

품질과 생산성을 위한 작업완료시간 예측을 통한 작업투입방법

고효현¹, 백종관^{2*}

¹고려대학교 정보경영공학과, ²서일대학 산업시스템경영과

Study on Dispatching for Quality and Productivity with estimated completion time

Hyo-Heon Ko¹ and Jong-Kwan Baek^{2*}

¹Department of Information Management Engineering, Korea University

²Department of Industrial System Management, Seoil University

요약 현대의 경쟁 산업 환경에서 고객 만족은 중요한 주제이다. 따라서 품질과 생산성 향상은 아주 중요한 요소이다. 본 논문에서는 다양한 타입의 제품을 병렬기계에 투입할 때 품질을 높이면서 동시에 평균 납기 지연 시간을 최소화하는 효율적인 작업투입방법에 대하여 기술하였다. 시뮬레이션을 통해 제안하는 방법의 효율성을 비교대안과 비교하였다. 본 연구에서 개발된 방법을 통해 기업은 고객 만족도를 향상시킬 수 있을 것이다.

Abstract Customer satisfaction is a main issue in the modern competitive industrial environment. So quality and productivity are the most important requisites. This paper presents a method for effective real time dispatching for parallel machines with multi product that minimizes mean tardiness and maximizes the quality of the product. In this paper, the effectiveness of the method has been examined in the simulation and compared with other dispatching methods. Using this method presented in this paper, companies can improve customer satisfaction.

Key Words : Scheduling, Dispatching, Quality, Tardiness, Due-date, Parallel Machine

1. 서론

1.1 연구의 배경

최근 기업들은 품질 신시대(new era of quality)라는 시장 환경에서 치열한 경쟁을 하고 있다. 품질 신시대는 제품과 서비스의 품질을 가장 중요하게 생각하는 것이다. 이러한 변화 속에서 기업은 품질 향상을 통해 이윤을 높이고 경쟁력을 가지려는 노력을 하고 있다[3].

그러나 높은 품질을 가지고 있다하더라도 납기를 만족시키지 못한다면 기업의 경쟁력 상실을 초래하게 된다. 결국 치열한 현대 경쟁 산업 환경에서 품질과 납기에 대한 만족은 아주 중요한 요소가 되었다. 따라서 본 연구에서는 품질과 납기를 동시에 고려하는 작업투입방법을 연구하였다.

1.2 기존 연구

납기 문제와 관련하여 그동안 많은 연구가 있었다. 납기 만족을 목적으로 하는 일반적인 작업투입 정책은 FIFO(First in First Out), EDD(Earliest Due Date), MS(Minimum Slack), SPT(Shortest Process Time) 등이 있다. 또한 Baker and Berterand(1982)가 제안한 MDD(Modified Due Date) 규칙과 Lee and Pinedo(1997)가 제안한 ATCS(Apparent Tardiness Cost With Setup)규칙이 있다.

MDD 규칙은 EDD 규칙과 SPT 규칙을 결합하여 만든 규칙으로 식이 간단하면서도 납기기준 정렬을 통해 납기 위반을 최소화 시키는 장점을 가지고 있다. 또한 투입해야 할 작업이 증가하여 전체적인 납기위반이 높아질 때 EDD 규칙에서 자동으로 SPT 규칙으로 전환되는 장점을 가진다.

본 논문은 2008년도 서일대학 학술연구비에 의해 연구되었음

*교신저자 : 백종관(jkbaek@seoil.ac.kr)

접수일 10년 02월 02일

수정일 (1차 10년 03월 04일, 2차 10년 03월 15일)

게재확정일 10년 3월 18일

ATCS 규칙은 작업의 우선순위를 SPT 규칙, MS규칙, SST(Shortest Setup Time)규칙을 각 가중치로 결합하여 계산하고 높은 인덱스를 갖는 작업을 우선적으로 투입하게 한다. 또한 ATCS 규칙은 세가지 규칙을 기준으로 가공시간, 작업 준비시간 및 납기의 수치적 크기를 k_1 과 k_2 라는 조절계수를 통해 균등화 시켜 표현한다.

두 규칙은 납기 만족을 위한 규칙이지만 몇 가지 특징을 가지고 있다. 첫째는 다양한 규칙들의 균등한 결합이다. MDD는 SPT와 EDD의 복합 결합이고, ATCS도 SPT, MS, SST의 복합 결합이라는 점이다. 둘째는 조절 계수의 활용이다. MDD는 작업 투입을 대기하는 작업(또는 현재 공정의 납기 지연 정도)에 따라 SPT와 EDD 사이의 전환이 자동으로 반영된다. ATCS 규칙은 조절 계수 활용하여 다양한 공정 상황에서 강건함(Robustness)을 지니게 된다.

본 연구에서는 품질과 납기를 동시에 만족시켜야 한다. 따라서 품질 만족을 위한 규칙과 납기 만족을 위한 규칙을 조절하기 쉬운 가중치로 결합한 알고리즘을 개발하고자 한다.

본 연구에서처럼 품질과 납기를 동시에 고려한 연구들이 최근 등장하고 있다. 강용하 외(2007)는 다양한 타입의 제품들이 가공되는 기계에서 품질을 Rework 확률로 정의하여 품질과 납기를 Rework 확률에 따른 예상완료 시간으로 추정하여 전체납기지연 시간을 줄이는 연구를 하였다. 주어진 연구에서 품질은 Rework에 의한 납기 지연으로만 영향을 미치며 목적 함수는 전체납기지연 시간을 줄이는 것이다. 따라서 품질에 대한 질적인 차이를 해석할 수 없다.

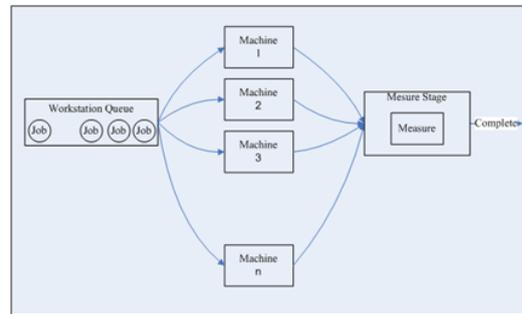
본 연구와 비슷한 환경에 대한 연구로는 고효현 외(2008)가 있다. 고효현 외(2008)에서는 본 연구에서처럼 연속적으로 발생하는 작업에 대해 실시간으로 작업투입을 수행해야하는 문제 상황에서 ATCSQ (Apparent Tardiness Cost With Setup and Quality) 알고리즘을 제안하였다. ATCSQ는 연속적으로 작업이 발생하는 상황에서 품질과 납기준수를 동시에 만족하기 위한 작업투입 방법이다. ATCSQ는 ATCS를 기반으로 만들어진 알고리즘으로 ATCS의 시간 항목에 품질 항목을 추가하여 품질 만족과 납기 준수를 동시에 고려하고 있다. 하지만 ATCSQ에서는 ATCS에서의 시간관련 항이 품질관련 항보다 많아 조절 계수 결정하는데 많은 어려움이 있으며 공장의 상황에 따라 알고리즘을 조절하기가 어렵다. 또한 ATCS의 특성에 의해 여러 기계 중에서 가장 먼저 투입되어야 하는 기계를 선택하여 고정된 후에 투입할 작업을 선택하기 때문에 전체적인 측면에서 알고리즘의 효율성이 떨어진다.

본 연구에서는 품질 만족과 납기 준수를 동시에 고려하면서 품질 만족과 납기 준수라는 두 가지 목적을 간단히 조절할 수 있고 두 목적을 효과적으로 향상시킬 수 있는 알고리즘을 개발하고자 한다.

2. 본론

2.1 문제의 정의

본 연구의 공정 상황에서는 그림 1과 같이 동종 병렬 기계에서의 문제상황으로 구성된다. $N(n = 1, 2, \dots, N)$ 개의 작업에 대한 $M(m=1, 2, \dots, M)$ 개의 동종 병렬 기계에서 고객의 요구 품질을 충족하고, 납기를 만족 시키기 위한 실시간 작업 할당 수립을 목적으로 한다.



[그림 1] 문제의 정의

기계는 각 작업에 대한 가공시간, 작업 준비시간, 가공 수준(Quality)을 가지고 있다. 그리고 이전 작업의 종류와 완료된 작업의 정보를 갖게 된다. 또한 기계의 상태 및 가공중인 작업의 시작시간(release time)등의 정보를 갖는다. 기계는 각 제품 종류에 따라 다른 가공시간을 가지며, 같은 제품에 대해서는 기계별로 동일한 가공시간을 갖는다. 그리고 작업 투입 이전의 완료된 제품과 진행하려는 제품의 종류가 다르다면, 제품의 종류에 따라 다른 작업 준비시간을 갖는다. 본 연구는 문제 상황에서 제시된 작업의 시작 가능시간, 납기, 제품별 가공시간, 순서의존적인 작업준비시간과 제품기계 별 품질 분포 등이 존재하는 작업 환경에서, 품질을 높여 고객의 요구 품질을 만족시키고 정확한 납기 예측을 통해 납기 준수가 가능하도록 생산할 수 있는 효율적인 작업 투입 방법을 제안한다.

기존 연구들에서 납기와 관련된 지표는 총 납기 지연 시간의 합, 최대 납기 지연시간, 그리고 평균 납기지연 시간 등이 있다. 하지만 작업 투입 방법에 대한 성능을 측정하기 위해서는 작업이 연속적으로 발생할 때 얼마나

효율적인 할당을 수행하는 가를 측정해야한다. 따라서 연속적으로 발생되어 완료된 작업들을 대상으로 납기성능을 대표하는 지표로 평균납기 지연시간을 사용한다. 또한 본 연구는 품질을 고려한 작업 투입을 지시하고 있다. 따라서 품질의 만족을 평가하기 위한 지표로 기존 연구에서 사용된 품질 상태를 대표하는 지표인 공정 능력지수를 사용한다[5]. 공정능력지수(Process capability index ; Cpk)란 공정의 산출물(out-put)이 품질 규격과 어느 정도 일치 하는가를 나타내는 지표이다.

2.2 Modified Due Date with Quality

고효현 외(2008)의 연구에서 ATCSQ의 방법은 품질과 생산효율 면에서 기본적인 작업투입 방법보다 우수한 것을 볼 수 있다. 하지만 기존 시간관련 항이 품질관련 항보다 많아 조절 계수 산정에 많은 어려운 문제를 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 MDDQ 규칙을 이용하여 납기와 품질에 대한 가중치 적용을 단순화시켜 효율적인 작업투입이 가능한 방법을 제안한다.

MDD 방법은 Baker and Berterand(1982)에 의해서 개발된 것으로 Lee and Pinedo(1997)가 개발한 ATCS보다 먼저 개발 되었다. 하지만 MDD의 단순한 만큼 고려대상이 납기와 가공시간만을 고려하는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 기존 MDD에 사용한 가공시간 대신 작업준비시간을 포함하는 총가공시간과 품질을 고려한 개선 방법을 제안한다.

$$I_{j,m} = \exp\left(-\frac{T_{j,m}}{\bar{p}s}\right) \exp\left(-\frac{k_1}{Q_{i,m}}\right) \quad (1)$$

$$T_{j,m} = \text{MAX}(d_j, t + p_j + s_{jt}) \quad (2)$$

$$Q_{i,m} = \text{Min}\left(\frac{USL_i - \mu_{i,m}}{3\sigma_{i,m}}, \frac{\mu_{i,m} - LSL_i}{3\sigma_{i,m}}\right) \quad (3)$$

i : 제품 타입

j : 작업 인덱스

t : 현재 시간

m : 기계 인덱스

d_j : 작업 j 의 납기

r_j : 작업 j 의 작업 시작시간

\bar{p} : 평균 가공시간

\bar{s} : 평균 작업준비시간

$I_{j,m}$: 제품 타입 i 인 작업 j 가 기계 m 에서 갖는 작업투입 인덱스

$T_{j,m}$: 작업 j 가 기계 m 에서 갖는 납기 가중치

$Q_{i,m}$: 기계 m 에서 제품 타입 i 의 품질인덱스

USL_i : 제품타입 i 의 상위 공정관리규격 한계(Upper Spec Limit)

LSL_i : 제품타입 i 의 하위 공정관리규격 한계(Lower Spec Limit)

식(1)의 첫 번째 항은 납기관련 가중치를 반영하고 두 번째 항은 품질 관련 가중치를 반영한다. 두 항의 범위는 각각 0에서부터 1로 납기 지연이 작고 품질이 높은 경우 각각 1에 근접한 값을 가진다.

식(2)은 납기관련 가중치를 MDD 규칙에 준하여 계산한다. 또한 기존 MDD 규칙에 실제 총 가공시간을 표현하도록 순서 의존적 작업준비시간(s_{jt})을 포함하였다.

식(3)은 품질 가중치인 공정능력지수(Cpk)를 구하는 것이다.

MDDQ의 항 개수는 두 개로 두 항간의 범위 조절 계수는 k_1 만을 사용한다. 또한 k_1 은 품질과 납기에 대한 동일한 가중치가 적용 되었을 때 목적함수가 최소가 되는 값이다. 즉, 각 항내의 차이를 명확히 구분하며 항간의 수치적 차이를 목적함수 대비 효과적으로 반영하는 값이다.

MDDQ는 납기와 품질에서 단순하면서도 효과적인 가중치 계산을 지원한다. 또한 기업의 전략적 변경이 손쉽게 가능하도록 지원한다. 기업의 작업 투입 정책은 수시로 바뀔 수 있다. 이러한 변화에 MDDQ는 품질과 납기에 대해 유연성을 높이면서도 효과적인 작업 투입을 지시하여 품질 향상과 생산 효율을 증대시킨다.

MDDQ의 작업 투입 절차는 다음과 같다.

[작업투입 절차]

Step 1 : 유휴 기계가 있는지 확인, 있으면 Step 2 이동

Step 2 : 대기공간에 작업이 있는지 확인, 있으면 Step 3 이동

Step 3 : 대기 공간에 있는 작업들에 대해서 가장 빠른 납기를 기준으로 정렬

Step 4 : 대기 공간의 모든 작업들에 대해서 모든 기계에 대해 식(1)을 이용하여 품질인덱스 계산

Step 5 : 대기 공간의 모든 작업들에 대해서 식(2)을 이용하여 모든 기계에 대해 추정작업완료 시간을 계산

Step 6 : 대기 공간의 모든 작업에 대해 모든 기계에 대한 MDDQ를 이용하여 작업투입 인덱스 계산

Step 7 : 대기공간에 있는 작업들에 대해서 높은 작업 인덱스를 기준으로 정렬

- Step 8 : 가장 높은 작업부터 가상 일정계획 수립
- Step 9 : 유티 기계를 선택
- Step 10 : 가상 일정계획 중 유티 기계에 할당된 작업을 선택하여 할당
- Step 11 : 다른 유티 기계가 존재한다면 Step 9로, 없다면 Step 1로 이동

3. 실험 및 결과 분석

제안된 알고리즘에 대한 객관적인 성능 평가를 위해 품질 및 납기와 관련된 기존의 우수한 작업투입 대안들을 가지고 동일한 환경에서 비교를 수행하고자 한다.

대안으로는 고효현 외(2008)의 연구에서 제안된 ATCSQ를 실용적 비교평가 대안으로 사용한다. 본 연구에서 제시한 알고리즘은 모두 C#를 이용하여 구현하였고, 펜티엄4 3.4GHz 컴퓨터에서 실험하였다.

알고리즘을 평가하기 위한 실험 조건은 고효현 외(2008)의 연구에서 ATCSQ를 실험하기 위해 제시된 방법으로 표 1과 같다. 실험에서 대상 공정은 10가지 종류의 작업 타입을 가지고, 단일 워크스테이션을 사용하며 워크스테이션의 기계는 10대로 구성된다. 기계들은 제품타입 i 에 따라 $U[40 + 15i - 5, 40 + 15i + 5]$ 의 형태로 서로 다른 가공시간의 분포를 가진다. 또한 준비시간은 이전 제품타입 l 과 투입 제품타입 i 에 따라 동일 타입인 경우는 0으로 설정하고 다를 경우 인덱스 x_{il} 을 부여하여 각 x_{il} 값에 따라 $U[15x_{il} - 5, 15x_{il} + 5]$ 인 분포에서 서로 다른 작업 준비시간을 가지며, $s_{l_j} \neq s_{j_l}$ 인 순서의존적인 준비시간으로 구성한다.

【표 1】 실험 조건

Experiment data List	Data values
Simulation Time	1000000
Number of Job types	10
Number of Machine in Workstation	10
Processing time of Job types	$U[40 + 15i - 5, 40 + 15i + 5]$
Setup time of Job types	$U[15x_{il} - 5, 15x_{il} + 5]$
Interarrival distribution	$U[1, 150]$
Specification limit	± 10
Number of simulations Seed	100
Rework entering time	5

품질 분포는 $N(\mu, \sigma^2)$ 의 정규 분포이며 공정능력지수(Cpk)값에 따라 10개의 기본 분포를 기준으로 제품타입과 기계별로 서로 다른 10가지의 분포로 세분된다. 따라서 전체 품질 분포는 10×10 매트릭스 형태로 구성된다.

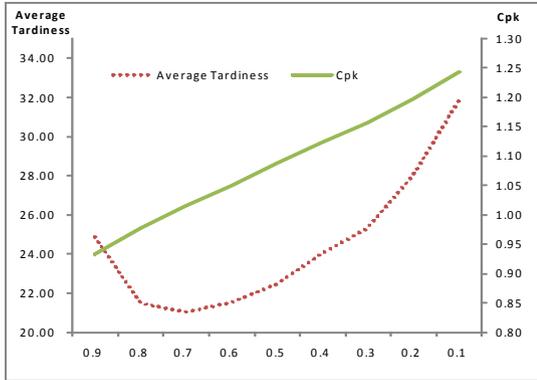
또한 공정의 품질을 일반적인 상황과 품질이 높은 상황, 품질이 낮은 상황으로 구분한 후, 품질 분포에 의해 생성될 데이터를 기반으로 대안들과의 비교평가를 수행한다. 공정 품질이 일반적인 상황은 공정능력지수가 0.1에서 2.0이 나올 수 있도록 제품과 기계 사이의 품질분포를 만드는 것이고 품질이 높은 상황은 공정능력지수가 1.0에서 2.0의 우수한 품질이 되도록 품질분포를 만들었다. 마찬가지로 품질이 낮은 상황은 공정능력지수가 0.1에서 1.0 사이가 나올 수 있도록 하였다. 따라서 일반적인 상황은 품질이 높은 상황과 품질이 낮은 상황이 평균적으로 합쳐진 것으로 두 상황을 동시에 표현한다.

【표 2】 일반적인 품질 상황에서의 실험 결과

Algorithm	Average Tardiness	Cpk	
ATCS	33.76	0.90	
MDD	33.16	0.90	
QualityRule	42.41	1.26	
ATCSQ	28.34	1.09	
MDDQ (k_1)	0.9	24.84	0.93
	0.8	21.44	0.98
	0.7	21.00	1.01
	0.6	21.49	1.05
	0.5	22.42	1.09
	0.4	24.03	1.12
	0.3	25.28	1.15
	0.2	28.03	1.20
	0.1	31.85	1.24

표 2는 일반적인 상황에서의 실험결과이다. 본 연구에서 제안한 MDDQ 알고리즘이 평균 납기 지연을 상당히 줄여줄 뿐만 아니라 공정능력지수를 상당히 높여준다는 것을 알 수 있다. 또한 ATCSQ도 상당히 좋은 결과를 보여준다. 당연한 결과겠지만 품질만을 고려하는 Quality Rule이 공정능력지수에서 상당히 좋은 값을 가진다. 하지만 MDDQ도 k_1 이 0.1일 때(품질에 대한 가중치를 높였을 때) 비슷한 값이 나오며 Quality Rule에 비해 평균 납기 지연 시간은 상당히 줄이는 것을 알 수 있다. 또한 고효현 외(2008)의 논문에서 개발된 ATCSQ와 비교했을 경우 조절 계수의 값에 따라 차이가 나며 품질과 납기를 같

은 비중으로 고려했을 때(k_1 이 0.5일 때) MDDQ는 ATCSQ와 같은 공정능력지수를 갖지만 더 좋은 평균 납기 지연 시간을 갖는다.



[그림 2] k_1 에 따른 평균 납기 지연과 Cpk

그림 2는 k_1 에 따른 평균 납기 지연과 Cpk의 결과이다. k_1 이 작아질수록(품질에 가중치를 높일수록) 공정능력지수는 커지는 것을 알 수 있으며 평균 납기 지연 시간은 포물선을 그리고 있다. 이는 ATCSQ의 논문에서와 마찬가지로 납기 위주의 정책이 진행되면 Rework 빈도가 높아져서 오히려 납기 지연을 유발할 수 있기 때문이다.

[표 3] 낮은 품질 상황에서의 실험 결과

Algorithm	Average Tardiness	Cpk	
ATCS	85.26	0.68	
MDD	82.65	0.68	
QualityRule	56.03	0.83	
ATCSQ	45.47	0.77	
MDDQ (k_1)	0.9	54.57	0.69
	0.8	44.71	0.71
	0.7	41.90	0.72
	0.6	40.60	0.74
	0.5	40.39	0.76
	0.4	40.82	0.78
	0.3	42.14	0.80
	0.2	43.94	0.81
	0.1	48.20	0.83

[표 4] 높은 품질 상황에서의 실험 결과

Algorithm	Average Tardiness	Cpk	
ATCS	15.74	1.15	
MDD	15.28	1.15	
QualityRule	34.15	1.36	
ATCSQ	16.29	1.19	
MDDQ (k_1)	0.9	11.04	1.16
	0.8	11.04	1.16
	0.7	11.03	1.16
	0.6	11.09	1.17
	0.5	11.28	1.19
	0.4	11.65	1.21
	0.3	12.35	1.24
	0.2	14.65	1.29
	0.1	19.06	1.35

표 3과 표 4는 각각 낮은 품질 상황과 높은 품질 상황에서의 실험결과이다. 낮은 품질 상황과 높은 품질 상황은 일반적인 품질 상황과 비슷한 결과를 보여주고 있다. 품질만을 고려하는 QualityRule은 공정능력지수에서 가장 좋은 값을 가지고 있으며 MDDQ에서 품질에 대한 가중치를 높이면 비슷한 공정능력지수가 되며 평균 납기 지연 측면에서는 상당히 우수한 것을 알 수 있다. ATCSQ와의 비교에서는 품질과 납기를 같은 비중으로 고려했을 때(k_1 이 0.5일 때) MDDQ는 ATCSQ와 비슷한 공정능력지수를 갖지만 조금 더 좋은 평균 납기 지연 시간을 갖는다. 낮은 품질에서 k_1 가 0.5일 때 MDDQ가 ATCSQ보다 낮은 공정능력지수를 갖지만 만약 k_1 을 0.5에서 0.6으로 높인다면 ATCSQ보다 높은 공정능력지수와 낮은 평균 납기 지연 시간을 갖는다. 이는 ATCSQ가 ATCS 규칙처럼 기계와 작업을 동시에 고려하지 못하고 투입될 기계를 먼저 선택한 후에 주어진 기계에서 투입될 작업을 선택해야 하기 때문에 모든 기계와 모든 작업을 동시에 고려하는 MDDQ 알고리즘에 비해 알고리즘의 효율성이 낮다고 할 수 있다.

4. 결론

본 연구는 제품의 품질을 최대화하고 동시에 평균 납기 지연 시간을 최소화하는 효율적인 실시간 작업투입 알고리즘을 제시하며 기존의 연구들에 비해 품질과 납기 지연에 대한 가중치를 비교적 간단하게 조절할 수 있다

는 장점을 갖고 있다.

본 연구에서 제시한 알고리즘에 대한 평가를 위해 최근에 발표된 대안 알고리즘(ATCSQ)과 실험, 비교하였다. 실험 결과에서 본 방법은 ATCSQ와 비슷한 품질을 가질 때 좀더 낮은 평균 납기 지연을 갖는 것을 알 수 있었다. 이는 ATCSQ가 기계와 작업을 동시에 고려하지 못하는 비효율성 때문에 기계와 작업을 동시에 고려하는 MDDQ 알고리즘이 근소하게나마 우위를 점할 수 있는 것으로 보인다.

또한 본 연구에서 제안한 MDDQ 알고리즘은 품질과 납기에 대한 가중치를 간단히 변경할 수 있기 때문에 실제 현장에서 품질과 납기를 동시에 고려해야 할 경우 적용하기 유용한 알고리즘이 될 것이다. 특히 현장에서 품질과 납기의 중요도가 바뀌거나 일시적으로 하나의 목적 함수로 생산해야 할 경우에도 유용하게 활용될 수 있는 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] 강용하, 김성식, 박종혁, 신현준, "Rework가 존재하는 이중병렬기계에서의 일정계획 수립", Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol 33, pp. 329-338, 2007.
- [2] 고효현, 김지현, 백준걸, 김성식, "품질을 고려한 작업투입에 관한 연구", Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol 34, pp. 108-121, 2008.
- [3] Ann, Y. J., Six Sigma and Quality Management, Parkyoungsa, 2007.
- [4] Baker, K. R. and Bertrand, J. W. M., "A dynamic priority rule for scheduling against due-dates", Journal of Operations Management, Vol 3, pp. 37-42, 1982.
- [5] Juran, J. M. and Gryna, F. M. Jr., "Quality Planning and Analysis" 2nd Edition, McGraw-Hill, 1980.
- [6] Lee, Y. H. and Pinedo, M., "Scheduling jobs on parallel machines with sequence-dependent setup times", European Journal of Operations Research, Vol 100, pp. 464-474, 1997.

고 효 현(Hyo-Hyun Ko)

[정회원]



- 2002년 2월 : 명지대학교 산업공학과 학사
- 2004년 8월 : 고려대학교 공과대학 산업공학과 석사
- 2004년 9월 ~ 현재 : 고려대학교 정보경영공학과 박사과정

<관심분야>
MIS, 생산관리, APC

백 종 관(Jong-Kwan Baek)

[정회원]



- 1994년 2월 : 고려대학교 공과대학 산업공학과 학사
- 1996년 8월 : 고려대학교 일반대학원 산업공학과 석사
- 2002년 2월 : 고려대학교 일반대학원 산업공학과 박사
- 2002년 3월 ~ 현재 : 서일대학 산업시스템경영과 교수

<관심분야>
생산관리, ERP, 공장자동화, System Optimization