

제 8 장

PERT·CPM 일정계획

-
- 1. 단독사업 PERT/CPM 일정계획 / 8-02
 - 2. PERT/CPM 종합문제 / 8-15
 - 3. 기출문제 및 착안점 / 8-22
-

1. 단독사업 PERT/CPM 일정계획 [공기2회] [경지1회]

* 네트워크 계획 및 통제 기법을 이용하여 프로젝트를 효과적으로 수행할 수 있도록 프로젝트를 시간 및 비용과 관련시켜 합리적으로 통제하는 기법 중 PERT/CPM이 대표적임.

1.1 PERT/CPM의 기초 [공기4회] [경지1회]

(1) PERT/CPM의 의의

* PERT(Program Evaluation and Review Technique)는 미 해군이 Polaris 무기 시스템 종합계획 관리를 목적으로 개발하였으며, 당초 PERT는 프로젝트를 시간적으로 관리하려는 목적으로 개발되었으나, 오늘날은 비용절감도 함께 고려할 수 있도록 개량되었으며, 전자를 PERT/Time, 후자를 PERT/Cost라 부름.

* CPM(Critical Path Method)은 미국의 듀폰회사의 M. R. Walker 등이 공장건설에 소요되는 시간과 비용의 효율향상을 목적으로 개발한 것임.

(2) PERT/CPM의 장단점

(가) PERT/CPM의 장점

- ① 상세한 계획을 수립가능하고, 변화나 변경에 대한 신속대처 가능.
- ② 작업착수전 문제점 중점관리 가능. ③ 제 자원의 효율화, ④ 총소요기간 정도 향상,
- ⑤ 시간단축, 비용절감, ⑥ 정확한 계획 분석 가능. ⑦ 정보교환이 용이함

(나) PERT/CPM의 단점 [공기1회]

- ① 계획과 이에 필요한 자료의 자세한 검토, 손질이 요망됨
- ② 관계자 전원의 참여 및 서로 책임을 져야 함
- ③ 단순한 작업에서부터 고도의 훈련을 쌓아야 적용 가능
- ④ 자원의 부족은 전제하지 않고, 전단계의 활동에 의해서만 활동이 수행된다는 가정은 의문이 있을 수 있고, 계산방법의 정확성에 대해서도 비판은 있음.

(3) PERT와 CPM의 접근경향

* PERT의 확률적 모형이나 CPM의 확정적 모형은 PERT와 CPM에 모두 적용이 가능함.

* 오늘날은 PERT에서도 확률적 시간 추정치 대신에 확정적 시간치를 사용하는 경향이 있고, 또 비용까지도 고려한 PERT/Cost가 개발됨으로써 당초 상이한 목적으로 개발된 PERT와 CPM은 서로 접근경향을 띠게 되었음. 근래에는 이를 총칭하여 PERT/CPM이라 부름.

(4) PERT/CPM의 적용영역

- ① 활동계획 → 자원의 사용계획, 활동의 일정계획, 이미 수립된 계획의 집행용 세부계획
- ② 의사소통 → 이해관계자 집단의 의사소통 기구로 활용
- ③ 통제와 재계획 활동 → 계획의 달성도를 확인하고, 그 절차개선을 위한 재계획 활동

(5) PERT/CPM 도입에 따른 장점

- ① 효과적인 예산통제 가능, ② 과학적 자료제시 가능, ③ 과학적인 의사결정 가능
- ④ 최적의 비용으로 일정단축 가능, ⑤ 요소작업 상호간의 관련성이 명확화 됨
- ⑥ 참가자들의 참여의식 고양

(6) PERT/CPM 운용에 따른 장점

- ① 사전예측 및 사전조치가 가능, ② 정확한 진도관리 가능, 관리통제의 강화
- ③ 작업의 착수지연 방지, ④ 작업지연의 합리적인 회복 가능
- ⑤ 불필요한 야간작업 배제, ⑥ 원활한 작업진행이 가능

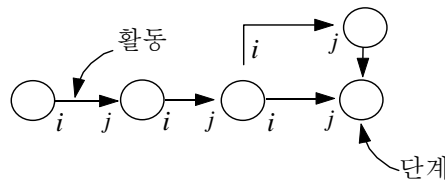
(7) PERT/CPM의 적용목표 [공기1회]

- ① Project완수에 있어 어떤 활동이 가장 중요하며, 언제까지 활동을 완수해야 하는가?
- ② 프로젝트수행에서 중요하지 않다고 판단된 활동은 어느 정도의 여유를 가질 수 있는가?
- ③ 프로젝트를 가장 빨리 완성시킬 수 있는 일자는?
- ④ 프로젝트 추정과정에서 발생하는 지연문제는 어떻게 처리하는 것이 가장 합리적인가?
- ⑤ 정해진 일자에 프로젝트를 완성시킬 수 있는 확률은 얼마인가?

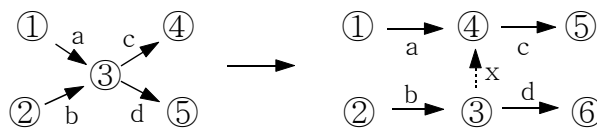
1.2 계획공정표의 작성 [공기1회]

(1) 계획공정표(Network)의 구성요소 [기지1회] [경지1회]

- ① 단계(event, node)



- ② 활동(activity) : 요소작업, —> 로 표시
- ③ 명목상 활동(dummy activity, 가활동) :> 로 표시



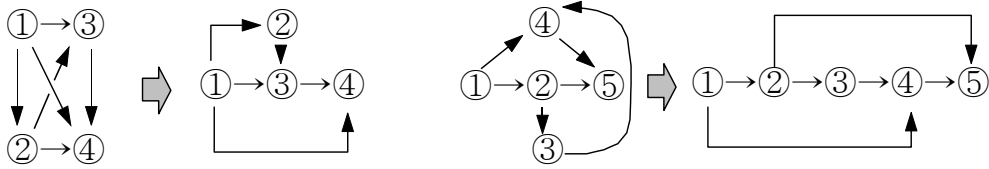
- ④ 공정(path) : 2개 이상의 활동이 연결되어 이루어지는 작업진행 경로

(2) 계획공정표 작성의 기본원칙

- ① 단계원칙 → 어떤 단계가 발생하려면 그 단계까지 연결된 모든 활동이 완료되어야 함.
- ② 활동원칙 → 어떤 활동이 시작되려면 선행한 모든 활동이 완료되어야 함.
- ③ 공정원칙 → 계획공정표상에 표시된 모든 공정은 각기 독립된 공정으로 취급되며, 이 공정은 반드시 실시완료가 되어야 함.

④ 계획공정표 표시상의 일반원칙

- ㉠ 가능한 한 활동상호간의 교차는 피함. ㉡ 우회곡선은 사용하지 말 것
- ㉢ 무의미한 명목상 활동은 피함. ㉣ 알기 쉽고 기입 편리



(3) AOA, AON 네트워크 작성 [공기2회] [경지1회]

- * 프로젝트를 네트워크로 나타내려면 활동들간의 관계를 나타내는 마디와 가지로 구성된 네트워크도표로 선후관계를 표현함.
- * 네트워크 도표를 그리는 방법에는 두 가지 접근법이 있음.
 - ① AOA(activity-on-arc) 네트워크는 활동을 가지로 표현하고 사상을 마디로 표현함.
 - * AOA방법은 활동간의 연결점을 중시하므로 사상지향적(event oriented)이라고 함.
 - ② AON(activity-on-node)네트워크는 마디로 활동을 표시, 가지로 선후관계를 나타냄.
 - * 이 접근법은 활동지향적(activity oriented)이 됨.
- * [도표 1]에는 여러 가지 활동간의 상관관계를 AOA와 AON을 사용하여 표현한 것이 됨.
- * PERT/CPM에 대한 이후의 논의에서는 AOA를 기준으로 설명하기로 함. 단, 설명하는 내용은 모두 AON에서도 동일하게 성립됨.

[도표 1] 활동간의 관계를 표현하는 AOA 및 AON 접근법

	AOA	AON	활동상관관계
(a)			S는 T에 선행하고, T는 U에 선행한다.
(b)			S와 T가 완료되어야 U를 시작할 수 있다.
(c)			S가 완료되어야 T와 U를 시작할 수 있다.
(d)			S와 T가 모두 완료되어야 U와 V를 시작할 수 있다.
(e)			S와 T가 완료되어야 U를 시작할 수 있고, T가 완료되면 V를 시작할 수 있다.
(f)			S가 완료되어야 T와 U를 시작할 수 있고, T와 U가 완료되어야 V를 시작할 수 있다.

(2) 활동의 순서 파악과 네트워크의 작성

- ① 프로젝트 완성에 필요한 활동을 구분, 선정, ② 활동목록표 작성 ③ 네트워크 작성
- ④ 단계와 활동의 명칭 기입 및 단계에 번호 기입

(3) 활동시간(t_0, t_m, t_p)의 추정

* 낙관시간치(t_0 또는 a), 정상시간치(t_m 또는 m), 비관시간치(t_p 또는 b)

$$t_0 \leq t_m \leq t_p \quad (\text{또는 } a \leq m \leq b)$$

* 참고로 첨자 0는 optimistic, m은 most likely, p는 pessimistic의 두문자임.

(4) 기대시간(t_e)의 계산 [경지2회] [기지1회]

* 특정활동을 완성하는데 소요되는 기대시간(t_e)은 활동시간이 β 분포를 이룬다는 가정 하에 다음 식으로 계산됨.

$$t_e = \frac{t_0 + 4t_m + t_p}{6} = \frac{a + 4m + b}{6} \tag{01}$$

(5) 분산($\sigma_{t_e}^2$)의 계산 [경지2회] [기지1회]

$$\sigma_{t_e}^2 = V_{t_e} = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 \tag{02}$$

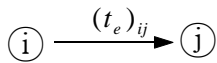
(6) 단계중심의 일정계산 (T_E, T_L)

(가) 최조시기 (T_E : Earliest Expected Time)

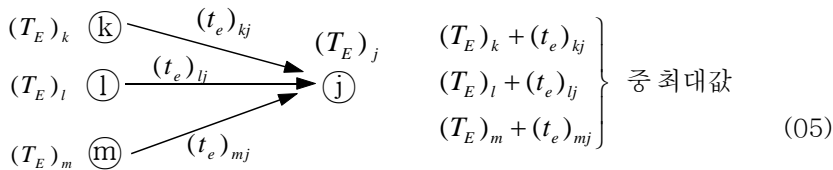
* 가장 빨리 작업을 시작할 수 있는 시기. 전진계산을 함.

① 최초단계의 $T_E = 0$ (03)

② 합병단계가 아닌 경우 : $(T_E)_j = (T_E)_i + (t_e)_{ij}$ (04)



③ 합병단계인 경우에는



$$(T_E)_j = \max_{i \rightarrow j} [(T_E)_i + (t_e)_{ij}] \quad i = k, l, m$$

(나) 최지시기 (T_L : Latest Allowable Time)

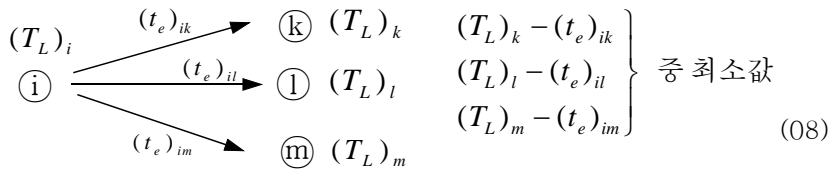
* 어떤 단계가 계획사업 완료기간을 지연시키지 않고 가장 늦게 시작할 수 있는 허용시간. 역순계산을 한다.

① 최종단계의 T_L 은 예정달성기일의 지시가 별도로 없는 한 최종단계의 T_E 가 됨.

$$\text{최종단계의 } T_L = \text{최종단계의 } T_E \quad (06)$$

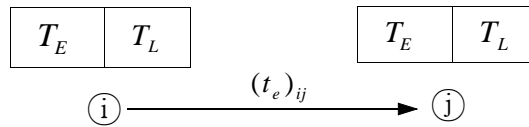
② 분기단계가 아닌 경우 : $(T_L)_i = (T_L)_j - (t_e)_{ij}$ (07)

③ 분기단계인 경우



$$(T_L)_i = \min_{i \rightarrow j} [(T_L)_j - (t_e)_{ij}] \quad j = k, l, m$$

(다) T_E, T_L 의 표기



(7) 여유(Slack)의 계산 [공기1회]

* 여유(S)란 특정단계가 최종단계에 영향을 미치지 아니하는 한도 내에서 그 시간을 늦출 수 있는 여유시간의 정도로서, 각 단계의 여유도를 표시하는 기능임.

$$S = T_L - T_E \quad (09)$$

* 정여유 $S > 0$, 영여유 $S = 0$, 부여유 $S < 0$

(8) 주공정(애로공정)의 결정 (CP ; Critical Path) [공기1회] [가지1회]

- * 주공정(CP)이란 가장 긴 경로로서 여유시간이 최소인 단계들의 연결이 됨.
- * 주공정은 중점관리 대상이며, 굵은 선으로 표시함.
- * 주공정은 한 계획공정표상에 반드시 한 개 이상이 존재함.

(9) 성공확률의 계산

- * 프로젝트의 예정달성기일(D ; Due date) 내에 프로젝트를 완성할 수 있는 확률 계산가능.
- * 예정납기일 내에 프로젝트를 완수할 수 있는 성공확률은 표준화 정규분포의 확률변수 Z의 값 z를 구해서 정규분포표로부터 확률값을 구함.

$$z = \frac{D - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_{t_e}^2}} \tag{10}$$

여기서, D : Due Date (예정달성기일), T_E : 최종단계의 최초시기

$\sigma_{t_e}^2$: 주공정 상의 분산

* 판단,

$P_r < 0.30 \rightarrow$ 중대위험 초래가 예상되므로, 근본적으로 계획 재수립

$0.30 \leq P_r < 0.40 \rightarrow$ 대개의 경우 재검토 필요

$0.40 \leq P_r \leq 0.65 \rightarrow$ 합리적이므로 계획대로 작업진행 가능

$0.65 < P_r \rightarrow$ 자원 여유가 많으므로 계획 재수립으로 자원낭비 배제 필요

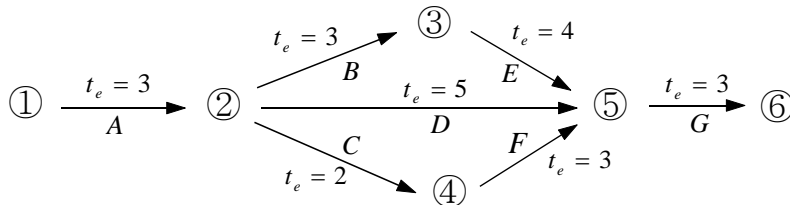
(10) 프로젝트 시간단축을 위한 자원의 재분배 및 사업계획의 변경

* 애로공정과 여유공정(애로공정 이외의 공정)의 분석이 이루어지면, 이를 이용하여 여유자원을 애로공정의 활동에 투입함으로써 프로젝트의 지연을 최대한 줄일 수 있음.

* 이와 같은 경우는 여유시간이 가장 큰 여유활동으로부터 자원이동시키는 것이 일반적임.

예제 02 T_E 와 T_L 계산 및 Network상의 주공정 도출

* 다음 network에서 T_E 와 T_L 을 계산하여 Network의 주공정을 구하라.



해설 [기지1회]

① 최초시기 $(T_E)_i$ 는 전진계산을 하여 구함.

$$(T_E)_1 = 0$$

$$(T_E)_2 = (T_E)_1 + (t_e)_{1,2} = 0 + 3 = 3$$

$$(T_E)_3 = (T_E)_2 + (t_e)_{2,3} = 3 + 3 = 6$$

$$(T_E)_4 = (T_E)_2 + (t_e)_{2,4} = 3 + 2 = 5$$

$$(T_E)_5 = (T_E)_2 + (t_e)_{2,5} = 3 + 5 = 8$$

$$(T_E)_5 = (T_E)_3 + (t_e)_{3,5} = 6 + 4 = 10$$

$$(T_E)_5 = (T_E)_4 + (t_e)_{4,5} = 5 + 3 = 8$$

$(T_E)_5$ 는 3개 중 최대치인 10을 택함.

$$(T_E)_6 = (T_E)_5 + (t_e)_{5,6} = 10 + 3 = 13$$

$$\therefore (T_E)_6 = 13$$

② 최지시기 $(T_L)_i$ 는 후진계산(역순계산)을 하여 구함.

$$(T_L)_6 = 13$$

$$(T_L)_5 = (T_L)_6 - (t_e)_{5,6} = 13 - 3 = 10$$

$$(T_L)_4 = (T_L)_5 - (t_e)_{4,5} = 10 - 3 = 7$$

$$(T_L)_3 = (T_L)_5 - (t_e)_{3,5} = 10 - 4 = 6$$

$$(T_L)_2 = (T_L)_5 - (t_e)_{2,5} = 10 - 5 = 5$$

$$(T_L)_2 = (T_L)_4 - (t_e)_{2,4} = 7 - 2 = 5$$

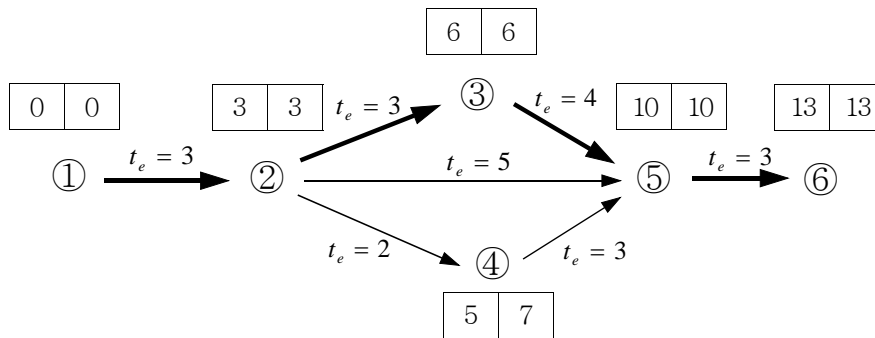
$$(T_L)_2 = (T_L)_3 - (t_e)_{2,3} = 6 - 3 = 3$$

$(T_L)_2$ 는 3개 중 최소치인 3을 택함.

$$(T_L)_1 = (T_L)_2 - (t_e)_{1,2} = 3 - 3 = 0$$

$$\therefore (T_L)_1 = 0$$

③ 이상을 도시하여 Network을 작성 및 주공정(굵은 선)을 구하면



④ 주공정은 여유 $S = T_L - T_E = 0$ 인 곳을 연결하면 1-2-3-5-6이 됨.

예제 03 일정완료확률 계산

* 주공정 상의 분산 σ^2 이 다음과 같이 주어질 경우 11일까지 일정을 완료할 확률을 구하라.

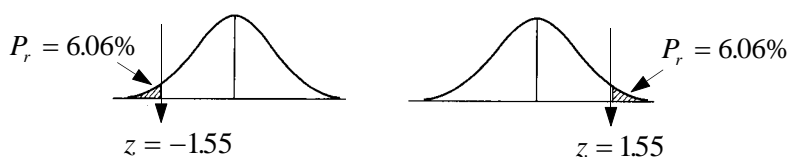
[예제 02]의 network에서 ①→②의 $\sigma^2 = 0.11$, ②→③의 $\sigma^2 = 0.44$, ③→⑤의 $\sigma^2 = 1.0$

⑤→⑥의 $\sigma^2 = 0.11$ 이 주어졌다고 봄.

해설

* 주공정 상의 분산을 이용하여
$$z = \frac{D - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_{t_e}^2}} = \frac{11 - 13}{\sqrt{0.11 + 0.44 + 1.0 + 0.11}} = -1.55$$
 이므로

정규분포표에 의거 $z = 1.55 \rightarrow 0.0606(6.06\%)$ 가 되며, 사업완료확률은 6.06%가 됨.



1.4 PERT/Cost [기지1회] [공기2회]

(1) PERT/Cost의 의의

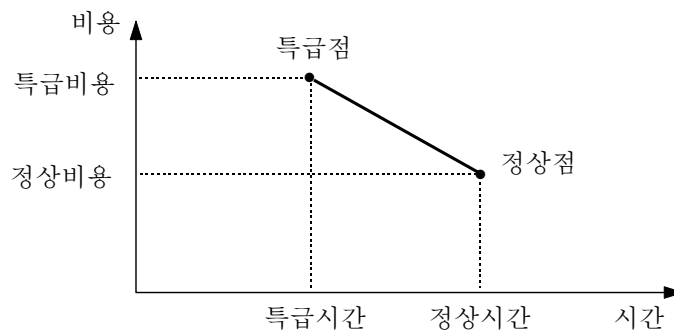
- * 이상의 PERT/Time은 시간 개념에 중점을 두고 있고, PERT/Cost는 비용 개념에 중점을 두고 있음. 시간을 단축하면 노동력이나 기계설비를 투입해야 하므로 비용이 증가하게 됨.
- * PERT/Cost는 이러한 시간과 비용의 대립 개념을 고려하여 최소비용을 실현시키도록 시간 단축방법을 모색하려는 기법이 됨.
- 따라서 PERT/Cost는 CPM을 기초로 하여 발전된 Network 모형이라고 볼 수 있음.

(2) PERT/Cost의 제단계

(가) 직접비의 고려 [경지1회]

- * 먼저 증분비용을 고려하여 직접비의 증가가 최소가 되도록 소요시간을 단축해야 함.
- * 직접비는 직접재료비, 직접노무비, 기계사용비, 운송비 등이 해당함.

[도표 2] 소요시간과 직접비의 관계



① 증분비용의 계산

- * 소요시간과 비용(직접비)과의 사이에 선형관계 존재시

$$\text{증분비용} = \frac{\text{특급비용} - \text{정상비용}}{\text{정상시간} - \text{특급시간}} \quad (11)$$

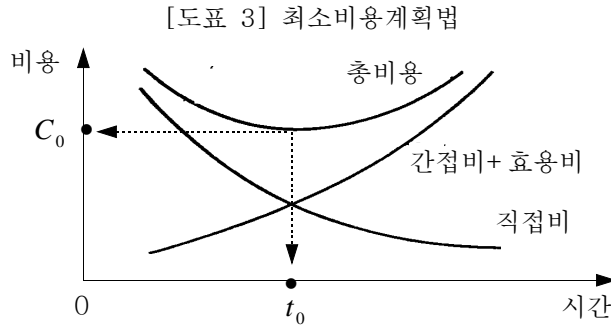
- * 증분비용은 비용선의 기울기 또는 비용구배라고도 함.

② 소요시간의 단축

- * 전체 프로젝트 시간 단축을 위해서는 애로공정(주공정) 상 작업을 단축시켜야만 함.
- * 또 애로공정상 작업 중에서도 증분비용이 가장 작은 작업부터 먼저 단축시켜야 함.

(나) 간접비와 효용비의 고려

- * 직접비 이외에도 간접비와 효용비까지도 고려하여 최소비용계획법(MCX : Minimum Cost Expediting)에 의한 의사결정을 할 수 있음.
- * 간접비 → 보험료, 임차료, 관리비 등 * 효용비 → 특별수당, 벌과금 등
- * 직접비 → 직접재료비, 직접노무비 등 * t_0 → 최적 프로젝트 완성기일
- * C_0 → 최소총비용



예제 04 비용선의 기울기, 비용구배

* 만일 정상시간이 20일, 특급시간이 15일, 정상비용이 100,000원, 특급비용이 150,000원이라고 하면 증분비용(비용선의 기울기, 비용구배)은?

해설

$$\text{증분비용(비용선의 기울기)} = \frac{C_c - C_n}{D_n - D_c} = \frac{150,000 - 100,000}{20 - 15} = 10,000\text{원/일}$$

- * 이것은 활동시간을 1일 단축하기 위해서는 10,000원의 비용이 추가로 필요함을 의미함.
- * 5일 단축하기 위해서는 50,000원이 소요됨.

1.5 CPM에 의한 일정계획 [공기6회]

* PERT와 CPM은 근본적으로 대동소이한 기법이지만, PERT가 활동별로 낙관적시간, 정상시간(최빈시간), 비관적시간의 세 가지로 시간치를 추정하여 완성가능시간을 확률적으로 관리할 수 있는데 반해, CPM은 이 세 가지 값의 평균치(t_m)에 해당하는 확정적 추정치 하나만을 이용한다는 점이 특징임.

* 또 CPM은 PERT에서의 T_E , T_L 대신에 EST, EFT, LST, LFT 등의 용어가 사용됨.

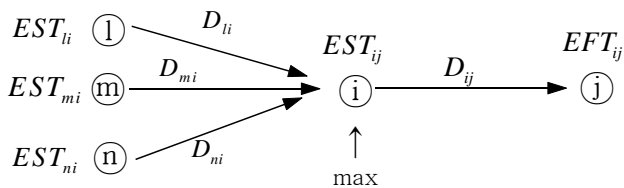
(1) 빠른 시간(EST, EFT)의 산정

(가) 최초착수시기 (EST : Earlest Start Time)

* 작업을 착수하는데 가장 빠른 시간 EST는 $(T_E)_i$ 가 됨.

$$EST_{ij} = (T_E)_i \tag{12}$$

* 합병단계의 EST는 소요시간 D_{ki} 를 더해서 얻은 수치 중 최대치로 함.



$$EST_{ij} = \max_{k \rightarrow i} [EST_{ki} + D_{ki}], \quad k = l, m, n \tag{13}$$

(나) 최초완료시기 (EFT : Earlest Finish Time) [기지1회]

$$EFT_{ij} = EST_{ij} + D_{ij} \quad (14)$$

(2) 늦은 시간(LST, LFT)의 산정

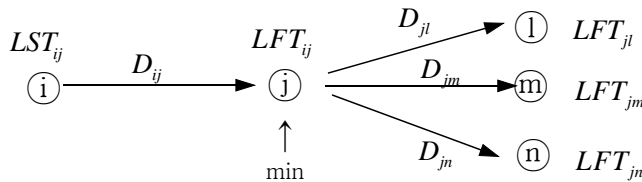
(가) 최지착수시기 (LST : Latest Start Time)

$$LST_{ij} = LFT_{ij} - D_{ij} \quad (15)$$

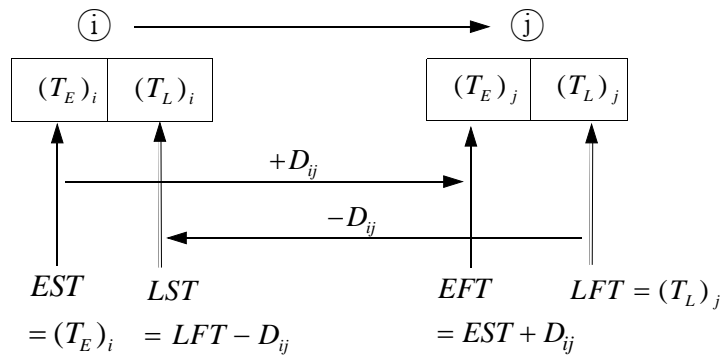
(나) 최지완료시기 (LFT : Latest Finish Time)

* 분기단계가 아닌 경우 $LFT_{ij} = (T_L)_j$ (16)

* 분기단계인 경우 $LFT_{ij} = \min_{j \rightarrow k} [LFT_{jk} - D_{jk}]$, $k = l, m, n$ (17)



[도표 4] CPM에 의한 일정계획 요약도



(3) 활동여유 (F : Activity Float or Slack)

(가) 총여유시간 (TF : Total Float)

* 한 활동이 전체 계획사업의 최종완료일에 영향을 주지 않고 지연될 수 있는 최대시간

$$TF_{ij} = LST_{ij} - EST_{ij} = LFT_{ij} - EFT_{ij} = (T_L)_j - [(T_E)_i + D_{ij}] \quad (18)$$

(나) 자유여유시간 (FF : Free Float)

* 모든 후속활동을 가능한 한 빨리 착수할 때 본작업이 이용가능한 여유시간

$$FF_{ij} = EST_{jk} - EFT_{ij} = LST_{jk} - LFT_{ij} = (T_E)_j - [(T_E)_i + D_{ij}] \quad (19)$$

여기서, EST_{jk} , LST_{jk} : 후속단계(j, k)의 EST , LST (\bullet $\overset{i}{\text{---}}$ $\overset{j}{\text{---}}$ $\overset{k}{\text{---}}$)

② 활동(2, 4)의 LFT, LST : $LFT = (T_L)_j = 7$

$$LST = LFT - D_{ij} = (T_L)_4 - D_{ij} = 7 - 2 = 5$$

③ 활동(4, 5)의 INDF와 IF : $INDF = (T_E)_j - [(T_L)_i + D_{ij}] = 10 - (7 + 3) = 0$

$$IF = (T_L)_j - (T_E)_j = 10 - 10 = 0$$

1.6 PERT/CPM의 비교 [공기2회] [기지1회]

PERT	CPM
1. 불확실한 사업, 즉 신규사업, 비반복사업, 경험이 없는 사업에 사용	1. 반복사업이나 경험이 있는 사업에 적용
2. 3점시간 추정 ; t_0, t_m, t_p	2. 1점시간 추정 ; t_m
3. $t_e = E(t) = \frac{t_0 + 4t_m + t_p}{6}$	3. $t_e = E(t) = t_m$
4. 단계중심의 일정계산 ① 최조시기 : T_E ② 최지시기 : T_L	4. 활동중심의 일정계산 ① 최조개시시기 : EST ② 최지개시시기 : LST ③ 최조완료시기 : EFT ④ 최지완료시기 : LFT
5. 여유의 결정 ① 정여유(PS : Positive Slack) ② 영여유(ZS : Zero Slack) ③ 부여유(NS : Negative Slack)	5. 여유의 결정 ① 총여유(TF : Total Float) ② 자유여유(FF : Free Float) ③ 간섭여유(IF : Interfering Float) ④ 독립여유(INDF : Independent Float)
6. 주공정(CP)의 결정 $S = T_L - T_E$ 가 최소인 단계 연결	6. 주공정(CP)의 결정 $TF_{ij} = FF_{ij} = IF_{ij} = INDF_{ij} = 0$
7. 확률적 검토 : $z = \frac{D - T_E}{\sqrt{\sum \sigma_{t_e}^2}}$	7. 비용구배 : $S = \frac{C_c - C_n}{D_n - D_c}$
8. PERT/Time와 PERT/Cost를 분리	8. 자원배당에 활용

1.7 GERT Network [공기1회]

(1) 개념

* 1960년대 중엽에 Pritsker가 제창한 scheduling 기법의 하나이며, 작업공정에 대해서 확률적인 개념의 도입을 시도한 것임.

* GERT(Graphical Evaluation and Review Technique)에서는 Network를 Arrow diagram 법으로 표시하고, 각각의 Arrow(Activity)에는 그것이 실시될 확률이나 작업내용을 표시한 시간, 비용, 신뢰성 등의 Parameter를 확률분포를 가진 변수로서 규정시키고 있음.

또한, Node(결합점)의 종류로서는 선행한 Activity와의 관계(모든 선행 Activity의 완료 필요한지, 어느 것이든 하나만 완료하면 좋다 등) 및 후속하는 Activity와의 관계(후속 Activity가 실시될 가능성이 확률적인가 확정적인가)에서 6가지로 준비되어 있음.

* 이렇게 하여 구축된 Network의 해석은 Flow graph theory을 사용하여 행하지만, GERTS 법(GERT Simulator)이라는 Simulator가 준비되어 있어서 Computer를 이용할 수 있게 되어 있고, 몬테칼로 시뮬레이션 기법이 바탕이 되고 있음.

(2) 장점

* 일정관리 기법인 GERT는 PERT와 CPM에서는 허용하지 않는 분기와 반복적 activity를 표현할 수 있는 네트워크 다이어그램이 특징이 됨.

(3) 단점

* 이와 같은 Network의 구축이 현실적으로는 대단히 곤란하고, 또한 이 수법자체가 복잡한 반면, 습속성을 고려하지 않는 등, 아직 현실성이 결여된 점도 있기 때문에, 개량이 시도되고 있으며, 그다지 이용되지는 않고 있는 실정인 점 등.

(4) 일정관리기법인 PERT, CPM, GERT의 비교

구분	PERT	CPM	GERT
사용 목적	작업수행기간이 불확실하여 위험을 최소화하기 위한 기법	작업의 기간이 비교적 확실한 프로젝트에서 일정관리 기법	작업의 수행조건과 반복유무에 따라 현실의 유연성을 반영한 일정관리 기법
주요 특징	낙관적, 평균, 비관적 일정을 고려한 관리기법	여유시간이 0인 Critical Path 중심의 일정관리	PERT와 CPM의 현실적 제약사항을 표현한 기법
활동 정도	불확실성 높은 프로젝트	대부분의 프로젝트	유연성을 강조한 프로젝트

2. PERT/CPM 종합문제

예제 06 PERT/CPM 네트워크 종합문제 풀이 1

* 어느 프로젝트의 활동과 시간 추정치가 다음과 같은 자료가 알려져 있다.

활동	직전 선행활동	시간 추정치 (일)			활동	직전 선행활동	시간 추정치 (일)		
		a	m	b			a	m	b
A	-	2	3	4	G	C	5	7	15
B	-	3	5	7	H	D, E	2	3	10
C	A	10	13	16	I	H	1	2	3
D	A	5	8	11	J	G, I	1	1	1
E	B	4	7	10	K	H	8	10	12
F	B	17	20	23	L	F, J, K	2	7	12

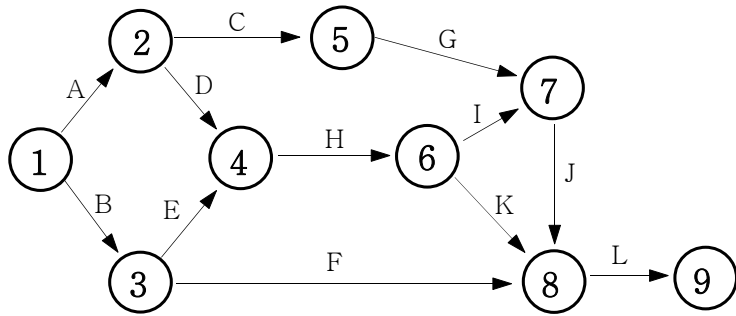
- (1) 이들 활동의 PERT 네트워크를 작성하라.
- (2) 각 활동을 완료하는데 필요한 기대시간과 분산을 구하라.
- (3) 각 활동의 기대시간을 이용하여 주공정과 프로젝트 완료기간을 구하라.
- (4) 이 프로젝트를 36일 내 완료할 확률, 95% 확률로 이 프로젝트를 완료할 기간을 구하라.

(5) 속성시간, 정상비용, 속성비용 자료가 다음과 같을 때 프로젝트의 정상비용, 단축가능한 기간, 추가비용, 총비용을 구하라. 정상시간은 기대시간과 같다고 가정한다.

활동	속성시간	정상비용	속성비용	활동	속성시간	정상비용	속성비용
A	1	500	800	G	7	620	650
B	4	400	440	H	3	580	630
C	10	300	420	I	1	630	680
D	6	550	660	J	0.5	500	530
E	5	600	700	K	8	700	800
F	15	700	800	L	5	800	900

해설

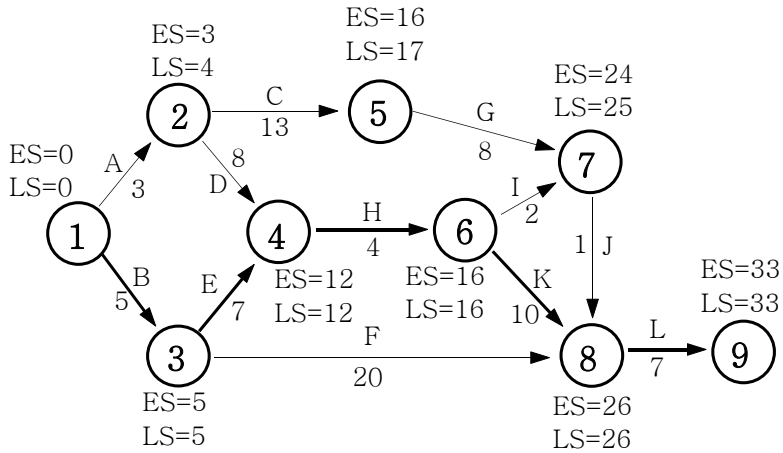
(1) 활동 PERT 네트워크 작성



(2) 각 활동 완료에 필요한 기대시간과 분산

활동	시간 추정치 (일)			기대 시간	분산	활동	시간 추정치 (일)			기대 시간	분산
	a	m	b				a	m	b		
A	2	3	4	3	0.11	G	5	7	15	8	2.78
B	3	5	7	5	0.44	H	2	3	10	4	1.78
C	10	13	16	13	1	I	1	2	3	2	0.11
D	5	8	11	8	1	J	1	1	1	1	0
E	4	7	10	7	1	K	8	10	12	10	0.44
F	17	20	23	20	1	L	2	7	12	7	2.78

(3) 주공정 : B-E-H-K-L, 완료기간 : 5+ 7+ 4+ 10+ 7=33일

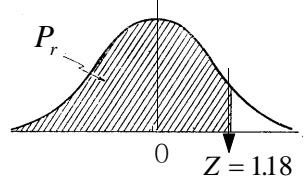


[참고] ES는 EST로, LS는 LST로, EF는 EFT로, LF는 LFT로 표기하기도 함.

(4) 36일 내에 완료할 확률=0.5+0.3810=0.8810

$$Z = \frac{X - E(T)}{\sigma} = \frac{36 - 33}{2.54} = 1.18$$

→ 정규분포표를 활용 확률 구함.



여기서, 주공정 활동의 표준편차= $\sqrt{6.44}=2.54$

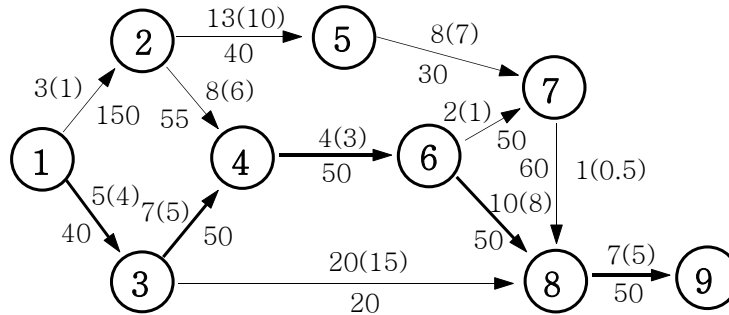
단, 주공정 활동의 분산=0.44+1+1.78+0.44+2.78=6.44

95%의 확률로 완료할 기간=37.18일

여기서, $1.645 = \frac{X - E(X)}{\sigma} = \frac{X - 33}{2.54} \rightarrow X = 37.18$ (단, $Z = 1.645 \rightarrow P_r = 0.95$)

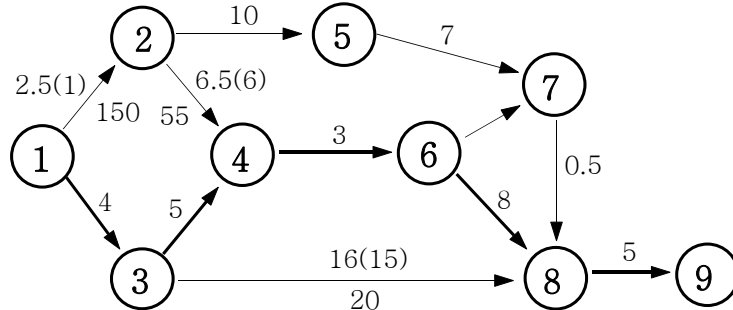
(5) 프로젝트의 정상비용, 단축가능한 기간, 추가비용, 총비용

활동	시간 (일)		비용		일당 추가 비용	활동	시간 (일)		비용		일당 추가 비용
	정상	속성	정상 비용	속성 비용			정상	속성	정상 비용	속성 비용	
A	3	1	500	800	150	G	8	7	620	650	30
B	5	4	400	440	40	H	4	3	580	630	50
C	13	10	300	420	40	I	2	1	630	680	50
D	8	6	550	660	55	J	1	0.5	500	530	60
E	7	5	600	700	50	K	10	8	700	800	50
F	20	15	700	800	20	L	7	5	800	900	50



활동	단축시간	추가비용	활동	단축시간	추가비용
B	1	40	J	0.5	30
H	1	50	D	0.5	27.5
G		30	E	0.5	25
L	2	100	F	0.5	10
C	2	80	A	0.5	75
F		40	E		25
K		100	F		10
C	1	40	합계	8	857.5
D	1	55	* 주공정상의 단축기간		
E	2	100	=B(1)+H(1)+L(2)+K(2)+E(2)=8일		
F	1	20			

- [참고] 1) 주공정에서 가장 적은 “주당 추가비용”의 활동부터 순차로 단축시키도록 함.
 2) 주공정 단축으로 비주공정이 주공정으로 되면 두 주공정을 동일기간씩 단축함.
 3) 주공정이 비주공정으로 바뀔 수는 없음.



정상비용=6,880, 단축가능기간=8일(33-25=8), 추가비용=857.5
 총비용=7,737.5 (6880+ 857.5=7737.5)

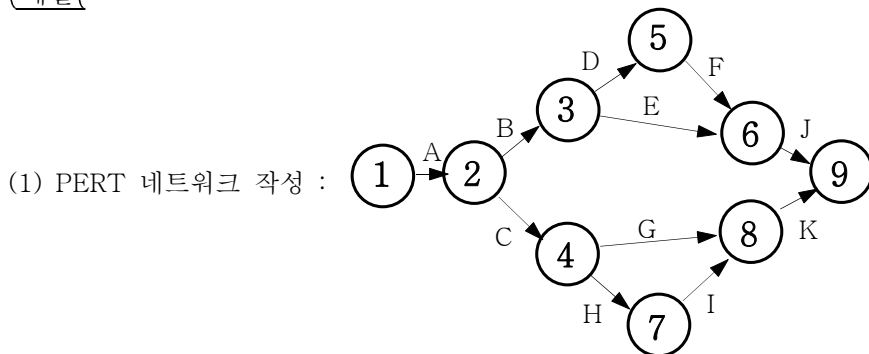
예제 07 PERT/CPM 네트워크 종합문제 풀이 2

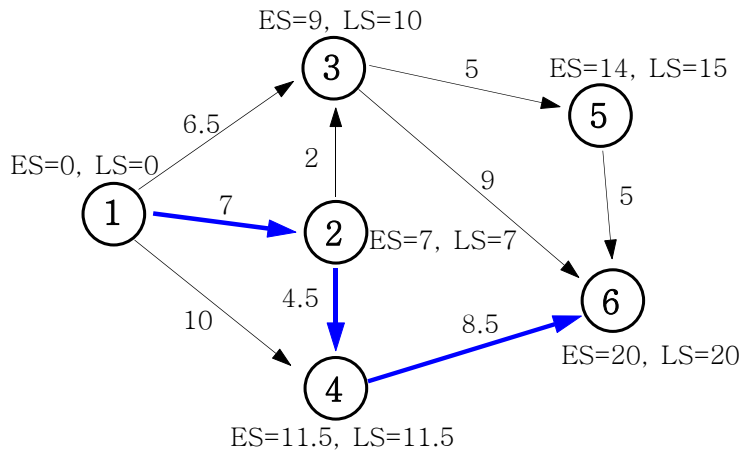
* 다음과 같은 프로젝트 자료가 주어졌을 때 물음에 답하라.

활동	직전 선행활동	a	m	b	활동	직전 선행활동	a	m	b
A	-	4	5	6	G	C	3	3	3
B	A	2	3	10	H	C	1	1	1
C	A	5	7	9	I	H	3	6	9
D	B	2	2	2	J	E, F	4	6	8
E	B	3	4	5	K	G, I	2	5	8
F	D	3	5	7					

- PERT 네트워크를 그려라.
- 각 활동의 기대시간(일)과 분산을 구하라.
- 주공정과 프로젝트의 최단 완료기간은?
- 이 프로젝트를 28일 이하에 완료할 확률은?

해설





(3) 프로젝트의 예상 완료기간 : $7 + 4.5 + 8.5 = 20$ 일

(4) 프로젝트를 22일 이내에 완료할 확률

$$Z = \frac{X - E(X)}{\sigma} = \frac{22 - 20}{1.93} = 1.04 \rightarrow (Z = 1.04 \rightarrow P_r = 0.8508)$$

$$\therefore 22\text{일 이내에 끝낼 확률} = 0.5 + 0.3508 = 0.8508 \text{ (85.8\%)}$$

$$\text{여기서, 주공정 분산} = 1 + 1.36 + 1.36 = 3.72 \rightarrow \text{주공정 표준편차} = \sqrt{3.72} = 1.93$$

(5) 1일 늦을 가능성 보상비 추가분

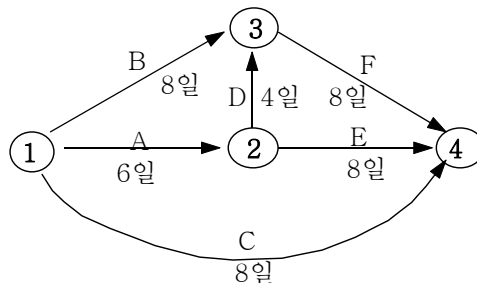
$$Z = \frac{21 - 20}{1.93} = 0.52 \rightarrow (Z = 0.52 \rightarrow P_r = 0.6985)$$

$$\therefore 100,000 \times (0.6985 - 0.50) = 100,000 \times 0.1985 = 19,850$$

3. 기출문제 및 착안점

01 다음 CPM 네트워크에 대하여 다음을 구하여라. (97년도 2차)

- ① Critical path, ② B작업의 여유일, ③ C작업의 여유일, ④ E작업의 여유일



☞ 힌트 : 본문 『CPM에 의한 일정계획』 해설 참조

02 PERT-CPM를 요약하여 설명하시오. (99년도 2차)

☞ 힌트 : 본문 『PERT/CPM의 기초』 해설 참조

03 CPM (2003년도 2차)

☞ 힌트 : 본문 『CPM에 의한 일정계획』 해설 참조

04 PERT와 CPM 차이 비교(3가지씩). (2005, 2006년도)

☞ 힌트 : 본문 『PERT/CPM의 비교』 해설 참조

05 PERT/CPM 프로젝트 Network와 관련하여 다음 사항에 대해 설명하시오. (2007년도)

- 1) Network의 의미 2) 작성원칙 3) 구성요소 4) 작성절차 5) 구성원칙

☞ 힌트 : 본문 『계획공정표의 작성』 해설 참조

06 네트워크(network) 기법에 대한 다음 각 물음에 답하시오. (2010년도)

- (1) 다음 용어를 설명하시오.

활동(activity), 단계(event), 네트워크(network), 결합점(node), 호(arc), 여유활동(slack activity), 가상활동(dummy activity), 네트워크 경로(network path), 주경로(critical path), 주활동(critical activity)

- (2) PERT/Time의 단계적 절차(step-wise procedure)를 차례대로 설명하시오.

- (3) PERT/Cost의 분석절차의 5단계를 설명하시오.

☞ 힌트 : 본문 『1. 단독사업 PERT/CPM 일정계획』 해설 참조

[참고] 한국산업인력공단 시행 시험인 2012년도부터의 기출문제에 대한 해설은 제20장 부터 최근 기출문제로서 별도로 정리·해설됨.

행운은 100% 노력한 뒤에
남는 것이다!
- 랭스턴 콜만 -