

# 신제품 개발 프로젝트 일정관리기법

안 태 호\*

## 〈 목 차 〉

I. 서론	IV.결론
II. 모형	참고문헌
III. 기법소개	Abstract

## I. 서론

경영과학 분야에서 학문적 성과가 적지 않음에도 불구하고 경영과학기법이 현실적으로는 많이 활용되지 못하고 있다. 연구 자원이 빈약한 우리나라의 실정을 고려할 때, 현장에서 활용되지 못하는 학문적 성과는 그 가치가 높게 평가되기 어렵다. 그러므로 경영과학 분야에서의 연구는 이론적 탁월성뿐만 아니라 현장에서의 적용성을 높이기 위한 노력에도 많은 관심을 기울여야 한다.

본고는 연구개발 분야에서 많은 관심을 가지고 있는 신제품 개발 일정관리 문제를 다루고자 한다. 이론적인 측면에서 보면, 신제품 개발 일정관리 문제는 프로젝트 일정관리의 한 특수 분야에 속한다. 일반적으로 프로젝트 일정관리 연구분야에서 주 대상은 확정적인 프로젝트 네트워크이다. 다시 말해 프로젝트를 구성하고 있는 활동들이 사전에 잘 알려져 있으며, 활동들 간에 존재하는 선행관계가 확정적인 경우를 주로 다룬다. 그렇지만 신제품 개발에서는 개발 과정에서 수행하여야 할 활동들이 달라지고 하고 활동들 간의 선행관계가 변경되기도 한다. 그러므로 일반적인 프로젝트 일정 문제와 신제품 개발 일정 문제의 가장 커다란 차이

\* 숭실대학교 경영학부 부교수

점이란 프로젝트의 네트워크가 확정적인가 아니면 조건부인가에 있다고 할 수 있다. 프로젝트의 네트워크가 확정적인가 아니면 조건부인가에 따라 지금까지의 연구의 방향은 다르다. 프로젝트의 네트워크가 확정적인 경우에는 다음과 같은 이슈들이 다루어져왔다. ① 활동을 수행하는 대안이 복수인 경우(Talbot, 1982), ② 활동을 수행하는 데 필요한 자원을 고려(Demeulemeester & Herroelen, 1992), ③ 활동을 수행할 때 기간과 비용의 Tradeoff를 고려(Tufekci, 1982), ④ 프로젝트의 Cash Flow를 고려한 일정(Icmeli, 1992). 이 분야에서의 연구는 개별 이슈만을 다루었는가 또는 어떤 이슈들의 조합을 다루었는가에 따라 분류될 수 있다. 한편 프로젝트의 네트워크가 조건부인 경우에는 소위 GERT로 불리는 분야에서 집중 연구되었는데, 프로젝트의 각종 확률적 분석에 치중되었다.

본고에서 다루고자 하는 문제는 프로젝트의 네트워크가 조건부적인 상황에서 프로젝트의 일정을 개발하고 프로젝트의 각종 속성을 분석하는 기법에 관한 것으로서, 상기 언급한 두 부류의 프로젝트 일정 문제들의 통합이란 성격을 갖는다.

## II. 모 형

프로젝트에는 총  $I > 0$  개의 활동들이 있으며, 활동들 간의 관계를 규정하는 선행관계는 확정적인 것도 있고 조건부적인 것도 있다고 가정한다. 활동 0과  $I+1$ 은 프로젝트의 시작과 종료를 의미하는 가상활동(dummy activity)들이다.

활동들은 경우에 따라 반드시 실행되어야만 할 수도 있고, 경우에 따라서는 실행될 필요가 없을 수도 있다고 가정한다. 예를 들어, 테스트 제품에 문제가 있다면 재작업이 필요할 수도 있지만, 테스트 제품이 완벽하다면 재작업이 불필요할 수도 있다. 활동들은 복수의 대안을 가질 수 있다고 가정한다. 대안의 예를 들어 보자. 어떤 활동을 자체적으로 수행할 때와 외주를 주어 수행할 때의 기간과 비용, 그리고 자체 인력의 투입 정도는 달라진다. 활동을 수행하는 데 소요되는 기간과 비용은 어떤 대안을 선택하느냐에 의해 달라질 뿐만 아니라 대안 내에서도 추가적인 자원이나 비용의 투입을 통한 기간단축(Crashing)에 의해서도 달라진다. 예를 들어, 어떤 활동을 자체 수행할 때도 근무시간의 연장을 통해 활동의 수행기간이 단축될 수 있으며 이에 따라 비용 또한 증가하게 된다.

프로젝트에는 프로젝트 만기일(Due Date)이 존재하며, 만기일보다 프로젝트가

지연된다면 일정 Penalty가 부과된다고 가정한다.

프로젝트 기간 동안 가용한 인력, 예산 등의 자원의 양은 알려져 있으며 가용한 자원의 양을 초과하는 일정 수립은 불가능하다고 가정한다.

본 모형은 Ahn & Erenguc(1998)의 모형의 확장에 속한다. Ahn & Erenguc(1998)은 본 논문의 모형과 유사한 문제를 다루었는데, Ahn & Erenguc(1998)의 문제에서는 프로젝트를 구성하고 있는 활동들이 확정적이고 활동들 간의 논리적 관계도 확정적인데 반하여, 본 논문에서는 활동 자체 및 활동들 간의 논리적 관계가 확률적이라는 차이가 있다. 본 논문의 수리적 모형은 활동 리스트 및 활동들 간의 논리적 관계가 확률적이라는 차이 이외에는 Ahn & Erenguc(1998)의 수리적 모형과 동일하므로, 수리적 모형에 관한 자세한 소개는 생략한다.

Ahn & Erenguc(1998)의 모형에서 사용한 가정과 다른 주요 가정들을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 활동들 중 실행여부가 확률적인 활동들이 존재한다. 실행 여부가 확률적인 활동들의 집합을  $A$ 라고 정의한다. 다시 말해, 활동  $j$ 가 집합  $A$ 에 속한다면, 활동  $j$ 의 실행여부는 확률적이다.
- 2) 집합  $A$ 에 속한 활동들의 실행여부는 그 활동과 관련이 있는 활동의 종료시점에 알 수 있다. 이를 명확히 하기 위해, 활동  $i$ 의 종료 시점에 실행 여부를 알 수 있는 활동들의 집합을  $B(i)$ 라 정의한다. 즉, 활동  $j$ 가  $B(i)$ 에 속한다면, 활동  $j$ 의 실행여부는 활동  $i$ 의 종료시점에 알 수 있다. 또한 활동  $j$ 의 실행 여부를 결정하는 활동은  $\overline{B}(j)$ 로 표기한다. 만약 활동  $j$ 가  $B(i)$ 에 속한다면,  $\overline{B}(j)$ 는  $i$ 이다.
- 3)  $B(i)$ 에 속한 활동들의 실행 여부에 관한 확률은 사전에 알려져 있다.
- 4) 만약 활동  $i$ 가 실행될 필요가 없다면,  $B(i)$ 에 속한 활동들은 모두 실행되지 않는다.
- 5) 활동 간의 선행관계들 중 확률적으로 적용되는 선행관계가 존재한다. 이러한 선행관계들의 집합을  $C$ 라고 정의한다. 만약  $(i, j)$ 가 집합  $C$ 에 속한다면, 활동  $i$ 와 활동  $j$  사이에 존재하는 선행관계는 적용될 수도 있고 아닐 수도 있다. 적용 여부는 확률적이다.
- 6) 집합  $C$ 에 속한 선행관계들의 적용 여부는 그 선행관계와 관련이 있는 활동의 종료시점에 알 수 있다. 이를 명확히 하기 위해, 활동  $i$ 의 종료시점에 실행여

부를 알 수 있는 선행관계들의 집합을  $D(i)$ 라 정의한다. 즉, 선행관계  $(l, m)$ 이  $D(i)$ 에 속한다면, 활동  $l$ 과 활동  $m$  사이에 존재하는 선행관계의 적용 여부는 활동  $i$ 의 종료시점에 알 수 있다. 또한 선행관계  $(l, m)$ 의 적용 여부를 결정하는 활동은  $\overline{D}(l, m)$ 으로 표기한다.

- 7)  $D(i)$ 에 속한 선행관계들의 적용 여부에 관한 확률은 사전에 알려져 있다.
- 8) 만약 활동  $i$ 가 실행될 필요가 없다면,  $D(i)$ 에 속한 선행관계들은 무시된다.
- 9) 프로젝트를 시작하는 것과 동시에 수행여부가 확정되는 활동이나 적용여부가 확정되는 선행관계는 없다. 즉, 시작을 의미하는 dummy 활동인 활동 0의 경우,  $B(0)$  및  $D(0)$ 는 비어있다.
- 10) 프로젝트가 진행됨에 따라 주기적으로 일정을 재조정할 수 있다.
- 11) 일정의 재작성시, 이미 실행 중인 활동의 경우 선정된 대안을 변경할 수 없다. 다만, 잔여 작업분에 대해 기간단축의 정도는 변경할 수 있다.
- 12) 일정의 재작성시, 아직 실행하지 않은 활동의 경우 대안 및 대안 내에서의 기간단축 모두 변경할 수 있다.

기법 서술의 편의상 Ahn & Erenguc(1998)에서와 마찬가지로 후행 활동의 인덱스는 선행활동의 인덱스보다 크도록 배정한다. 다시 말해,  $i$ 와  $j$  모두 활동을 의미하는 인덱스이고 활동  $j$ 는 활동  $i$ 의 후행활동이라면,  $i < j$ 가 성립되어야 한다.

### Ⅲ. 기법 소개

Ahn & Erenguc(1998)의 기법은 휴리스틱 기법으로서, 활동 및 프로젝트 네트워크에 관한 모든 정보가 확정적일 때, 활동의 수행 비용의 합과 Penalty 비용의 합계를 최소화하는 일정을 도출하는 기법이다. 본 논문에서 다루는 문제는 활동들의 실행 여부가 확률적이고 활동들 간의 선행관계가 확률적인 경우를 다루고 있으므로, 총비용의 최소화하는 일정 자체가 존재할 수 없다. 보다 근본적으로 Ahn & Erenguc(1998)에서는 일정을 단 한 번만 작성하지만, 본 모형에서는 선행관계가 확률적이므로 작성된 일정대로 프로젝트가 진행된다고 기대할 수도, 가정할 수

도 없다. 본 논문에서 일정이란 “상황과 필요에 의해 개정될 수 있는, 한시적으로만 유효한” 일정이라 할 수 있다. 한시적으로만 유효한 일정이지만, 현재 수행하여야 할 활동들의 대안 설정과 기간 설정을 위해서 일정이 반드시 수립되어야 한다. 실행되어야 하는 활동들의 리스트가 확률적이고 선행관계도 확률적이므로, 초기 일정 수립에서 사용한 가정이 실제 상황에서 유효하지 않은 것으로 판정될 때 일정은 재수립되어야 한다.

본 논문에서 제시하는 일정수립기법은 다음과 같다.

#### 단계 0. [초기화]

일정 수립을 하기 위해 집합  $A$ 와 집합  $C$ 에 속한 활동 및 선행관계의 실행 여부를 잠정적으로 결정한다.

단계 0.1 [집합  $A$ 에 속한 활동들의 실행 여부 잠정 결정]

집합  $A$ 에 속한 활동들의 실행 여부를 잠정 결정한다.

단계 0.1.1 [미결정 최소 인덱스 활동 선택]

집합  $A$ 가 비어 있거나 실행 여부가 잠정 결정되지 않은 활동이 없다면 단계 0.2로 간다; 그렇지 않다면 실행 여부가 잠정 결정되지 않은 활동들 중 인덱스가 가장 작은 것을 선택한 후 단계 0.1.2로 간다.

단계 0.1.2 [잠정 확정]

현재 잠정 결정하고자 하는 활동을 편의상  $i$ 라 하자. 만약  $\bar{B}(i)$ 가 존재하고,  $\bar{B}(i)$  또한  $A$ 에 속하고,  $\bar{B}(i)$ 가 실행하지 않은 것으로 잠정 결정되었다면, 활동  $i$ 도 실행하지 않은 것으로 잠정 결정하고 단계 0.1.1로 간다.

그렇지 않다면,

만약 (사전) 실행 확률이 0.5 이상이면 실행하는 것으로 잠정 결정하고 단계 0.1.1로 간다; 만약 (사전) 실행 확률이 0.5 미만이면 실행하지 않는 것으로 잠정 결정하고 단계 0.1.1로 간다.

단계 0.2 [집합  $C$ 에 속한 선행관계들의 적용 여부 잠정 결정]  
 각 활동 별로 단계 0.2.1을 수행한다. 모든 활동들에 대해 단계 0.2.1을 수행하였으면 단계 1로 간다.

단계 0.2.1 [집합  $D$ 에 속한 선행관계의 적용 여부 결정]  
 편의상 현재 검토 중인 활동을  $i$ 라 하자. 활동  $i$ 가 실행되는 활동이고  $D(i)$ 가 비어 있지 않다면,  $D(i)$ 에 속한 선행관계들의 적용 여부를 결정한다.  $D(i)$ 에 속한 선행관계들 중 사전 확률이 가장 큰 것 하나만을 잠정 적용하고 나머지 선행관계들은 적용하지 않은 것으로 한다.

단계 1. [시점  $t$  및 작업 진척률의 초기화]

시점  $t$ 를 프로젝트의 예상 시작시기로 한다. 단계 2로 간다.

단계 2. [시점  $t$ 에서의 일정 작성]

수행하기로 잠정 결정 또는 확정된 활동들 리스트 및 시점  $t$ 까지의 작업 진척률, 적용되기로 잠정 결정 또는 확정된 선행관계에 대한 정보 및 기타 프로젝트 정보 (활동들의 대안, 대안 내에서의 기간단축, 자원의 요구량, 프로젝트 Due Date, Penalty 등)에 기초하여 일정을 작성한다.<sup>1)</sup>

단계 3. [새로운 일정 재작성 시점,  $t$ 설정]

단계 2에서 작성된 일정을 분석하여 각 활동들의 예상 종료시기를 구한다. 현재  $t$ 보다는 큰 예상 종료 시기들 중 가장 작은 것을 택한 후 새로운  $t$ 값으로 한다. 단계 4로 간다. 만약 현재  $t$ 보다는 큰 예상 종료 시기가 없다면, 종료한다.

단계 4. [시점  $t$ 에서 실행활동 리스트와 선행관계에 관한 정보 Update]

1) 여기서 일정의 목적은 활동들의 수행 비용의 합과 프로젝트 Penalty 비용의 합계를 최소화하는 것이다. 활동리스트 및 선행관계 리스트가 잠정적이거나 결정되었으므로 이 문제는 Ahn & Erenguc(1998)에 의해 일정을 작성할 수 있다. 단, Ahn & Erenguc(1998)은 최초의 프로젝트 일정 뿐만 아니라 프로젝트 진행 중에 수행하는 일정 재작성도 다루고 있어, Ahn & Erenguc(1998) 알고리즘의 수정이 필요하다. 예를 들어, 시점  $t$ 에서 일정을 재수립한다고 하자. 시점  $t$ 에서 수립하는 일정의 총비용은 시점  $t$ 까지 발생하여 확정된 비용과 시점  $t$ 부터 프로젝트 예상 종료일까지 발생할 비용의 합이 된다. 시점  $t$ 부터의 부분 일정의 수립시, 이미 시점  $t$ 까지 완료된 활동들의 기간이나 비용은 0으로 설정하고, 시점  $t$ 까지 부분 완료된 활동들의 기간이나 비용은 잔여 작업분에 대해서만 고려하면 되며, 시점  $t$ 까지 아무런 진척이 없는 활동들은 조정할 필요가 없다.

시점  $t$ 에 종료한 활동들의 리스트를 작성한다. 이들의 집합을  $F(t)$ 라고 정의한다. 즉, 활동  $i$ 가 시점  $t$ 에 종료된다면, 활동  $i$ 는  $F(t)$ 에 속한다.  $F(t)$ 에 속한 각 활동들에 대해 다음을 수행한다.  $F(t)$ 에 속한 모든 활동들에 대해 단계 4.1과 4.2를 수행하였으면 단계 2로 간다.

#### 단계 4.1 [활동 리스트의 부분 확정]

예를 들어, 활동  $i$ 는  $F(t)$ 에 속한다고 하자.  $B(i)$ 에 속한 각 활동들의 실행 여부를 확정한다. 다시 예를 들어, 활동  $j$ 가  $B(i)$ 에 속한다고 하자. 활동  $j$ 가 실행될 사전확률과 난수를 사용하여 활동  $j$ 의 실행여부를 확정한다(즉, 여기서 실행하기로 확정된 활동들은 반드시 실행되어야 하며, 실행할 필요가 없는 것으로 확정된 활동들은 실행하지 않는다).

#### 단계 4.2 [선행관계 리스트의 부분확정]

예로서, 활동  $i$ 가  $F(t)$ 에 속한다고 가정하자.  $D(i)$ 에 속한 선행관계들의 적용 여부를 확정한다.  $D(i)$ 에 속한 선행관계들 중 적용 확정될 선행관계를 난수,  $D(i)$ 에 속한 선행관계들의 사전확률을 사용하여 결정한다(즉, 적용하기로 확정된 선행관계들은 반드시 지켜져야 하며, 적용할 필요가 없는 것으로 결정된 선행관계들은 무시된다).

지금까지 소개된 기법은 시뮬레이션 기법의 일종으로서, 다음과 같이 활용될 수 있다.

- 1) 시뮬레이션의 반복 수행을 통하여 프로젝트의 수행기간, 수행비용, 소요자원 등에 관한 확률적 분포를 얻을 수 있다.
- 2) 이러한 확률적 분포는 프로젝트의 타당성이나 리스크를 측정하는 데 활용될 수 있다.
- 3) 각 활동에 주어진 대안의 가치를 추정할 수 있다. 추정하기 위해서는 대안이 존재할 때의 프로젝트의 속성값(예: 수행기간, 수행비용)과 대안이 존재하지 않을 때의 프로젝트 속성값의 차이를 분석하여야 한다.
- 4) 소요자원에 관한 가용량을 변화시켜 분석함으로써, 자원의 한계 가치를 추정할

수 있다.

#### IV. 결 론

신제품 개발 프로젝트의 가장 큰 특징으로는 어떤 활동들이 반드시 수행되어야 하고 어떤 활동들은 수행되지 않을 수도 있는 지를 사전에 알 수 없는 경우가 있으며, 활동들 간의 선행관계 또한 확률적일 수 있다는 것이다. 이러한 불확실성은 프로젝트가 진행됨에 따라 결정지어진다. 프로젝트를 구성하고 있는 활동들의 리스트와 선행관계 리스트가 확률적 또는 조건부적으로 주어지므로, 신제품 개발 프로젝트의 일정을 수립한다는 것은 매우 어려운 작업이다. 즉, 미래의 불확실성을 감안하여 현재 어떤 일을, 어느 정도의 자원과 예산을 투입하여 수행하여야 하는 가를 결정하는 것은 간단한 작업일 수 없다.

본고에서는 활동들의 수행 여부와 선행관계들의 적용 여부에 불확실성이 존재하는 상황에서 일정 수립 및 일정 재수립하는 과정을 시뮬레이션하는 기법을 소개하였다. 소개된 시뮬레이션 기법은 신제품 개발 프로젝트의 일정 수립 방법으로 활용될 수 있을 뿐만 아니라 신제품 개발 프로젝트의 타당성 및 리스크 측정 등에도 널리 활용될 수 있다.



## 참 고 문 헌

1. Ahn, T. and Erenguc S.S.(1998), "Resource Constrained Project Scheduling Problem with Multiple Crashable Modes: A Heuristic Procedure," *European Journal of Operational Research* 107, pp.250~259.
2. Demeulemeester, E.L. and Herroelen, W.S.(1992), "A Branch and Bound Procedure for the Multiple Resource-Constrained Project Scheduling Problem," *Management Science* 38, pp.1803~1818.
3. Falk, J.E. and Horowitz, J.L.(1972), "Critical Path Problems with Concave Cost Curves," *Management Science*, Vol.19, No.4, pp.446~455.
4. Fulkerson, D.R.(1961), "A Network Flow Computation for Project Cost Curves," *Management Science*, Vol.7, No.2, pp.167~178.
5. Icmeli, O.(1992), "Schedule Problems in Project Management," Ph.D. Dissertation, University of Florida.
6. Kelly, J.E.(1961), "Critical Path Planning and Scheduling : Mathematical Basis," *Operations Research*, Vol.9, No.3, pp.296~320.
7. Kerzner, H.(1998), *Project Management for Small and Medium Size Businesses*, Van Nostrand Reinhold Company Inc. p.4.
8. Lamberson, L.R. and Hocking, R.R.(1970), "Optimum Time Compression in Project Scheduling," *Management Science*, Vol.16, No.10, pp.597~606.
9. Patterson, J.H.(1976), "Project Scheduling: The Effects of Problem Structure on Heuristic Performance," *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 23, No.1, pp.95~123.
10. Patterson, J.H., Slowinski, R., Talbot, F.B. and Weglarz, J.(1989), "An Algorithm for a General Class of Precedence and Resource Constrained Scheduling Problems," in: R. Slowinski and J. Weglarz(ed.), *Studies in Production and Engineering Economics*, Vol.9: *Advances in Project Scheduling*, Elsevier, Amsterdam, pp.3~28.
11. Patterson, J.H., Slowinski, R., Talbot, F.B. and Weglarz, J.(1990), "Computational Experience with a Backtracking Algorithm for Solving a General Class of Precedence and Resource Constrained Scheduling

- Problems," *European Journal of Operational Research*, Vol.49, No.1, pp.68~79.
12. Sprecher, A.(1994), "Resource-Constrained Project Scheduling : Exact Methods for the Multi-Mode Case," *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* 409, Springer-Verlag, Berlin
  13. Talbot, F.B.(1982), "Resource-Constrained Project Scheduling with Time-Resource Tradeoffs : The Nonpreemptive Case," *Management Science* 28, pp.1197~1210
  14. Tufekci, S.(1982), "A Flow-Preserving Algorithm for the Time-Cost Trade-off Problem," *IIE Transactions*, Vol.14, No.2, pp.109~1213.

## Abstract

### Project Scheduling Technique for New Product Development

Ahn, Tae-ho

Although project management for new product development is a very important issue, only a few approach from project scheduling has been made. The traditional project scheduling research has focused on the project network with certainty, but the new product development project has some uncertainties in network; Some activities may not need to be performed, and/or some precedent relationships between activities may not need to be kept.

In this paper, a simulation model is introduced in order to reflect uncertainties in project network for new product development. This simulation model can be used as a project scheduling technique for product development. By repeating the simulation, the degree of the risk and the feasibility of the project can be assessed.