Design of R&D Planning System Based on the System Alternatives Tree Structure

Sung Kyun Kwan Univ.
Industrial Eng. Dep't.

Soon wook Hong
Hee jun Cho
Cheol shin Gwon

The purpose of this study is to design $RDPP_1/SAS_t$(R&D Project Planning/System Alternatives Setting) system which sets the planning system alternatives to satisfy a final goal when it is setted in executing the big scale R&D project.

This system is composed of several functions for the achievement of a goal and of each hierarchy-decomposed subsystems as to the goal-achievement function. Those subsystems are integrated into the hihger level on System Alternatives Tree(SAT) originated in this study.

In this SAT, the homogeneous elements of each hierarchical control form are evaluated in the Ballot System and the process of integrating the scores evaluated is designed. Particularly, the algorithm to make a selection of N alternatives is developed by introducting the concept of System Priority Number(SPN) on this SAT.

This model has a great importance in the point that, when the technical problems in terminal level break out in the course of project execution, system alternatives can be reexamined by taking feedback to the initial stage all the possible system alternatives through processing and keeping those on a file by computer.

Applying some different evaluation criteria in the design of $RDPGS/SAS_t$, this model is extremely significant in the viewpoint of being able to utilize the logical structure and decision algorithm.

시스템代替案 樹木構造에 의한 R&D基本計劃시스템의 設計

성균관대학교 산업공학과 조희준
홍순욱
권철신

Design of R&D Planning System based on the System Alternatives Tree Structure

Sung Kyun Kwan Univ. Hee jun Cho
Industrial Eng. Dep't. Soon wook Hong
Cheol Shin Gwon

1. 序言

最適의 研究開發 프로젝트를 선정하여 구체적 검토를 해 나간다고 하는 계획의 初期段階의 문제에 있어서, 지금까지 연구의 대부분은 다수의 계획안 중에서 어떤 것을 선택할 것인가 하는 문제에 촛점이 놓여져 왔다. 그러나 본 연구는 다수의 계획안이 존재한다는 전제로부터의 선택문제가 아니라, 무엇보다 먼저 다수 計劃代替案을 어떻게 설정할 것인가에 대한 문제인식으로부터 출발한다. 따라서 본 연구의 목적은 복잡한 대규모 R&D프로젝트 수행時, 최종목표를 만족시킬 수 있는 계획시스템 대체안을 一次的으로 設定함에 있어 목표달성을 위한 계획대체안이 필요로 하는 기능, 그리고 이 기능을 만족시켜야 하는 부분시스템대체안을 순차적으로 階層分割해 나가 端末시스템을 최적화시키고, 이들 기능과 부분시스템을 상위레벨로 통합하는 적절한 階層制御方式을 구상함으로써 시스템대체안 설정을 위한 방법의 새로운 모형을 구축하려 하는 것이라 하겠다.

이를 위하여 복합적 技術豫測의 展開原理가 內在된 SAT(System Alternatives Tree)構造體를 개발하여 이를 근거로 計劃代替案設定시스템(R&D Project Planning System/System Alternatives Setting:$RDPP_1/SAS_t$)을 설계하고, 나아가 다수의 계획대체안에 優先順位를 부여하는 SPN(System Priority Number)개념을 도입하여 최적 시스템대체안을 결정하는 방법을 고안하려는 것이다.

2. 계획대체안설정시스템($RDPP_1/SAS_t$)의 설계

목표설정시스템에 의해 결정된 하나의 구체적 목표에 대하여, 그 最終目標를 달성하기 위한 基本計劃시스템의 代替案 設計過程에서 고려해야 하는 主要事項을 크게 2가지로 요약하면 다음과 같다.

첫째, 계획시스템대체안의 부분시스템 구성은 여러가지로 고려될 수 있는 바, 이들을 어떻게 작성할 것인가.

둘째, 작성된 다수개의 부분계획시스템대체안을 어떠한 체계에 의하여 評價하고, 프로젝트로 실시해야 할 計劃案을 어떤 방법으로 選定할 것인가.

이를 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 다수의 주요개념을 근거로 하여 시스템 설계(System Design)를 행한다.

SD.1: 목표달성에 공헌할 것으로 보이는 技術分野를 도출하고, 이를 위한 계획 시스템이 갖추어야 할 必要充分 機能을 相互獨立이 되도록 抽出한다.

SD.2: 계획시스템의 諸機能을 수행함에 있어 필요한 다수의 부분시스템대체안을 設定한다.

SD.3: 위의 절차를 반복해 나가면서 계획시스템을 樹木狀으로 전개해 나가는 시스템代替案 樹木(System Alternatives Tree: SAT)을 개발하는데, 여기서 기능레벨과 부분시스템레벨간의 反復分化過程을 갖는 SAT의 構成은 계획 시스템대체안(또는 부분시스템 대체안)을 위한 기능을 결정하는 規範的 成分과 다시 그 기능을 충족시키는 부분시스템대체안을 결정하는 探索的

成分에 의한 Feedback 技術豫測의 論理 즉, 規範/探索 展開原理(N/E Principle)에 의하여 설계된다.

SD.4: 이러한 SAT에 있어서 계획시스템(또는 하나의 부분시스템)과 下位機能간의 관계는 「Inclusive AND 論理機能」을, 이의 下位 部分시스템代替案간의 접속관계는 「Exclusive OR 論理機能」을 각각 도입하여 전개한다.

SD.5: 이와 같이 해서 설정된 계획대체안의 優先順位(Priority)를 결정하는 방법은 먼저 SAT의 부분적 요소집합들에 대하여 전문가에 의한 채점(Scoring)을 행하고, 다음에 그것들을 종합한 SAT 전체에 대한 각 요소의 評點을 계산하는 구조를 통하여 계획시스템대체안을 SPN이 큰 순서로 구성하는 體系를 설계한다.

그림1.은 이러한 시스템 설계의 구성절차를 나타낸 遂行過程圖(Process Flow Chart)이다.

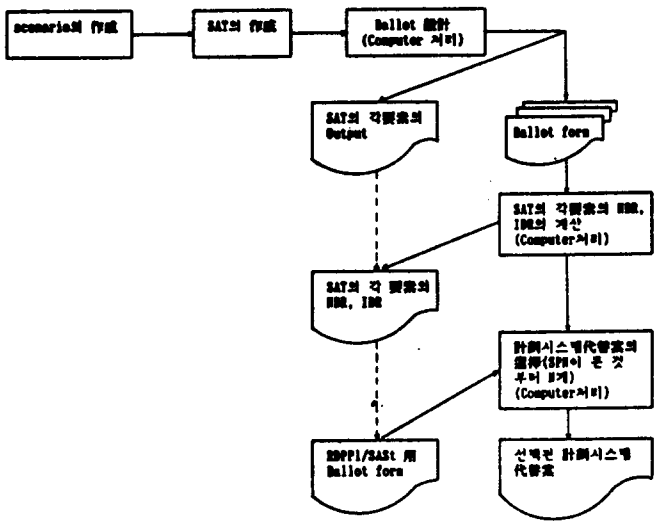

그림1. $RDPP_1/SAS_t$의 Process Flow Chart

3. 시스템代替案樹木(SAT)의 論理構造

부분시스템대체안을 합리적으로 조합시킴으로써 계획대체안시스템을 구축하는 設計의 기본틀이 되는 SAT(System Alternatives Tree)의 論理構造를 설명하기 위하여 그림2.에 나타낸 바와 같은 비교적 단순한 SAT를 제시한다.

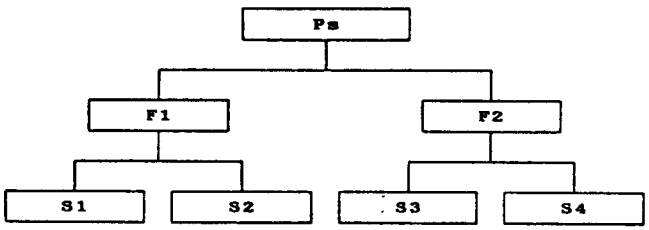

그림2. SAT의 例

여기서 SAT의 각 要素評點을 NBR(F1), NBR(F2), ..., IDR(Ps), IDR(F1), IDR(F2), ...로 표시하고 다음과 같은 관계로 규정한다.

```
NBR(F1) + NBR(F2) = 1
Max { NBR(S1), NBR(S2) } = 1                                    (1)
Max { NBR(S3), NBR(S4) } = 1

IDR(Ps) = 1.0
IDR(F1) = IDR(Ps) x NBR(F1)
IDR(F2) = IDR(Ps) x NBR(F2)
IDR(S1) = IDR(F1) x NBR(S1)                                     (2)
IDR(S2) = IDR(F1) x NBR(S2)
IDR(S3) = IDR(F2) x NBR(S3)
IDR(S4) = IDR(F2) x NBR(S4)
```

즉, 전문가의 투표에 의한 평점부여는 F1과 F2, S1과 S2, S3와 S4에 관하여 행해지기 때문에 式(1)에 의하여 NBR을 조정하여 놓음으로써 SAT上에서 論理의 一貫性을 보증하도록 한다.

이제 그림2.에 근거해 볼 때, 그림3.와 같은 4가지의 계획시스템대체안이 발생한다. 이 SAT에서 계획시스템대체안을 만들어 내는 操作을 體系化하기 위하여 SAT요소간의 結合關係를 다음과 같이 설계한다.

즉, 계획시스템대체안 또는 부분시스템대체안과 機能間의 결합은 合接(Conjunction)關係를 전제한 「AND回路」로 결합되고, 機能과 部分시스템代替案間의 결합은 異接(Disjunction)關係를 전제하여 「OR回路」로 결합되도록 한다.

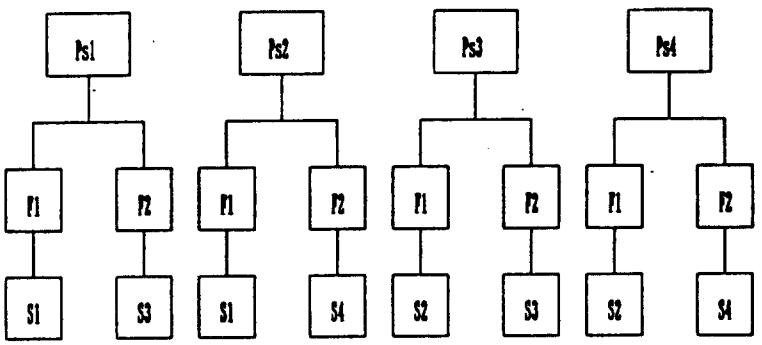

그림3. 計劃시스템代替案의 下位시스템

계획시스템대체안 또는 하나의 부분시스템대체안에 대하여 그의 하위에 직접 접속되어 있는 기능에 관해서는 전문가에 의한 투표방식을 NBR의 합이 1이 되게 正規化한다. 그리고 하나의 기능에 대하여 그 하위에 직접 접속되고 있는 부분시스템대체안에 관해서는 투표에 의한 평점이 가장 큰 것 즉, 그 機能을 가장 잘 만족하는 것의 NBR을 1이 되도록 하고, 나머지 부분시스템대체안의 NBR은 그 투표에 의한 평점과 최고의 평점에 대한 比率로 나타낸다.

이처럼 SAT上에서 각 요소의 NBR의 同質性을 보증하는 것은 SAT에서 작성되는 계획시스템대체안에 優先順位를 부여하는 기준으로서, SAT상의 NBR로부터 즉시 계산될 수 있는 IDR을 채용할 수 있는 근거가 된다.

이 과정을 單純化하기 위하여 그림3.의 4가지 부분시스템대체안 Ps1, Ps2, Ps3, Ps4에 관한 우선순위의 부여작업을 검토해 보도록 하자. 여기서 그림3.의 SAT上에서 각 요소의 NBR의 大小는 다음과 같이 가정한다.

```
NBR(F1) > NBR(F2)
NBR(S1) = 1 > NBR(S2)                                           (3)
NBR(S3) = 1 > NBR(S4)
```

위의 假定을 따를 때, S1과 S2, S3와 S4에서 IDR의 大小關係는 다음과 같다.

IDR(S1) > IDR(S2)
IDR(S3) > IDR(S4) (4)

여기서 그림3.의 S1, S2, S3, S4등은 端末部分시스템代替案(Terminal Subsystem Alternatives)이 되는데 계획시스템대체안은 결국 이들의 조합으로 나타나게 되는 것이다. 이 계획시스템대체안의 우선순위를 결정하는 SPN(System Priority Number)을 計劃시스템代替案에 있어서의 端末部分시스템代替案에 대한 IDR의 合으로 규정한다. 따라서 이 SPN(Ps1), SPN(Ps2), SPN(Ps3), SPN(Ps4)은 다음과 같이 계산된다.

SPN(Ps1) = IDR(S1) + IDR(S3)
SPN(Ps2) = IDR(S1) + IDR(S4)
SPN(Ps3) = IDR(S2) + IDR(S3)
SPN(Ps4) = IDR(S2) + IDR(S4) (5)

이와 같이 SPN을 정의하면 式(2), (3)에 의하여 계획시스템대체안의 우선순위 SPN은 Ps1이 가장 크고 Ps2가 가장 작게 되며, Ps2와 Ps3는 각 단말부분시스템 대체안의 IDR에 의하여 결정된다. 이와 같은 SPN의 정의는 SAT가 커져도 같은 형태로 정의된다. 이처럼 계획시스템대체안은 그 하위부분시스템 대체안을 어떻게 구성할 것인가에 따라 이들 NBR이 IDR의 값을 통하여 휘드·백된다. 이렇게 하여 그림3.의 S가 존재하는 레벨의 모든 부분시스템대체안에 순위가 부여되게 된다.

이렇게 설계된 SAT의 論理構造에 의하여 계획시스템대체안을 設定할 수 있고, 그 계획시스템의 부분시스템으로서 SAT의 어느 부분시스템대체안을 조합하였는가에 따라 그들의 NBR에서 IDR을 구하고 최종적으로 SPN에 근거하여 계획시스템대체안을 選定할 수 있게 되는 것이다.

4. 계획시스템대체안의 決定模型

4-1. NBR(Normalized Balloted Relevance)決定 알고리즘

SAT의 각 兄弟要素集合마다 전문가에 의한 투표가 행해지면, 표1.과 같은 投標結果가 얻어질 수 있게 된다. 이때 투표자가 n명일 때 이와 같은 투표결과가 n개 얻어진다.

표1. 投標結果

Evaluation criteria / Element / Weight	Criteria 1	Criteria 2	.....	.....	Criteria q
	V_1	V_2	.....	.....	V_q
Element 1	B_{11}	B_{12}	.....	.....	B_{1q}
Element 2	B_{21}	B_{22}	.....	.....	B_{2q}
Element k	B_{k1}	B_{k2}	.....	.....	B_{kq}
Element p	B_{p1}	B_{p2}	.....	.....	B_{pq}

여기서 요소1, 요소2, ..., 요소p는 하나의 형제요소집합의 요소이고, 평가기준1, 평가기준2, ..., 평가기준q는 SAT에서 이 형제요소집합이 존재하는 레벨에 설정된 평가기준이다.

1) W_e(e = 1,2,...,q)는 투표자에 의하여 부여된 평가기준 e에 대한 重要度로서,

$$\Sigma_{e=1,q} W_e = 1 \quad (6)$$

B_{ke}(k = 1,2,...,p; e = 1,2,...,q)는 요소 k의 평가기준에 대한 투표자의 평점으로서 100점 滿點으로 주어진다. 그리고 다음의 형식으로 Balloted Relevance(BR)가 계산된다.

$$BR(k) = \Sigma_{e=1,q} W_e \cdot B_{ke} \quad (7)$$

이 형제요소집합에 관한 투표자가 n명일 경우에는 표1.과 같은 투표결과가 n개 얻어지므로, 각 투표결과에 관하여 式(7)에 따라 BR(k)를 계산하고, 그것들의 평균인 Average Balloted Relevance(ABR)를 계산한다.

$$ABR(k) = [\Sigma_{i=1,n} BR(k)^i] / n \quad (8)$$

여기서 $BR(k)^i$ 는 i번째 투표자의 투표결과에 의해 계산된 BR(k)이다.

2) SAT에 있어서 논리의 일관성을 유지하기 위해 SAT의 각 요소의 ABR을 형제요소집합에 대하여 正規化시킨다.

(1) 여기서 형제요소가 기능레벨인 경우는 ABR을 1로 정규화한다.
이를 Normalized Balloted Relevance(NBR)로 정의하고 다음과 같이 나타낸다.

$$NBR_f(k) = ABR(k) / \Sigma_{j=1,p} ABR(j) \quad (9)$$

(2) 부분시스템레벨의 경우는 형제요소집합 중에서 ABR이 최대가 되는 것을 1이 되게 조정한다.

$$NBR_s(k) = \frac{ABR(k)}{\text{Max } \{ ABR(j) : J=1,2, \ldots, p \}} \quad (10)$$

끝으로, SAT의 각 형제요소집합마다 이와 같은 과정을 따라 전문가가 행한 투표에 의해 SAT의 각 요소의 NBR이 계산된다.

4-2. IDR(Integrated Direct Relevance)決定 알고리즘

SAT의 각 요소에 대해 계산된 NBR을 사용하여 각 요소의 SAT 전체에 대한 평점을 SAT의 垂直方向으로 乘算하여 구한다. 이 평점을 Integrated Direct Relevance(IDR)라고 정의한다. 구체적으로 그림2.의 SAT에 있어서 각 요소의 IDR은 다음과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned}
IDR_f(F1) &= IDR_s(Ps) \times IDR_f(F1) \\
IDR_f(F2) &= IDR_s(Ps) \times IDR_f(F2) \\
IDR_s(S1) &= IDR_f(F1) \times IDR_s(S1) \\
IDR_s(S2) &= IDR_f(F1) \times IDR_s(S2) \\
IDR_s(S3) &= IDR_f(F2) \times IDR_s(S3) \\
IDR_s(S4) &= IDR_f(F2) \times IDR_s(S4)
\end{aligned} \quad (11)$$

각 요소의 IDR은 SAT에 있어서 계획시스템으로부터 그 요소가 이르는 經路를 따라 上位要素의 IDR과 그 요소의 NBR을 곱하여 계산한다. 따라서 SAT의 요소 k에 관한 IDR의 論理式을 2가지로 나누어 아래와 같이 전개한다.

(1) 機能레벨의 경우;
$$IDR_f(k) = \pi_{m=1,r} [NBR_s(m-1)\ NBR_f(m)] \quad (12)$$
(2) 部分시스템레벨의 경우;
$$IDR_s(k) = [\pi_{m=1,r} \{NBR_s(m-1)\ NBR_f(m)\}]\ NBR_s(m) \quad (13)$$

여기서 $NBR_s(0)$는 계획시스템의 NBR로 1.0으로 하고, m(m= 1,2, ..., r)은 機能 및 시스템의 次數를 의미한다. 즉, $NBR_f(m)$은 m번째 기능레벨 요소의 NBR이 되고, $NBR_s(m)$은 m번째 시스템레벨 요소의 NBR이 된다.

4-3. SPN(System Priority Number)決定 알고리즘

SAT에서 추출된 계획시스템대체안에 우선순위를 부여하는 SPN決定方式은 그림3.에서와 같은 4가지의 계획시스템에 대하여 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} SPN(Ps1) &= IDR_a(S1) + IDR_a(S3) \\ SPN(Ps2) &= IDR_a(S1) + IDR_a(S4) \\ SPN(Ps3) &= IDR_a(S2) + IDR_a(S3) \\ SPN(Ps4) &= IDR_a(S2) + IDR_a(S4) \end{aligned} \qquad (14)$$

이와 같이 SPN은 SAT에서 선출된 계획시스템대체안의 端末部分시스템(Terminal subsystem)이 갖는 IDR의 合으로 계산한다. 이를 數式化하면,

$$SPN(Ps) = \Sigma_{l=1,u} \text{Max } \{IDR_a(j) : j=1,2,\ldots,p\} \qquad (15)$$

여기서 $IDR_a(j)$는 계획시스템대체안으로 선출된 단말부분시스템으로서 l(l=1,2,..., u)은 단말레벨의 機能 數가 된다.

이와 같이 하여 SPN을 규정하면 SAT에서 추출된 계획시스템대체안에 우선순위를 부여하는 相對的 數値가 된다.

5. 結言

이와 같이 계획시스템의 최적화를 위하여 단말부분시스템의 조합을 명확히 하는 계획시스템대체안시스템(SAS)은 프로젝트 진행 중에 발생하는 문제점의 본질적인 검토 즉, 계획대체안의 修正 및 變更에 즉각적으로 대응하게 해 준다는 면에서 기존의 유사모형보다 훨씬 유용성이 뛰어나다. 한편 본 模型이 갖고 있는 문제점으로는 첫째, 전문가를 대량으로 동원하여 구체적인 과제에 따라 SAT를 작성하고 그 유효성을 확인해야 하는 점 둘째, 목표의 불확실성이 크고 더욱이 그것을 달성하기 위한 시스템이 명확치 않는 경우 등에는 적합성이 결여된다는 점을 들 수 있다. 그러나 본 연구의 模型은 R&D 프로젝트의 계획대체안설정시스템 뿐만 아니라 목표대체안설정시스템(RDPGS/SAS_t)의 설계에도 평가기준을 약간 조정하는 정도로써 그 論理的 構成과 決定알고리즘을 그대로 적용할 수 있다는 점에서도 그 응용성이 극히 뛰어나다 하겠다.

參考文獻

1. White, D.R.J., et al., POED - A Method of Evaluating System Performance, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 10, No. 4, pp. 177-182.
2. Archnbald, R.D., Managing High-Technology Programs and Projects, John Wiley & Sons, 1976.
3. Sigford, J.V., Parvin, R.H., Project PATTERN - A Methodology for Determining Relevance in Complex Decision-Making, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 12, No. 1, 1965, pp. 9-13.
4. Goodwin, P.G., A Method for Evaluation of System Alternate Designs, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 19, No. 1, 1972, pp. 12-21.
5. Derkinderen, F.G.J., Crum, R.L., Project Set Strategies, Martinus Publishing, 1979.
6. Fisher, M., Toward a Methematical Theory of Relevance Trees, Technological Forecasting, Vol. 1, 1970, pp. 381-389.
7. 横瀨恭平, PATTERN에 의한 研究開發評價의 分析(日文), 技術과 企業, 1973, 10, pp.38-44.
8. 田村坦之 外, 大規模 시스템(日文), 昭光堂, 1986.
9. 權哲信, Feasibility Function의 定量化에 근거한 RDPPl/SAFE의 機能構築, 大韓産業工學會誌, 第8卷, 第2號, 1982, pp. 3-14.
10. 權哲信, 研究開發시스템代替案의 評價 및 選定을 위한 最適戰略解, 成均館大學校論文集<自然系>, 第32集, 1982, pp. 253-270.