

# 통계분석을 이용한 CCPM 기법에서의 버퍼 산정방법

## Buffer Sizing Method of CCPM Technique Using Statistical Analysis

유정초, 황보택근

가천대학교 일반대학원 전자계산학과

Jing-Chao Liu(gouworld@hotmail.com), Taeg-Keun Whangbo(tkwhangbo@gachon.ac.kr)

### 요약

CCPM 기법에서는 프로젝트 버퍼의 크기를 결정하기 위해 일반적으로 자르고 붙이는 방법과 루트-제곱하는 방법을 사용한다. 하지만 이러한 방법은 프로젝트의 특성을 고려하지 않고 고정된 공식을 통해서만 계산하기 때문에 버퍼의 크기가 너무 커지거나 작아지는 경우가 자주 발생했다. 본 논문에서는 위의 문제점을 해결하기 위해 이전 작업의 결과를 통계 분석하여 각 작업자에 대한 각 임무의 종류에 따른 작업의 특징을 파악하고 이를 CCPM 기법에 활용하여 해당 특징을 기준으로 버퍼 크기를 산정하는 새 방법을 제시하였다. 몬테카를로 시뮬레이션 환경에서 임무의 수, 임무의 어려운 정도 등의 요소를 반영하여 나온 결과를 비교분석 해서 본 논문에서 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 임무 수와 상관없이 안정된 완공확률을 유지할 수 있음을 확인하였다. 또한 특정 작업자가 일찍 완공할 수 있는 임무들의 경우 제안한 방법은 기존 방법보다 버퍼의 크기를 더 단축하는 것을 확인하였다.

■ 중심어 : | 애로사슬 | 프로젝트 관리 | 일정 관리 | 프로젝트 버퍼 |

### Abstract

In CCPM Technique, as the buffer size calculation method, the Cut and Paste(C&P) method and the Root Square Error (RSE) method for all tasks carried out the same treatment, without considering the actual situation and characteristics of the task, the lack of reasonable judgment, is too simple and hasty. In this paper, taking into account the limitations of existing methods, a new method of buffer sizing method based on statistical analysis was introduced. It makes statistical analysis for the relationship between each worker and a variety of tasks, and use the information to predict the next task time. In order to verify the effectiveness of the new method, according to different task difficulty and the number of tasks set up the project. Use C&P, RSE method and new methods to predict the time of the project. Through Monte Carlo Simulation to simulate the project time, a comparison of three methods of performance. The results show that the new method can achieve the managers expect the probability of completion, and for those tasks can be completed ahead of schedule, the new method can save project time.

■ keyword : | Critical Chain | Project Management | Scheduling | Project Buffer |

\* 본 연구는 2012년도 가천대학교 교내연구비 지원에 의한 결과임 (GCU-2012-R149)

접수번호 : #120702-007

심사완료일 : 2012년 07월 31일

접수일자 : 2012년 07월 02일

교신저자 : 황보택근, e-mail : tkwhangbo@gachon.ac.kr

## I. 서론

일정은 프로젝트관리의 3가지 목표인 일정, 비용, 그리고 품질 중 하나으로써 이것의 성공은 바로 다른 두 목표에 영향을 준다[1]. PERT/CPM(Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method)을 기반으로 한 전통적인 프로젝트 일정관리 기법들은 원래의 납기일을 지키지 못하거나, 투입 비용이 증가하는 등 만족스러운 결과를 얻지 못하는 문제를 안고 있다. 그 이유는 PERT/CPM이 자원의 능력을 고려하지 않고, 단지 작업의 순서에만 의존하여 일정 계획을 수립했기 때문이며, 또한 학생 증후군(Student Syndrome), 파킨스 법칙(Parkinson's Law) 등과 같은 작업자의 행태에 대한 인식이 부족했기 때문이다[2].

Goldratt 박사는 이러한 문제점을 해결하기 위한 대안으로 제약 이론(Theory of Constraints)을 기반으로 하는 CCPM기법을 제시했다[3]. 이 기법은 작업순서를 만족하면서도 자원을 중복 사용하지 않는 공정들로 구성된다. 또한 불확실성에 대비한 각 작업에서의 여유시간을 수립하여 버퍼(buffer)라고 정의한 후 프로젝트에 참여하는 모든 작업자가 공동으로 활용할 수 있도록 하였다. 이 버퍼는 작업 중 발생하는 예기치 못한 상황에 대비하기 위한 것이다. CCPM기법에서는 프로젝트 버퍼의 크기를 결정하기 위해 일반적으로 자르고 붙이는 방법(The Cut And Paste Method, C&P)과 루트-제곱하는 방법(The Root-Square-Error Method, RSE)을 사용한다. 하지만 이러한 방법은 프로젝트의 특성을 고려하지 않고 고정된 공식을 통해서만 계산하기 때문에 버퍼의 크기가 너무 커지거나 작아지는 경우가 자주 발생했다[4].

그래서 최근 몇 년간 버퍼의 크기 산정에 대한 연구가 많이 나왔다. Yang Li-xin은 시뮬레이션을 통해서 기존 두 방법의 성능을 분석했다[5]. Ma Li 등의 연구원은 자원의 제약을 기반으로 루트-제곱 방법의 개선 방안을 제안했다[6]. 그리고 임무의 복잡도 및 위험성 요소를 고려한 버퍼의 크기를 산정하는 방법도 나왔다[7].

본 논문에서는 이전 작업의 결과를 통계 분석하여 각

작업자에 대한 각 임무의 종류에 따른 작업의 특징을 파악하고 이 특징을 기준으로 버퍼 크기를 산정하는 새 방법을 제시하였다. 제안한 방법을 평가하기 위해 몬테 카를로 시뮬레이션[8] 환경에서 임무의 수, 임무의 어려운 정도 등의 요소를 반영하여 나온 결과를 비교분석하였다. 평가 결과 본 논문에서 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 임무 수와 상관없이 안정된 완공확률을 유지할 수 있음을 확인하였다. 또한 특정 작업자가 일찍 완공할 수 있는 임무들의 경우 제안한 방법은 기존 방법보다 버퍼의 크기를 더 단축하는 것을 확인하였다.

## II. 관련연구

### 1. PERT/CPM 기법

PERT/CPM 기법이란 프로젝트를 구성하는 각 분야를 보다 세분화된 작업 단위인 임무(activity)로 분할하여 작업의 순서, 소요기간, 기타 제반사항들을 네트워크 형태로 표시함으로써, 주 공정 및 여유 공정을 산출하여 중점관리 대상 작업을 명확히 하고, 공정기간지연의 사전 예방, 공정기간단축 등 효율적인 일정관리를 도모하기 위한 것이다[9].

#### 1.1 3점 추정법

PERT/CPM에서는 작업 시간을 추정할 때 불확실성을 반영하기 위하여 다음 [그림 1]과 같이 3점 추정법을 사용하여 소요시간을 산정한다. 3점으로 이루어진 활동시간의 분포는 양쪽으로 균형이 잡힌 정규분포보다는 오른쪽으로 완만한 기울기로 길게 늘어진 베타분포에 가깝다.

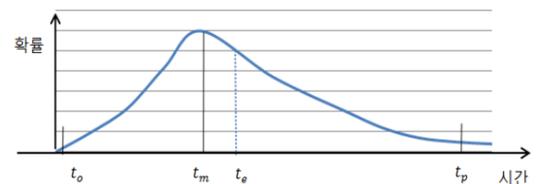


그림 1. 현실적인 베타분포

이 3점은 가장 낙관되는 추정시간(Optimistic time:  $t_o$ ), 가장 가능한 추정시간(Most likely time,  $t_m$ )과 가장 비관되는 추정시간(Pessimistic time,  $t_p$ )이다. 보통 이들 세 추정시간을 평균하여 추정된 소요시간을 산출하게 되는데, 해당 평균값을 신뢰할 수 있는 가능추정시간( $t_e$ ) 또는 평균 추정시간( $t_{50\%}$ )이라고 한다[10]. 일반적으로 PERT/CPM 기법에서는  $t_m$ 을  $t_o$ 나  $t_p$ 에 비하여 중요시하여  $t_o$ 와  $t_p$ 의 비중을 각각 1이라고 할 때  $t_m$ 의 비중을 4로 보아 산출평균을 구해서 평균 추정시간을 식(1)과 같이 계산하고 있다.

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6} \quad (1)$$

여기서 그 분포범위( $t_o$ 와  $t_p$ 차에 따른 변동범위)의 정도를 ‘분산도’라는 말로 표현한다. 즉, 분산도(분포범위  $t_o$ 와  $t_p$ 의 차)가 크면 클수록 그 임무 자체나 완료에 소요되는 시간에 대한 불확실성이 크다는 것을 나타내게 되는 것이다. 분산도는 보통  $\sigma^2$ 으로 나타내며 식(2)에서와 같이 이를 정의한다. 즉 평균 추정시간( $t_e$ )을 구할 때는 가장 가능한 추정시간  $t_m$ 을 중요했지만, 분산도( $\sigma^2$ )는 분포의 범위를 구하는 것이기 때문에  $t_m$ 에는 전혀 관계가 없고  $t_o$ 와  $t_p$ 에만 관계가 있는 것이다. 즉  $t_e$ 가 서로 다른 경우라도 이러한 분산도를 이용하면 분포의 정도를 파악할 수 있는 것이다.

$$\sigma^2 = \left(\frac{t_p - t_o}{6}\right)^2 \quad (2)$$

### 1.2 완공확률 추산

어느 임무에 대하여 예정(또한 계약, 지시)된 기간 안의 공정기간을 지킬 수 있는 확률을 계산하기 위해서는 우선 첫 단계로 확률계수를 계산해야 한다. 그 계산식은 식(3)과 같다[11].

$$Z = \frac{T_S - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_{T_E}^2}} \quad (3)$$

$T_S$ 는 예정, 계약 또는 지시기간이고  $T_E$ 는 모든 임무 평균 추정시간이고, 그리고  $\sum \sigma_{T_E}^2$ 는 그 임무의  $T_E$ 을 계산하는 데 쓰이는 모든 임무의 분산의 값.

Z의 값에 대한  $P_R$ 의 값을 바로 찾아 낼 수 있는 표준 정규분포편차표에서는 Z의 값이 구해지면 이 표에서  $P_R$ 의 값을 찾을 수 있게 된다.

### 1.3 불확실성

PERT/CPM에서는 불확실성을 관리하기 위해서 임무 내에 여유시간을 두고 있다. 하지만 기존의 방법으로는 불확실성을 관리할 수 없고 오히려 과도한 여유시간으로 인해 일정이 늘어나게 되는 부작용을 발생시킨다. 프로젝트 불확실성을 관리하기 어려운 이유는 크게 학생 증후군, 파킨스 법칙의 두 가지 현상으로 설명된다[9][12].

학생 증후군은 학생들이 어떤 과제에 주어진 시간을 다 보낸 다음 다급해진 상황에서 숙제를 시작하는 경향을 말한다[1]. [그림 2]와 같이 학생들은 보통 숙제 마감일을 기준으로 계획을 세우기 때문에 즉시 일을 시작하는 것이 아니라 여유시간을 생각해서 나중에 시작한다. 이 때 예상치 못한 문제가 생기면 작업을 완료하지 못하게 된다. 비단 학생들뿐 아니라 일반인들도 마찬가지로 현상을 보인다.

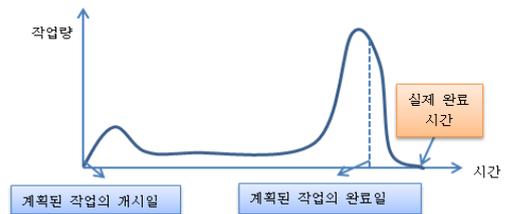


그림 2. 학생증후군 예시

파킨스 법칙은 작업자가 임무를 조기에 시작하거나, 종료할 수 있음에도 불구하고 여유시간을 모두 사용하여 정해진 시작일과 종료일에 맞추어 작업을 한다는 것이다[2]. 이는 인간의 본성에 관한 내용으로 어떤 일을 하는데 주어진 시간은 모두 사용하려는 경향을 의미한다. 어떤 일에 10일의 시간이 할당되었다면 8일에 끝낼

수 있어도 10일간의 시간을 꼭 채운다는 것이다.

## 2. CCPM 기법

제약이론을 기반으로 한 CCPM은 PERT/CPM과 달리 불확실성에 대비한 각 임무에서의 여유시간을 수집하여 버퍼라고 정의한 후 프로젝트에 참여하는 모든 작업자가 공동으로 활용할 수 있도록 하였다[13].

버퍼는 작업 중 발생하는 예기치 못한 상황에 대비하기 위한 것이며 주로 프로젝트 버퍼(Project Buffer, PB), 공급 버퍼(Feeding Buffer, FB)와 자원 버퍼(Resource Buffer, RB) 3 가지로 이루어진다[14]. [그림 3]에서 1->4->6->8을 보면 여유시간이 없는 현상을 보이며 화살표로 표시된 임무들을 애로사슬이라 부른다. 애로사슬에서 모든 여유시간의 절반을 임무8의 뒤에 붙이고, 이곳을 프로젝트 버퍼라 한다. 애로사슬이 아닌 작업에도 공급 버퍼라는 것을 두어 비 애로사슬의 작업 지연으로부터 애로사슬의 작업 일정을 맞추는데 사용한다. 자원버퍼는 애로사슬의 작업에 필요한 자원이 준비되지 못하여 작업이 늦어지는 것을 막기 위한 일종의 조기 경보장치이다.



그림 3. 버퍼를 이용한 애로사슬 일정도

### 2.1 버퍼 사용시 장점

#### 1) 작업 기간 단축

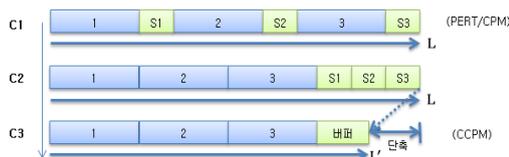


그림 4. 작업 기간 단축 예시

[그림 4]와 같이 각 작업에 따로 여유시간을 포함하는 PERT/CPM기법보다 각 작업에서 여유시간을 수집

하여 모든 작업자가 공동으로 활용할 수 있는 버퍼를 사용하면 시간을 단축할 수 있다. 여기에 연속성이 있는 임무1, 2, 3 중에 선행임무가 일찍 완료되면 뒤의 임무가 기다리지 않고 바로 수행 할 수 있다. 그러므로 버퍼의 크기는  $S_1, S_2, S_3$ 을 합한 값 보다 작거나 같게 된다.(버퍼의 크기  $\leq (S_1 + S_2 + S_3)$ )

#### 2) 일정에 맞추어 완료할 확률 증가

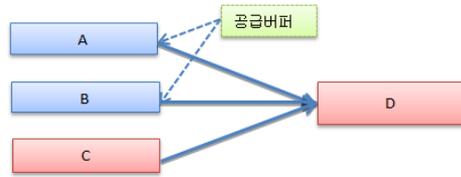


그림 5. 완료할 확률 증가 예시

[그림 5]와 같이 C->D는 애로사슬(Critical Chain)이고 A->D, B->D는 비 애로사슬(Non Critical Chain)인 경우 임무A, B, C가 계획된 시간 안에 완공될 확률이 0.8이면 임무D가 제 시간에 시작할 확률은  $0.8^3$ 이다. 하지만 A->D, B->D간에 공급 버퍼를 추가하면 임무 A, B는 일찍 시작할 수 있으며 완공확률도 증가하게 된다. 그래서 임무D 또한 제 시간에 시작할 확률이 증가하게 된다.

## 2.2 프로젝트 버퍼

PERT/CPM기법에서 프로젝트 경로들 중 가장 긴 경로로 전체일정을 결정하는 주경로가 중요한 것처럼 애로사슬도 CCPM 기법에서의 프로젝트 일정 계획 및 관리의 핵심적인 문제이다. 특히 프로젝트 버퍼는 애로사슬의 맨 뒤에 있어 프로젝트의 완공시간에게 직접적인 영향을 준다. 따라서 프로젝트버퍼의 크기를 정하는 것이 가장 중요하다.

### 2.2.1 프로젝트 버퍼의 크기

CCPM기법 중에서 주로 자르고 붙이는 방법과 루트-제공하는 방법을 사용한다[4].

1) 자르고 붙이는 방법: 
$$BS = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n D_k$$

2) 루트-제공하는 방법:  $BS = \sqrt{\sum_{k=1}^n D_k^2}$

$D = (t_{90\%} - t_{50\%})$  ( $t_{90\%}$ 는 안정 추정시간이고  $t_{50\%}$ 는 평균추정시간이다), 여기서 k는 각 임무의 순서를 나타내는 번호이고 BS(Buffer Size)는 버퍼의 크기이다.

두 방법을 보면 프로젝트 임무의 특징과 작업자의 능력 등 문제를 고려하지 않고 각각 일정한 공식을 사용하여 계산하기 때문에 어느 방법을 사용하더라도 모든 사람에 대해 다 동일한 작업 시간으로 계산이 된다.

2.2.2 전통 방법의 문제점

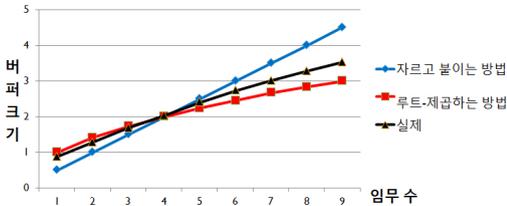


그림 6. 임무 수기 다른 경우에 각 방법의 경향 예시

[그림 6]을 보면  $D_k$ 가 다 1인 경우에 선후관계가 있는 임무의 수가 더 많으면 많을수록 두 방법으로 계산된 프로젝트 버퍼 크기의 차이가 더 증가한다. 위의 두 방법은 프로젝트의 특성을 고려하지 않고 고정된 공식으로 버퍼의 크기를 정하이 때문이다. 그래서 해당 공식 자체의 이러한 경향 때문에 버퍼의 크기가 너무 크거나 작은 경우가 많이 발생한다[5][6].

III. 버퍼 크기를 산정하는 새로운 방법

1. 제안 배경

PERT/CPM 기법에서 전체 프로젝트의 예정시간이 있으면 식(3)을 통해서 확률 계수를 계산하고 프로젝트 완공 확률을 알 수 있다. CCPM 기법에서 프로젝트의 예정시간은 평균 추정시간과 프로젝트 버퍼의 크기를 더하는 것이다. 그래서 식(3)은 아래 식(4)의 형태로 변환할 수 있다.

$$Z = \frac{T_S - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_{T_E}^2}} = \frac{(T_E + PB) - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_{T_E}^2}} = \frac{PB}{\sqrt{\sum \sigma_{T_E}^2}} \tag{4}$$

식(4)을 보면 프로젝트 버퍼의 크기는  $PB = \sqrt{\sum (Z \cdot \sigma_{T_E})^2}$ 로 표시할 수 있다.  $\sigma_{T_E}$ 은 애로사슬에 각 임무의 표준 편차이고 Z는 확률 계수이다. 그래서 확률계수 Z는 완공의 확률을 결정할 뿐만 아니라 버퍼의 크기에 많은 영향을 줄 수 있어서 적당한 확률계수 Z가 프로젝트에게 더 좋은 결과를 줄 수 있다 즉, 원하는 완공의 확률을 지정하면 확률계수 Z를 확인할 수 있고 그 완공확률을 만족하는 버퍼의 크기를 어느 정도로 정해야 하는 지 알 수 있다. CCPM기법을 제시한 Goldratt 박사는 안정적인 완공시간은 완공 확률이 85%~95%인 경우에 가장 적합하다고 제시하였다[2]. 논문에서 쓰는 완공 확률은 90% 기준으로 사용한다. 이때 Z의 크기는 최소 1.29를 만족해야 한다. 그래서 이러한 이상상태의 프로젝트 버퍼의 크기는  $PB = \sqrt{\sum (Z_{90\%} \cdot \sigma_{T_E})^2} (= \sqrt{\sum (1.29 \cdot \sigma_{T_E})^2})$ 가 된다.

그러나 실제 작업자의 능력 및 수준을 고려하지 않고 모든 임무의 버퍼 크기를 다  $1.29\sigma$ 로 설정하면 사실과 맞지 않는다. 왜냐하면 작업자의 수준이 다르면 그 작업 시간 분포의 범위와 추세도 다르기 때문이다.

2. 제안 방법

제안 방법의 내용은 다음 순서로 수행된다.

- 1) 모든 임무를 종류별로 나누고 각 작업자에 대해 각 임무별 실제 사용한 버퍼의 Z값을 계산한다.
- 2) 원하는 완공 확률  $\chi\%$ 을 지정하고 계산된 결과 중에 이 완공 확률을 만족하는 최소 확률계수  $Z_{\chi\%}(W; T) (P_R[z \leq Z_{\chi\%}(W; T)] \geq \chi\%, W:작업자, T:임무 종류) 값을 확인한다.$
- 3) 임무 작업시간을 추정할 때 그 임무(들)의 표준편차  $\sigma$ 을 계산하고  $Z_{\chi\%}(W, T)$  값을 곱하면 버퍼의 크기를 알 수 있다. 즉, 식(5)과 같이 표현된다.

$$PB = \sqrt{\sum [Z_{90\%}(W, T) \cdot \sigma_{T_e}]^2} \quad (5)$$

[표 1]은 참고로써 이전에 작업자 ( $W_a, W_b, W_c$ )가 서로 다른 종류( $T_A, T_B, T_C$ )의 작업할 때 예정시간 안에 작업을 완료할 수 있는 확률이 90% 이상 ( $P_R[z \leq Z_{90\%}(W, T)] \geq 90\%$ )에 이르게 하면 필요한 최소 확률 계수의 값에 대해 통계 분석한 결과이다:

표 1. 완공확률이 90%이상에 필요한 확률계수의 값

$Z_{90\%}(W, T)$	$T_A$	$T_B$	$T_C$
$W_a$	1.25	0.77	1.85
$W_b$	1.72	1.35	0.98
$W_c$	1.02	1.26	1.65

확률계수  $Z_{90\%}(W, T)$ 을 이용하여 식(5)를 통해 작업자의 예정된 시간에 완공 확률이 90%를 넘을 때 필요한 버퍼의 크기를 계산할 수 있다. [표 1]을 보면 사람마다 각 종류의 임무를 했을 때 필요한 버퍼의 크기는 큰 차이를 보인다.

예를 들어 작업자  $W_a$ 과  $W_b$ 는 같은  $T_B$ 임무( $t_o, t_m, t_p$ : 10, 15, 22)를 작업하면 각 버퍼의 크기와 추정된 시간은 아래 계산 결과와 같다.

$$\text{평균작업시간} \mu = t_c = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6} = 15.33$$

$$\text{표준편차} \sigma = \frac{t_p - t_o}{6} = 2.00$$

1)  $W_a$ 의 버퍼크기 =  $Z_{90\%}(W_a, T_B) \times \sigma = 1.54$

$W_a$ 의 추정작업시간 = 16.87

2)  $W_b$ 의 버퍼크기 =  $Z_{90\%}(W_b, T_B) \times \sigma = 2.70$

$W_b$ 의 추정작업시간 = 18.03.

작업자  $W_a$ 와  $W_b$ 에 대해 추정작업시간의 차이가 1.16일을 보인다.  $T_B$ 임무를 하면 작업자  $W_b$ 보다 작업자  $W_a$ 가 더 빠른 편이다.

#### IV. 시험 및 평가

제안한 방법의 유효성을 검증하기 위해 본 논문의 실험은 몬테카를로 시뮬레이션을 이용하여 완공확률이 정규분포에 맞는 가상 시뮬레이션환경에서 실행하고 제안한 방법을 사용하여 나오는 결과는 자르고 붙이는 방법 및 루트-제공하는 방법을 사용하여 나오는 결과와 비교 분석하였다.

실험 중에 기대한 완공 확률은 관리자가 원하는 것으로 정할 수 있고 여기에 90% 기준 즉, 확률 계수를 1.29로 정의한다. 실험의 데이터는 아래 [표 2]와 같다. ( $Z_{90\%}(W, T)$ 는 작업자  $W$ 가 임무 $T$ 를 작업할 때 결과 중에 90% 완공 확률을 만족한 최소 확률 계수이다.)

#### 1. 평가 기준 및 방법

실험 중에 기대한 완공 확률은 관리자가 원하는 것으로 정할 수 있고 여기에 90% 기준 즉, 확률 계수를 1.29로 정의한다. 실험의 데이터는 아래 [표 2]와 같다. ( $Z_{90\%}(W, T)$ 는 작업자  $W$ 가 임무 $T$ 를 작업할 때 결과 중에 90% 완공 확률을 만족한 최소 확률 계수이다.)

표 2. 확률계수가 다른 그룹의 실험 데이터

그룹1 $Z_{90\%}(W, T) < 1.29$	그룹2 $Z_{90\%}(W, T) \approx 1.29$	그룹3 $Z_{90\%}(W, T) > 1.29$
$Z_{90\%}(W_c, T_A)$	$Z_{90\%}(W_a, T_A)$	$Z_{90\%}(W_b, T_A)$
$Z_{90\%}(W_a, T_B)$	$Z_{90\%}(W_b, T_B)$	$Z_{90\%}(W_a, T_C)$
$Z_{90\%}(W_b, T_C)$	$Z_{90\%}(W_c, T_B)$	$Z_{90\%}(W_c, T_C)$

[표 2]는 [표 1]중에 완공 확률이 90%인 경우에 작업자와 임무 종류의 대응 관계를 3 그룹으로 나눈다. 그룹 1은 확률 계수 $Z$ 가 1.29보다 작은 것이며 작업자가 항상 일찍 완공할 수 있는 임무들을 의미한다, 그룹 2는 확률 계수 $Z$ 가 1.29와 가까운 것이며 작업자가 정상적으로 완공할 수 있는 임무들을 의미한다. 또한 그룹 3은 확률 계수 $Z$ 가 1.29보다 큰 것이며, 작업자가 항상 일찍 완공할 수 있는 임무들, 작업자가 정상적으로 완공할 수 있는 임무들을 의미한다. 또한 작업자가 항상 늦게 완공할 수 있는 임무들을 의미한다.

실험 방법은 아래 순서와 같다:

- 1) 각 그룹에서 한 개나 여러 개의 대응 관계를 무작위로 선택하고 임무의 개수가 2, 5, 10, 20일 때의 에로사슬을 따로 구성한다.
- 2) 각 에로사슬중의 각 임무에게 PERT기법의 3점 시간, 즉 낙관되는 추정 시간, 가장 가능한 추정시간과 비관되는 추정 시간을 정한다.
- 3) 식(1), 식(2)을 통해서 각 임무의 평균 추정 시간과 표준 편차를 계산할 수 있다.

- 4) 각 방법을 이용하여 프로젝트 버퍼의 크기를 계산한다.
- 5) 각 애로사슬에서 임무의 속성에 따라 프로젝트의 완공시간을 정규분포에 따라 무작위로 생성한다.
- 6) 그 생성된 프로젝트의 완공시간 안에 프로젝트의 완공 확률에 대한 통계를 수행한다.

본 논문에서 각 방법을 이용하여 계산한 버퍼의 크기와 실제 완공할 수 있는 확률에 대해 평가한다.

## 2. 실험 경과 및 분석

각 프로젝트의 완공시간에 대한 무작위 데이터를 2000회 반복 생성하며 실험 결과가 [그림 5]와 같다. PB Size는 해당 프로젝트 버퍼의 크기이며 해당 수치는 일별 PB Size를 나타낸다. 또한 P%는 계산된 완공 확률이다.

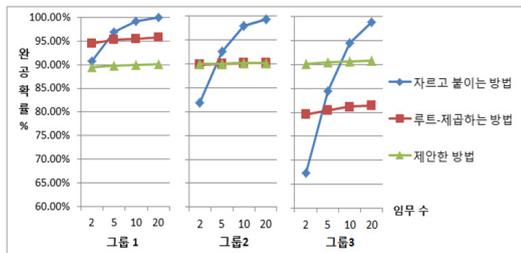


그림 7. 3 그룹에서 각 방법의 완공확률 비교

[그림 7]에서 자르고 붙이는 방법은 총 임무의 수가 다르면 완공확률의 차이가 아주 많은 것을 볼 수 있다. 루트-제공하는 방법은 안정된 완공확률을 유지할 수 있지만 그룹1, 3에서 평균 완공확률은 큰 차이가 있다. 즉, 작업자가 항상 일찍 완공하거나 항상 늦게 완공할 때 루트-제공하는 방법의 완공확률은 차이가 많다. 제안한 방법은 결과 중에 완공확률이 90%를 만족한 확률 계수를 사용하는 경우에 실제 완공확률은 원하는 90%에 접근할 뿐만 아니라, 임무 수와 상관없이 안정된 완공확률을 유지할 수 있음을 볼 수 있다. 그리고 그룹 1인 경우에 작업자가 항상 일찍 완공할 수 있는 임무들에 대한 기존 방법보다 버퍼의 크기를 더 단축할 수 있는 것을 확인하였다.

## V. 결론

PERT/CPM 기법은 50여 년 동안 꾸준히 일정관리 기법으로 사용되어 왔으나 점점 복잡해지는 프로젝트에 계속 적용하기에는 문제점을 가지고 있다. 이는 자원의 능력을 고려하지 않고, 단지 작업의 순서에만 의존하여 일정 계획을 수립했기 때문이며, 또한 학생 증후군, 파킨스 법칙 등과 작업자의 행태에 대한 인식이 부족했기 때문이다.

본 논문에서는 제약이론을 기반으로 한 CCPM 기법을 상세하게 기술하였다. 이 기법에서 가장 중요한 버퍼 크기를 정하는 방법에 있어, 기존의 자르고 붙이는 방법과 루트-제공하는 방법을 설명하였고, 이러한 방법들이 프로젝트의 특성을 고려하지 않아서 생기는 버퍼의 크기가 너무 커지거나 작아지는 등의 단점을 분석하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 이전에 작업의 결과를 통계 분석하여 확률 계수를 통해서 각 작업자와 각 종류 임무의 대응 관계를 파악하고 이 특징을 기준으로 버퍼 크기를 산정하는 새 방법을 제시하였다.

제안한 방법을 평가하기 위해 몬테카를로 시뮬레이션을 이용하여 시뮬레이션환경을 구축하였다. 이 환경에서 제안한 방법을 사용하여 나온 결과와 기존 방법을 사용하여 나온 결과를 비교 분석하였다. 평가 결과 본 논문에서 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 실험 결과 중에 완공확률이 90%를 만족한 확률계수를 사용하는 경우에 실제 완공확률은 원하는 90%에 접근할 뿐만 아니라 임무 수와 상관없이 안정된 완공확률을 유지할 수 있음을 확인하였다. 또한 특정 작업자가 일찍 완공할 수 있는 임무들의 경우 기존방법보다 제안한 방법이 버퍼의 크기를 더 단축하는 것을 확인하였다.

## 참고 문헌

- [1] 김현수, 안연식, 김동수, *프로젝트관리*, 전자신문사, 2005.
- [2] 강창욱, 심창생 등 지은, *경쟁우위 확보를 위한 프로젝트 관리학*, 도서출판 북파일, 2008.

[3] Goldratt, *Critical Chain*, North River Press, 1997.

[4] O. Tukul, W. Rom, S. Eksioglu, An Investigation of Buffer Sizing Techniques in Critical Chain Scheduling[J], *European Journal of Operational Research*, Vol.172, No.2, 2006.

[5] L. X. Yang, S. Q. Li, X. B. Huang, and T. Peng, "A Buffer Sizing Approach in Critical Chain Scheduling with Attributes Dependent," *Industrial Engineering and Management*, No.1, pp.11-13, 2009.

[6] L. Ma, Z. L. Guan, M. He, X. Y. Shao, "Research on the adaptive buffer sizing method based on the critical chain theory," *J.Huazhong Univ. of Sci. & Tech. (Natural Science Edition)*, Vol.36, No.11, pp.80-82, 2008.

[7] C. C. Chu, "Buffer sizing and critical chain project management," *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol.14, No.5, 2008.

[8] <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=4195>

[9] 신기영, *CCPM 일정관리 기법의 조선산업 적용 방안에 관한 연구*, 부산대학교, 공학석사학위, 2009.

[10] 鄭福圭, *PERT.CPM과 工程管理*, 貿易經營社, 1978.

[11] 郭桂煥, *PERT 理論과 實際 合理的인 工程管理 技法*, 건설연구사, 1986.

[12] 이동근, *CCPM에서의 버퍼관리에 대한 연구*, 울산대학교, 공학석사 학위, 2011.

[13] W. Herroelen, *Critical Chain Project Scheduling: Do Not Oversimplify*[J], *Project Managemetn Journal*, Vol.12, 2002.

[14] <http://www.goldratt.co.uk/resources/>

저 자 소 개

유 정 초(Jing-Chao Liu)

준회원



- 2010년 8월 : 경원대학교 IT대학 전자거래학과 졸업(학사)
- 2010년 9월 ~ 현재 : 가천대학교 일반대학원 전자계산학과(석사관정)

<관심분야> : 프로젝트관리, 모바일 프로그래밍, 웹 프로그래밍

황보 태근(Taeg-Keun Whangbo)

정회원



- 1983년 : 고려대학교 공과대학 졸업(학사)
- 1987년 : CUNY 전산학과 졸업(석사)
- 1995년 : Stevens Institute of Technology 전산학과 졸업(박사)

▪ 1997년 : 삼성종합기술원 선임연구원  
 ▪ 1997년 ~ 현재 : 가천대학교 IT대학 교수  
 <관심분야> : 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터그래픽스, 3D 게임엔진