

개념설계단계에서 요구품질을 고려한 설계사양 중요도 결정방법

박지형*(한국과학기술연구원 CAD/CAM 연구센터), 이중호(한국과학기술연구원 CAD/CAM 연구센터),
 염기원(한국과학기술연구원 CAD/CAM 연구센터)

A Priority Setting Method of the Design Specifications with regards to Functional Requirements at the stage of Concept Design

Ji-Hyung Park (CAD/CAM Research Center, KIST), Joong-Ho Lee (CAD/CAM Research Center, KIST),
 Ki-Won Yeom (CAD/CAM Research Center, KIST)

ABSTRACT

Prioritizing the design specifications among many alternatives is necessary at the stage of concept design. Design specifications have trade-offs between cost and performance, and the relationships among them, in the standpoint of various functional requirements, are complex. AHP (Analytic Hierarchy Process) method is one of the most popular ways of solving the priority setting problem. However, it is impossible to monitor the interim findings in the middle of the process, it is hard to predict the difference when changing pairwise comparison conditions, and the operation done by one person makes it hard to share the process simultaneously. This paper shows a new method of priority setting in this kind of decision making problem. This method is designed to support the realtime priority setting among many design specifications with regards to many functional requirements. A new algorithm and visualization methods are introduced, and the usability is verified in an exemplary concept design stage.

Key Words : Concept Design, Decision Making, AHP, Priority Setting

1. 서론

개념설계 단계에서 다수의 기능요구를 고려하여 설계사양을 결정하는 경우 설계사양간의 상충관계를 감안한 최적의 중요도 분포를 도출하는 것이 필요하다. 각각의 설계사양은 기능요구에 따라 그 중요도가 종속되는 계층적 관계를 형성하고 있다. 이러한 계층적 관계를 정의하고 설계사양간의 최적의 중요도 분포를 찾기 위해 보편적으로 사용해진 기법으로 AHP (Analytic Hierarchy Process, T.L. Saaty 1980)가 있다. 이제는 컴퓨팅 기술의 발달에 힘입은 원격설계, 협업설계 등의 진일보한 설계환경에 적합한 효율적이고 신속한 의사결정 지원시스템의 개발이 필요할 것이다. 본 연구는 설계자에게 유용한 정보를 신속하게 제공할 수 있는 직관적이고 세련된 의사결정 설계지원 시스템의 개발에 관한 것으로서, 기존의 AHP 기법의 단점을 극복한 실시간 알고리즘을 고안하고 이를 적용한 시스템 구현 및 간단한 사례를 통해 그 효용성을 평가한다.

2. 실시간 의사결정 알고리즘

개념설계 단계에서 제품의 설계사양과 목적하는 기능요구들의 목록을 기술함에 있어서 본 연구의

설계지원 시스템에서는 원형의 노드(node)로서 이들 기능요구 및 설계사양을 표시한다.

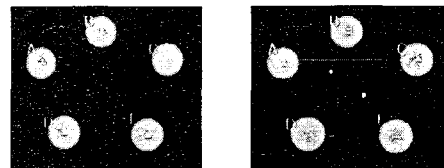


Fig. 1 Linked node diagram of realtime Decision Making

Fig.1의 원의 크기는 그 사양의 중요도 비중을 의미한다. 각 기능요구 관점에서 설계사양간의 1:1 비교를 통해 둘을 연결하는 직선을 생성하고 이를 이용하여 두 인자간의 중요도 관계를 표현하는데, 이 중요도 관계가 쌍대비교치이다. 이렇게 정의된 쌍대비교치를 이용하여 설계사양들의 전체적 중요도 분포를 즉각 계산한다. 5개의 설계사양 A, B, C, D, E에 대해 특정의 기능요구 관점에서 계산되는 A의 중요도는,

$$P^1_A = (P^{n-1}_A + R_{AB} \times P^{n-1}_B + R_{AC} \times P^{n-1}_C + R_{AD} \times P^{n-1}_D + R_{AE} \times P^{n-1}_E) / 4$$

여기서, P^1_A 는 n번째 산출된 A 사양의 중요도를 나

타내며, R_{AB} 는 A 와 B 의 쌍대비교치이다. 이 계산 과정은 하나의 쌍대비교치가 결정 또는 조정되는 순간마다 n 이 충분히 클때까지 반복된다. 본 알고리즘의 이러한 실시간 연산의 특징으로 인해 설계 사양의 중요도비중을 결정하는 의사결정과정의 즉각적으로 모니터링 될 수 있다. 연산횟수 n 이 충분히 크면 각 비교인자는 일정한 값에 수렴하게 되는데, 각 인자들이 수렴값에 충분히 가까워 졌는가를 판단하는 식은 아래와 같다.

$$P_A^i - P_A^{i-1} < Z$$

여기서 Z 는 n 회 반복연산에 의한 중요도 분포의 의미를 가질 수 있을 만큼 충분히 작은 수이다.

본 연구에서는 합리성을 평가하는 척도로서 합리도(R.T, Rationality Tension)라는 개념을 규정하여 사용하였는데, R.T 는 사용자가 결정한 쌍대 비교치에 의해 계산된 중요도와 설정된 비교치와의 최대 괴리를 표현한다.

$$K_{AB}^i = R_{AB} \times P_B^i / P_A^i$$

$$T^i = \max(K_{AB}^i, K_{AC}^i, K_{AD}^i)$$

여기서 K_{AB}^i 은 A 와 B 간의 괴리이며, T^i 은 해당 node 가 내재하고 있는 괴리 중 최대값으로서 R.T 를 의미한다.

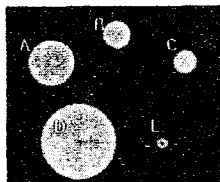
3. 설계적용예

아래는 설계대상의 예로서, 수동기어의 쉬프트 포크의 기능요구 및 설계사양의 간략한 도표이다.

○품목:Fork Shift Ass'y- Manual Transmission
○기능요구: 1. 내구성이 좋을 것. 2. Effort 가 적고 변속감이 좋을 것 3. 진동/소음이 적을 것. 4. 생산성이 높을 것.
○설계사양: 직경(A), 최대하중(B), 직각도(C) 표면경도(D), 접촉면적(E)

Table 1 Functional requirements and design specifications listed.

상기 설계대상에 대해 내구성의 기능요구 측면에서 진행한 설계사양 중요도 분포결과는 다음과 같다.



A	110	24.9%
B	68	15.4%
C	57	12.9%
D	178	40.4%
E	28	6.3%

Fig. 2 Node-link diagram and result table for Prioritizing of design specification.

이와 같은 방식으로 모든 기능요구에 대한 설계 사양 중요도 분포를 도출하고, 기능요구들 간의 중요도 분포 또한 같은 방식으로 계산하여 최종의 설계사양 중요도 분포를 획득하게 된다. 아래의 표는 이러한 결과의 한 예이다.

설계사양	중요도	결정 SPEC	최소	최대
직경(A)	7 %	D > 17mm	17mm	21mm
최대하중(B)	19 %	F > 170N	160N	190N
직각도(C)	35 %	C < 0.05	0.05	0.1
표면경도(D)	21 %	Min 750HV1	650HV1	800HV1
접촉면적(E)	18 %	A > 90mm ²	80mm ²	110mm ²

Table 2 Final result of decision making and Prioritizing for design specification.

4. 결론 및 향후 과제

상기 사례로부터 평가될 수 있는 본 시스템의 장점은, 1)의사결정 진행단계에서 중간과정 파악 가능, 2)불완전한 정보만으로도 의미있는 결과도출 가능, 3) 직관적 가시화 구현, 4) 다자간 원격 컴퓨터 환경에의 적용 가능 등이 있다. 또한 일련의 설계사양 결정과정이 종료된 후 추가적인 고려사항의 등장에 의해 재설계할 경우 현재의 결과를 바탕으로 연속작업이 가능하다는 장점이 있다. 이러한 장점은 대량의 기능요구와 설계사양을 포함하는 복잡한 설계조건에서 유용하며, 다품종 소량생산과 같은 개발목표의 변동이 심한 설계환경에서 강점을 보일 것이다.

본 시스템을 보다 다양한 설계환경에 적용될 수 있도록 하기 위해서는 다층적 구조에서 복잡하게 연결된 기능요구와 설계사양간의 관계들을 설계자가 용이하게 파악할 수 있도록 하는 계층적 구조의 가시화 방안의 연구가 필요하며, 본 시스템의 특징을 최대화 할 수 있는 분산 협업설계환경에서의 용이한 사용자 인터페이스 환경의 구축이 필요하다.

참고문헌

1. T.L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, McGraw-Hill, NewYork, 1980. pp. 56-57.
2. Saaty, Thomas L.. (1989) Decision Making, Scaling, and Number Crunching. Decision Sciences, 404-409.
3. 박지형, 이중호, 염기원, 이승수, 엄주일(2006), 「의사결정을 돕는 실감가시화 방안에 관한 연구」, HCI2006, 한국 HCI 학회.
4. 조근태, 조용곤, 강현수(2003), 「앞서가는 리더들의 계층분석적 의사결정」, 서울 : 동현출판사
5. Karl. T. Ulrich, 서효원,이현찬,김덕수 역(1999), 「제품설계 및 개발」, 시스마프레스.