multilevel MRP systems", *Production and Inventory Management Journal*, Third quarter,

30-36.

Lin, N. P. and L. Krajewski (1992), "A Model for Master Production Scheduling in Uncertain Environments", *Decision Sciences*, 23, 839-861.

——, ——, G. K. Leong, and W. C. Benton (1993), "The effects of environmental factors on the design of master production scheduling systems", *Journal of Operations Management*, 11, 367-384.

Sridharan, V. and R. L. Laforge (1989), "The Impact of Safety Stock on Schedule Instability, Cost and Service", *Journal of Operations Management*, 8, 327-347.

—— and —— (1990), "An Analysis of Alternative Policies to Achieve Schedule Stability", *Journal of Manufacturing and Operations Management*, 3, 53-73.

—— and —— (1994), "Freezing the Master Production Schedule: Implications for Fill Rate", *Decision Sciences*, 25, 461-469.

Sridharan, V. and W. L. Berry (1990), "Freezing the Master Production Schedule Under Demand Uncertainty", *Decision Sciences*, 21, 97-121.

—— and —— (1990), "Master production scheduling make-to-stock products: a framework for analysis", *International Journal of Production Research*, 28, 541-558.

——, ——, and V. Udayabhanu (1987), "Freezing the master production schedule under rolling planning horizons", *Management Science*, 33, 1137-1149.

Veral, E. A. and R. L. LaForge (1985), "The Performance of a Simple Incremental Lot-Sizing Rule in a Multilevel Inventory Environment", *Decision Sciences*, 16, 57-71.

Wagner, H. M. and T. M. Whitin (1958), "Dynamic Version of the Economic Lot Size Model", *Management Science*, 5, 89-96.

Wemmerlöv, U. (1985), "Comments on 'Cost Increases Due to Demand Uncertainty in MRP Lot-Sizing': A Verification of Ordering Probabilities", *Decision Sciences*, 16, 410-419.

Zhao, X. and T. S. Lee (1993), "Freezing the master production schedule for material requirements planning systems under demand uncertainty", *Journal of Operations Management*, 11, 185-205.

A Study on the Safety Stock and Related Costs in MRP Systems

Jong Hyun Baek* · Sung Hong Kim**

Abstract

Master production scheduling(MPS) is one of the most important activities in production and operations planning. Many firms are using the rolling schedule and the method of freezing the MPS by the means of satisfying the changing demand and reducing the MPS instability in uncertain times. The problem of decreasing service level caused by freezing a part of MPS can be resolved by practical use of safety stock.

This research compares to hold the safety stock of finished goods only with to hold the safety stock both of finished goods and parts in multi-level MRP systems. The total cost is the lowest when the safety stock of finished goods and parts are the same quantity of standard deviation of forecast error.

* Professor, Department of Business Administration, Sogang University.
** Instructor, Department of Business Administration, Sogang University.