

볼트의 자동공정계획수립을 위한 CBR시스템의 개발

김진백*

Developing CBR System for Bolt's CAPP

Kim, Jin-Baek

Computer aided process planning(CAPP) is a key for implementing CIM. It is the bridge between CAD and CAM and translates the design information into manufacturing instructions. Generally, manufacturing is an area where intelligent systems will not be able to rely on methods requiring formalized knowledge. Manufacturing lacks a body of knowledge that is specific, formalized, and rigorous, and which can be coded as rules or procedures. Thus expertise in manufacturing is developed over a period of many years. Case-based reasoning(CBR) offers a new approach for developing intelligent systems. In the case-based approach the problem solving experience of the experts is encoded in the form of cases. CBR's retrieval process can be divided to two step. The first step is matching step, and the second step is selection step. For selecting base case, new preference heuristics were introduced using similarity concept. Similarity concept has three dimensions, i.e. entity similarity, structural similarity, and goal similarity. In this paper, bolt's process planning was selected an application domain. Following the test result, the new preference heuristics were approved as a useful procedure in CAPP.

* 부산여대 경영정보과

I. 서 론

공정계획이란 공학적 도면의 정의에 따라 부품을 초기 형태에서 최종 형태로 전환하는데 필요한 제조공정과 매개변수의 정의에 관련된 것이다[Rogers 등, 1994]. 따라서 컴퓨터의 지원을 받아 공정계획수립을 자동화하는 분야인 CAPP(Computer Aided Process Planning)는 CAD(Computer Aided Design)와 CAM(Computer Aided Manufacturing)의 교량 역할을 한다. CAPP를 위한 접근법으로는 변성형 접근법(variant approach)과 생성형 접근법(generative approach)이 있다[Irani 등, 1995].

변성형 접근법의 기본가정은 새로운 부품에 대한 공정계획이 어떤 부품계열의 표준계획을 수정함으로써 수립될 수 있다는 것이다. 따라서 새로운 부품에 대한 공정계획은 유사한 부품에 대한 기존 계획을 검색한 후 새로운 부품에 적합하게 필요한 수정을 하므로써 생성된다. 일부 변성형 시스템들은 제조방법의 유사성에 따라 부품들을 다수의 부품계열로 집산화하기도 한다. 변성형 접근법은 투자비용이 적고, 개발시간이 짧다는 것과 개발비용과 H/W 비용이 적게 소요되기 때문에 많이 이용되고 있다[Alting 등, 1989]. 그러나 변성형 시스템은 제조방법의 수정시 일관성 유지가 어려우며, 기하학적 형태, 크기, 정밀도, 자재, 품질, 공정 부하 등의 다양한 결함을 수용하기 어렵고, 공정계획의 질이 공정계획자의 지식배경에 의존한다는 단점이 있다.

생성형 접근법은 CAD와 부품 청사진으로부터 획득 가능한 정보를 입력 자료로 이용해서 부품에 대한 공정계획을 합성하려는 접근법으로서 제조규칙과 설비능력을 컴퓨터 시스템에 저장해 두고 공정계획자의 개입없이 특정 부품에 대한 공정계획을 생성하게 된다. 생성형 접

근법의 장점은 공정계획의 일관성과 완전 자동화에 있다. 따라서 종전에 제작한 경험이 없는 새로운 부품에 대해서도 생산공정에 관한 원칙이나 원리에 기초해서 자동적으로 공정계획을 생성할 수 있다. 그러나 생성형 접근법은 복잡성과 개발의 어려움으로 인해 개발시간과 비용이 많이 소요된다.

CBR(Case-based Reasoning) 기법은 과거의 문제해결경험을 새로운 문제해결에 이용하려는 방법이다. 따라서 CAPP에 대한 접근법 관점에서 보면 CBR 기법은 변성형 접근법에 속한다. 제조분야는 지적시스템이 형식화된 지식(formalized knowledge)을 필요로 하는 방법들에 의존할 수 없는 영역이다[Tsatsoulis 등, 1993]. 즉, 제조분야는 명시적이며 형식적이고 엄격한 지식과 규칙이나 절차로 나타낼 수 있는 지식이 부족한 영역이라 할 수 있다. 제조분야의 전문가들은 문제해결시 도메인 지식만을 이용하지 않으며, 사례를 이용한 장기간의 추론경험을 통해 획득된 전문지식도 이용한다. 그러므로 추론시 경험을 이용하는 CBR 기법은 제조분야의 문제해결을 지원하기 위한 유용한 접근법이 될 수 있다.

본 논문에서 대상으로 하는 분야는 볼트의 제조분야이다. 볼트는 기초 체결용 부품으로서 거의 모든 제품의 생산에 사용된다. 볼트는 크기와 모양이 다양하며, 용도 또한 다양하여 그 종류만도 무려 3만여 가지나 된다. 따라서 모든 종류에 대해서 제조방법을 규칙화하여 자동화하기란 매우 어렵다. 이로 인해 공정계획수립시 해당 분야의 실무경험이 풍부한 전문가들이 이를 수작업으로 공정계획을 수립하고 있다. 따라서 본 논문에서는 볼트의 공정계획수립을 자동화하기 위해 형식적 규칙대신 과거의 문제해결 경험을 이용하는 CBR 시스템을 개발하여 그 적용가능성을 확인하였다.

II. 볼트사례의 구조화와 사례표현

2.1 CBR(Case-based Reasoning)

인공지능분야에 있어서 CBR 기법의 기원은 Shank의 동적 기억(dynamic memory)에 대한 연구[Shank, 1982]에서 찾을 수 있으며, 최초로 개발된 CBR 시스템은 Shank의 연구를 이용해서 Kolodner가 개발한 CYRUS이다[Kolodner, 1983]. CYRUS 시스템은 미국의 전 국무장관 Cyrus Bance의 외교 순방, 회의 등에 관한 사실들을 시스템화한 것이다. CYRUS 시스템이 개발된 후 여러 유형의 CBR 시스템이 개발되어 계획, 설계, 진단 등 다양한 분야에 적용되었다.

계획이란 어떤 목적을 달성하기 위한 행동들의 명시적 순서라 할 수 있다. 따라서 계획수립은 행동순서를 찾는 과정이라 할 수 있다. 고전적인 계획기법들은 최적의 행동순서를 찾기 위해 시행착오적인 방법으로 미래에 대한 투사(projecting)를 실시하였다[Khemani 등, 1995]. 이러한 고전적 방법들은 현실의 안정성, 계획수립에 소요되는 시간과 계획실행에 필요한 시간의 독립성, 이용 가능한 정보의 완전성, 정확한 계획의 불변성 등을 가정하고 있다. 그러나 이러한 가정들은 현실을 너무 엄격하게 제약하게 된다.

복잡한 도메인내에서 완전한 추론의 어려움을 다루기 위한 유일한 방법은 계획수립과 학습을 단일 대리인구조로 통합하는 것이다[Hammond 등, 1993]. 계획분야를 대상으로 한 CBR 기법을 사례기반계획(Case-Based Planning : CBP)이라고 하며, CBP는 계획수립과 학습을 단일구조로 통합할 수 있는 방법으로서 사람들의 일반적인 계획수립절차를 모방한 방법이다. 즉, 사람은 기억을 통해 계획을 수립한다. 예를 들면 의사가 수술을 할 때 기본행위(primitive actions)의 집합으로부터 단계별로 계획을 수립하지는 않는다. 대신 의사는 유사한 상황에서 수행했던

과거의 수술을 기억한 후 이를 수정해서 새로운 상황에 적합시키게 된다. 또한 건축가가 새로운 설계를 시작할 때도 모든 가능한 부분계획들(subplans)을 결합하는 것이 아니라 이전의 설계안들을 기억해낸 후 이를 고객의 욕구에 적합하도록 수정을 하는 것으로 볼 수 있다. 그러므로 CBP에서는 계획수립을 기억재생이라고 본다[Hammond, 1990].

CBR은 어떤 문제의 경험을 사례로 저장해둔 후 미래에 유사한 문제에 직면했을 경우 이의 해결수단으로서 과거의 문제해결경험을 재사용하려는 방법이다. 따라서 CBR 과정은 사례의 검색, 재사용, 수정, 보관이라는 4단계로 구성된다. 검색(retrieve)단계는 문제가 주어지면 문제의 주요 속성을 추출한 다음 이들 속성을 이용해서 저장된 사례를 찾는 단계이다. 검색결과는 3가지로 요약될 수 있으며, 첫째는 둘 이상의 유사한 사례가 검색되는 경우, 둘째는 유일한 유사 사례가 검색되는 경우, 셋째는 유사한 사례가 검색되지 않는 경우이다[Mahapatra 등, 1994]. 재사용(reuse)단계는 검색결과로 주어진 유사사례를 이용해서 문제해결을 시도하는 단계이다. 검색결과로서 단일 사례가 검색되면 이를 통해 문제를 해결하게 되며 둘 이상의 유사한 사례가 검색되면 속성별 비교를 통해 유사성을 측정된 후 주어진 문제에 대해 가장 유사성 측정치가 높은 사례를 기저사례로 선택해서 문제의 해결을 시도한다. 수정(revise)단계는 선택된 기저사례가 문제와 차이가 있을 경우 이를 문제에 적합하게 변형시키는 단계이다. 이는 선택된 기저사례가 문제와 완전히 일치할 수도 있으나 경우에 따라서는 부분적인 차이가 발생할 수도 있기 때문이다. 따라서 이 경우에는 사용자와의 상호작용을 통해서 차이부분에 대한 부분적인 수정을 거쳐서 문제에 적합한 해를 생성하게 된다. 보관(retain)단계는 문제해결경험을 미래에 재사용하기 위해 저장하는 단계이다. 새로운 문제가 기존 사례의 문제기술부분과 완

전히 일치하였을 경우에는 기존문제와 동일한 문제이므로 이에 대한 해결방법을 저장하면 중복저장이 된다. 따라서 이 경우에는 사용한 해결방법을 저장할 필요가 없다. 그러나 문제가 기존 사례의 문제기술부분과 차이가 있을 경우에는 사용한 해결안과 문제를 사례베이스에 저장해서 향후 이용할 수 있도록 한다. 따라서 CBR은 새로운 문제가 발생할 때마다 위의 과정을 반복하므로써 문제해결을 지원하게 된다.

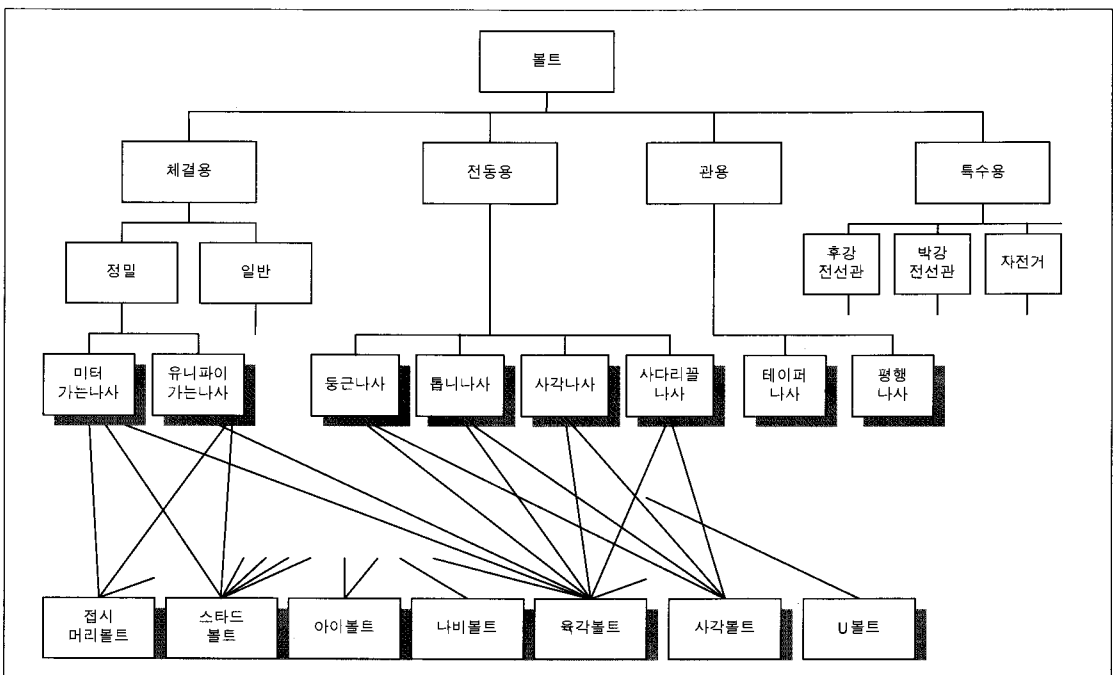
2.2 사례베이스의 구조화

2.2.1 볼트의 계층구조

볼트의 부품 형태는 비교적 간단하나 그 종류는 머리모양, 나사산의 모양 등에 따라 매우 다양하다. 그러나 볼트의 종류가 다양하기는 하나 용도, 나사산의 모양, 머리모양 등에 있어서 공통적인 요소가 많이 존재한다. 따라서 이러한 특성을 이용해서 볼트는 <그림 1>과 같이 계층

화될 수 있다.

먼저 볼트는 용도에 따라 체결용, 전동용, 관용, 특수용으로 세분될 수 있으며, 체결용 볼트는 사용분야에 따라 정밀용과 일반용 볼트로 나뉠 수 있다. 정밀용 볼트는 나사산의 모양에 따라 미터 가는나사와 유니파이 가는나사로 세분될 수 있으며, 이들은 머리모양에 따라 보다 다양한 형태의 볼트로 세분화될 수 있다. 일반용 볼트는 나사산의 모양에 따라 미터보통나사, 미니츄어나사, 유니파이 보통나사 등으로 세분될 수 있으며, 이들 또한 머리모양에 따라 보다 다양한 형태의 볼트로 세분화될 수 있다. 전동용 볼트는 나사산의 모양에 따라 등근나사, 톱니나사, 사각나사, 사다리꼴나사 등으로 세분될 수 있으며, 이들 모두 육각 혹은 사각볼트가 될 수 있다. 또한 관용 볼트는 나사의 형태에 따라 테이퍼형과 평행형으로 나뉘며, 특히 관용볼트는 머리부분이 없는 것이 특징이다. 특수용은 사용용도가 매우 특수해서 계층화가 어려우나



<그림 1> 볼트의 계층적 구조

후강 전선관용, 박강 전선관용, 자전거용 등으로 나눌 수 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 볼트는 간단한 형태이기는 하나 그 종류는 나사부분과 머리부분의 결합형태에 따라 매우 다양함을 알 수 있다. 따라서 이들 볼트를 각각의 유형별로 사례화할 경우에는 중복저장문제가 심각해질 것이므로 <그림 1>과 같이 볼트구조에 따라 사례를 계층화시킨 후, 하위수준의 사례들이 상위수준의 사례정보를 상속받게 하는 것이 합리적인 것이다.

2.2.2 사례베이스의 구조화

사례베이스(casebase : CB)의 구조에는 평면 구조(flat structure), 속성공유 네트워크(shared feature network), 차별화 네트워크(discrimination network) 등이 있다[Kolodner, 1993]. 이중 가장 단순한 것은 사례를 평면구조로 조직하는 방법이다. 평면구조란 사례들을 단순 리스트나 배열을 이용해서 순차적으로 저장한 형태이다. CB가 평면구조형태로 조직되어 있을 경우 사례검색은 입력된 문제와 저장된 모든 사례를 비교한 후 가장 일치하는 사례를 선택하므로써 수행된다. 평면구조의 이점은 사례검색시 모든 사례들을 평가하므로 항상 최적의 사례를 검색할 수 있다는 점과 새로운 사례의 추가비용이 저렴하다는 것이다. 그러나 CB를 평면구조화할 경우에는 사례검색시간이 많이 소요된다는 문제점이 있다.

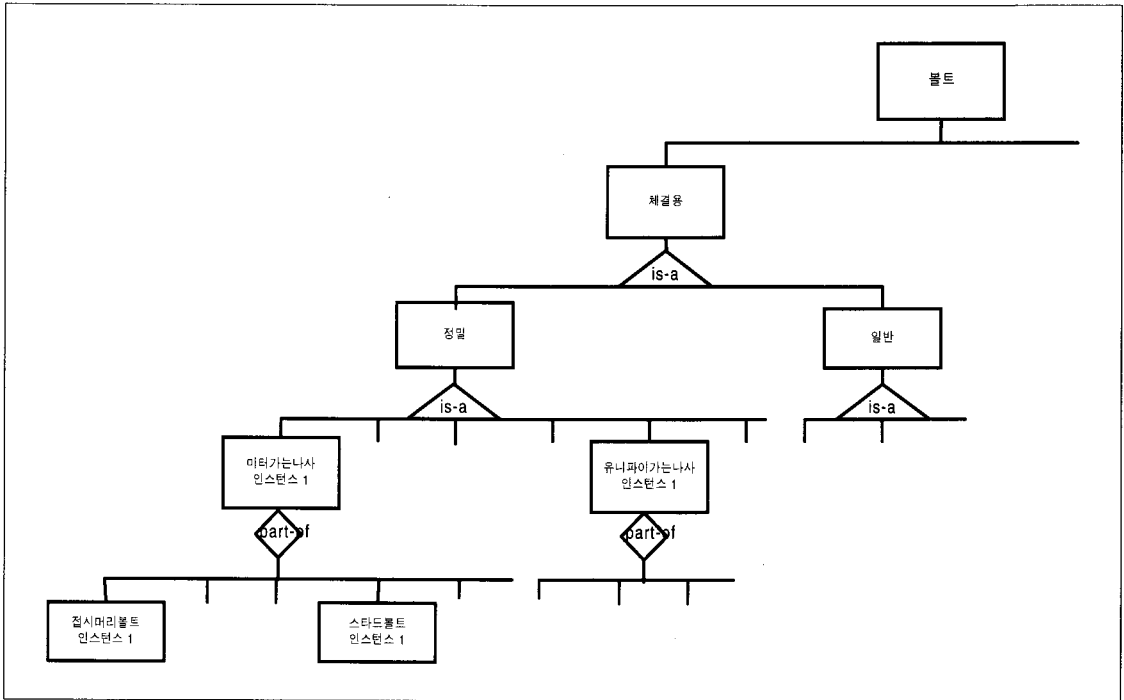
속성공유 네트워크란 사례들을 유사성기준에 따라 CB를 계층적으로 조직한 것으로 내부 노드는 하위노드들의 공통속성에 대한 정보를 가지며 최하위노드들이 사례가 된다. 속성공유 네트워크에서의 사례검색은 폭우선(breadth-first)탐색원칙에 따라 문제와 가장 유사한 사례 집단의 경로를 향해하므로써 수행된다. 따라서 속성공유 네트워크는 일부 사례들만을 평가 대상으로 하기 때문에 사례검색시간이 절약된

다는 이점이 있다. 그러나 새로운 사례를 추가하려면 해당 클러스터를 찾아야 하므로 비용이 많이 소요되며 사례추가로 인해 항상 최적의 네트워크구조를 유지하기가 어렵다. 또한 계층화를 위한 추가공간이 필요하며, 추론목적별로 정확한 검색을 하기 위해서는 다수의 네트워크구조가 필요하며, 부분적 검색으로 인해 최적의 사례를 검색하지 못할 수도 있다.

차별화 네트워크는 유사성보다는 차별화에 중점을 두므로써 사례들을 계층화한 CB 구조이다. 따라서 차별화 네트워크의 내부노드에는 해당 노드의 하위 항목들을 분류하기 위한 질문을 나타낸다. 차별화 네트워크에서는 차원의 중요성 순서에 따라 사례들을 분류하기 위해 주요 질문을 상위계층에 두게 된다. 차별화 네트워크는 속성공유 네트워크가 갖는 이점 이외에도 단일의 질문으로 검색이 이루어지므로 보다 효율적이며, 색인과 사례조직간의 연결이 직관적이다. 또한 속성과 속성값이 분리되어 있어 유용한 속성의 유지가 용이하다. 그러나 차별화 네트워크는 속성공유 네트워크의 단점 이외에도 누락된 정보(missing information)의 취급이 어려우며 단일질문에 따라 구조화가 되었기 때문에 상위계층에서 잘못된 노드를 선택하였을 경우에는 원하는 결과를 얻지 못할 가능성이 속성공유 네트워크보다 크다는 문제점이 있다.

CBR은 일반지식이 아닌 특정 상황에 관련된 경험적 지식을 이용하므로 대량의 사례들을 필요로 하는 추론방법이다. 또한 볼트의 경우에는 공통된 속성값이 많으므로 검색시간을 절약하면서, 상속개념을 이용할 수 있는 속성공유네트워크를 이용하는 것이 효율적이라 할 수 있다. 따라서 볼트의 공정계획문제를 대상으로 한 CB의 구조는 <그림 2>와 같은 계층적 구조형태를 가지게 된다.

<그림 2>에서 사례들간의 관계측면에서 볼 때 볼트의 계층구조상에서 루트로부터 나사산



<그림 2> 볼트의 공정계획문제에 대한 CB의 구조

의 모양에 따른 분류까지는 is-a 관계형태로 상위사례와 하위사례가 연결되어 있다. 머리모양에 따른 분류단계에서는 나사산 모양에 따른 상위사례와 part-of 관계로서 상/하위사례가 연결되어 있다. 따라서 머리모양에 따른 개별사례의 문제기술부분에는 머리부분에 대한 정보만 가지면 된다. 또한 개별사례클래스들이 갖는 사례의 수적 측면에서 볼 때 루트에서 부터 용도에 따른 분류단계까지는 사례클래스들이 1개의 사례만을 가지나 나사산의 모양에 따른 분류단계 이하의 사례클래스들은 다수의 사례들을 구성요소로 가진다.

2.3 구조적 기법을 이용한 사례표현

사례들은 한정된 수의 알려져 있는 단어(vocabulary)와 수치값을 갖는 속성들의 쌍(pair)으로 된 튜플형식으로 표현되는 것이 일반적이

다. 그러나 이러한 표현 형식은 part-of의 관계를 갖는 복합사례나 대형사례의 표현이 어렵다. 그러므로 복합사례나 대형사례를 효율적으로 표현하기 위해서는 사례를 구조적 표현법(structured representation)에 따라 표현해야 한다. 구조적 표현법의 이점은 2가지로 요약될 수 있다[Plaza, 1995]. 첫째는 복합객체(composite objects)의 표현이 자연스럽다는 것이다. 둘째는 구조적으로 표현된 사례는 사례의 일부분을 완전한 사례로 취급할 수 있는 능력을 제공해준다는 것이다. 따라서 사례의 일부분이 새로운 문제의 일부 혹은 전부를 해결하는데 이용될 수 있으며, 또한 검색된 여러 사례들을 결합해서 하나의 문제를 해결할 수 있게 된다.

일반적으로 사례는 문제기술부분과 해결안부분을 주요 구성요소로 갖는다[Mahapatra 등, 1994]. 사례의 구성요소중 문제기술부분은 상태를 코드화한 부분이다. CBR 과정에서 문제기술

부분은 새로운 문제와 기존 사례간의 유사성 평가를 위해 이용된다. CB를 이용해서 CAPP를 지원한다는 것은 과거의 관련 사례를 CB에서 검색한 후, 사용자의 요구사항에 적합하도록 과거 사례를 수정해서 공정계획을 수립하는 것을 의미한다. 이때 CB에서의 관련 사례검색은 볼트의 속성에 대한 사용자의 요구사항에 따라 이루어지며, 사용자의 요구사항 기술내용은 사례의 구성요소중 문제기술부분에 해당된다. 문제기술부분은 볼트의 용도, 머리부분 및 나사부분 등에 대한 정보로 구성될 수 있다. 볼트의 공정계획사례들을 계층화하였기 때문에 문제기술부분의 정보들중 검색시 이용되는 순서는 "용도에 대한 정보 => 나사부분에 대한 정보 =>

머리부분에 대한 정보"의 순이다. 만약 새로운 문제 혹은 상황이 기존 사례들중 어느 것과 문제기술부분이 충분히 유사할 경우 해당 사례를 선택해서 문제의 해결을 시도한다. 따라서 사례의 문제기술부분은 새로운 상황이나 문제에 기존 사례의 적용가능성을 평가할 수 있도록 충분히 세부적이어야 한다.

예를 들면 CB의 가장 하위계층에 위치하는 접시머리볼트의 경우 문제기술부분이란 가공에 필요한 볼트의 속성부분을 의미하며, 이는 크게 머리부분의 속성과 나사부분의 속성으로 분류될 수 있다. <그림 3>은 접시머리볼트에 대한 사례표현 예이다. <그림 3>의 (가) 부분은 상속개념이 고려되기전의 사례표현 예로서 문제기

(가) 상속개념 고려전의 사례표현

사례식별자 : 접시머리볼트 인스턴스 1-1;
 용 도 : 정밀;
 사례사용일 : 97년 5월 24일;
 이용 빈도 : 12회;
 머리 속성 : 종 류 : 접시;
 상부 직경 : 20;
 높 이 : 5.5;
 흡 모 양 : +;
 변화 각도 : 90도;
 나사 속성 : 종 류 : 미터가는;
 호 칭 : M10;
 피 치 : 1.25;
 접촉 높이 : 0.677;
 외 경 : 10;
 몸통 길이 : 50;
 나사부길이 : 35;
 끝 모 양 : 둥근끝;
 공정 계획 : 1. 절단
 2. 모서리면취
 3. 후렉션기계가공
 4. 스크랩제거
 5. 전조작업
 6. 머리홈생성
 7. 열처리
 8. 도장

(나) 상속개념 고려후의 사례표현

사례식별자 : 접시머리볼트 인스턴스 1-1;
 사례사용일 : 97년 5월 24일;
 이용 빈도 : 12회;
 머리 속성 : 종 류 : 접시;
 상부 직경 : 20;
 높 이 : 5.5;
 흡 모 양 : +;
 변화 각도 : 90도;
 part-of속성 : 미터가는나사 인스턴스 1-6;
 공정 계획 : 1. 절단
 2. 모서리면취
 3. 후렉션기계가공
 4. 스크랩제거
 5. 머리홈생성

<그림 3> 상속개념 고려전후의 볼트의 공정계획사례에 대한 표현 예

술부분에 있어서 용도와 나사의 속성부분은 상위단계에서 이미 기술된 정보와 동일하다. 즉, 나사부분의 속성 및 공정계획에 대한 정보는 상위단계의 사례에도 기술되어 있어 저장공간의 낭비를 초래하므로 part-of의 관계를 이용해서 나사사례에 대한 사례식별자(case identifier)만을 표시하는 것이 효율적일 것이다. 따라서 (가) 형태의 사례표현은 (나) 형태로 수정되어야 한다. 그리고 용도는 사례가 나타내는 객체의 이용목적을 의미하는 것으로, 이는 나사사례의 상위단계인 용도사례의 속성이다. 용도를 속성으로 처리함에 따라 해당 사례를 동일한 목적인 경우 다양한 문제상황에서 이용 가능하게 할 수 있을 것이다. 공정계획부분은 해당 사례의 과거 해결안을 의미한다.

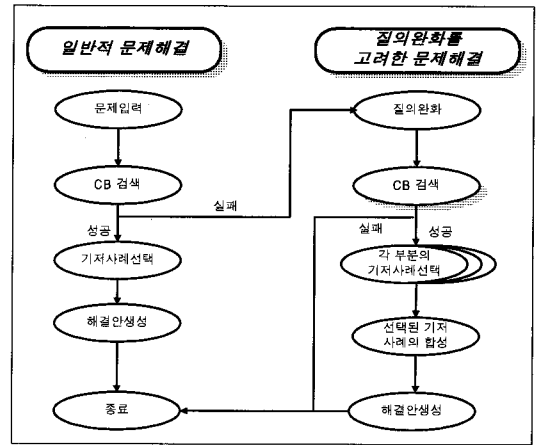
III. 사례의 검색 및 실험

3.1 사례의 검색절차

대부분의 데이터베이스시스템이나 일반 정보 시스템들은 사용자와 협동적으로 작업을 수행하지 않기 때문에 이용의 어려운 점이 많다. 사람과 달리 정보시스템은 입력된 내용 자체만을 가지고 질의에 응답하므로써 유연성이 부족하다. 따라서 정보시스템 이용시 방해현상(stonewalling)이 발생할 수 있다[Kaplan, 1982].

정보시스템이 방해현상을 일으키지 않기 위해서는 협동적 응답기능(cooperative answering)을 가질 필요가 있다. 협동적 접근법은 문제에 대한 불명확한 정의를 허용한다[Forslund 등, 1995]. 정보시스템에 협동적 기능을 부여하는 방법에는 질의와 관련된 일반적 및 연관된 정보를 제공하는 방법과 관련 주제에 관한 정보를 추가시키는 방법이 있다[Gaasterland 등, 1992]. 후자의 방법은 사용자가 사전에 관련 정보를 알아야만 추가질의에 필요한 정보를 검색할 수

있어 불편하므로 전자의 방법을 이용하는 것이 보다 사용자의 편의성을 향상시킬 수 있다. 따라서 여기서는 전자의 방법을 이용해서 질의를 완화시키는 <그림 4>와 같은 검색절차를 이용한다.



<그림 4> 검색절차

검색절차의 첫단계는 사용자로부터 문제를 입력받는 것이다. 이후 시스템은 입력된 문제의 주요 속성을 이용해서 CB를 검색하게 된다. 만약 검색결과가 만족스러우면 이는 초기 질의조건으로 문제를 해결할 수 있는 사례를 발견한 경우로서 검색결과를 토대로 기저사례의 선택을 하게 된다.

만약 검색이 실패하였을 경우에는 초기 질의조건에 정확히 일치하는 사례가 발견되지 않았다는 것이므로 이 경우에는 유사성개념을 이용해서 질의조건을 완화시킨 후 재검색을 하게 된다. 유사성에는 개체유사성(entity similarity), 구조적 유사성(structural similarity), 기능적 유사성(functional similarity)이 있다[Liang 등, 1993]. 개체 유사성이란 두 개체가 지닌 표면적 속성들을 비교해서 측정하는 것으로, 이는 의미론적인 측면에서의 유사성 개념이라 할 수 있다. 구조적 유사성은 대응하는 두 개체의 내부

관계를 비교해서 측정하는 것으로 구조적 동질성 측면에서의 유사성 개념이라 할 수 있다. 또한 기능적 유사성이란 두 개체가 유사한 기능을 발휘하거나 유사한 목표를 달성하는가에 따라 측정되는 유사성 개념이다. 따라서 이는 실용적인 측면에서의 유사성 개념이라 할 수 있다. 3가지 측면의 유사성을 이용해서 질의조건을 완화시킨 뒤 검색결과가 만족스러우면 각 부분별 기저사례들을 선택해서 이들을 합성해서 해결안을 생성하게 된다.

<그림 4>의 검색절차는 질의완화과정을 거치지 않을 경우 표면적 속성만을 이용해서 관련 사례들을 추출하나, 질의완화과정을 거칠 경우에는 개체유사성, 구조적 유사성, 기능적 유사성 등의 측면에서 관련 사례들을 추출하므로 이들 유사성측면을 기저사례선택단계에서 반영해줄 수 있는 휴리스틱절차가 필요하다. 따라서 기저사례의 선택방법은 PARADYME에서 제시한 6가지 선호기준과 질의완화 방향으로 이용된 3가지 유사성측면을 고려해서 <표 1>과 같은 절차를 따른다.

PARADYME의 기저사례선택방법은 유용성(usefulness)을 중요시하는 방법이다[Kolodner, 1989]. 따라서 선택된 기저사례는 항상 수정을 최소화하는 사례라기 보다는 현재 목적에 가장 유용성이 큰 사례라 할 수 있다. 기저사례선택 절차의 1 단계에서는 비교대상이 되는 사례들이 질의완화과정을 거치지 않고 CB에서 검색된 사례들이라면 사용자의 판단에 따라 목표지향 선호도, 주요 속성 선호도, 상세 선호도 기준중에서 하나를 이용해서 관련 사례들을 평가하게 된다.

그러나 질의완화과정을 거친 사례집합들이 비교대상이 될 경우에는 완화의 방향에 따라서 특정 선호기준이 적용되게 된다. 만약 개체 유사성에 따라 질의조건을 완화하였다면 상세 선호도기준에 따라 검색된 사례들을 선별한다. 상세 선호도기준은 보다 상세히 일치하는 사례가 보다 예측적(predictive)이라는 원칙에 따른 선호기준이다. 질의완화방향이 개체 유사성인 경우 상세 선호도기준을 이용해서 관련 사례들을 선별하는 이유는 개체 유사성이 사물의 표면적 속성을 이용하는 유사성척도이기 때문이다. 따

<표 1> 기저사례선택절차

| 단 계 | 절 차 |
|--------|--|
| 제 1 단계 | IF 평가될 사례들이 원질의에 의한 것들이면 THEN 목표지향 선호도, 주요 속성 선호도, 상세 선호도 기준중에서 하나를 사용자가 임의로 선택해서 평가 ELSE CASE-1 완화방향 = 개체 유사성 => 상세 선호도를 이용한 평가 CASE-2 완화방향 = 구조적 유사성 => 주요 속성 선호도를 이용한 평가 CASE-3 완화방향 = 기능적 유사성 => 목표지향 선호도를 이용한 평가 |
| 제 2 단계 | IF 남은 사례의 수 ≥ 2 THEN 수정용이 선호도를 이용한 평가 ELSE 남은 1개의 사례를 기저사례로 선택한 후 종료 |
| 제 3 단계 | IF 남은 사례의 수 ≥ 2 THEN 빈도 선호도와 최신 선호도중 하나를 선택해서 평가 ELSE 남은 1개의 사례를 기저사례로 선택한 후 종료 |
| 제 4 단계 | 남은 사례들중 속성수가 최다인 사례를 기저사례로 선택 |

라서 개체 유사성의 경우 표면적 속성들이 많이 일치할수록 유사성이 높다고 보기 때문에 상세 선호도기준을 이용해서 유사성을 평가하게 된다.

완화의 방향이 구조적 유사성이었으면, 주요 속성 선호도기준에 따라 상대적으로 중요한 구성부분의 속성들만을 이용해서 사례를 선별한다. 주요 속성 선호도기준은 새로운 문제를 해결하는 과정에서 어떤 측면에 초점을 두어야 하는지를 알려주는 과거 사례를 이용해야 한다는 원칙에 따른 선호기준이다. 질의완화방향이 구조적 유사성인 경우 주요 속성 선호도기준을 이용해서 관련 사례들을 선별하는 이유는 구조적 유사성이 사물을 구조적 특성에 따라 분할한 후, 중요한 구성요소의 속성만을 가지고 사물의 유사성을 평가하는 척도이기 때문이다.

그리고 완화의 방향이 기능적 유사성이었으면 목표지향 선호도기준에 따라 추상화되지 않은 목적, 즉 원질의에서의 목적을 가지고 있는 사례를 선택한다. 목표지향 선호도기준은 유용성원칙에 따른 선호기준이다. 따라서 목표지향 선호도기준은 현재의 목적과 동일한 목적을 달성시켜 줄 수 있는 사례만이 유용하다고 보고 목적의 일치여부에 따라 사례를 선택하는 기준이다. 질의완화방향이 기능적 유사성인 경우 목표지향 선호도기준을 이용해서 관련 사례들을 선별하는 이유는 기능적 유사성이란 사물을 용도에 따라 분류하는 척도로서, 용도가 일치한다고 하는 것은 동일한 목표달성을 위해 검색된 사례가 이용가능함을 의미하기 때문이다.

2 단계에서는 1 단계에서의 평가결과 남은 사례의 수가 하나이면 더 이상의 절차를 무시하고 해당 사례를 기저사례로 선택한다. 만약 남은 사례가 둘 이상이면 다시 수정용이 선호도기준을 이용해서 보다 수정이 편리한 사례를

선별하게 된다. 수정용이 선호도기준 역시 목표지향 선호도기준과 같이 유용성원칙에 따른 선호기준이다. 수정용이 선호도기준을 이용해서 사례를 선별하는 이유는 신속한 문제해결을 하기 위해서 이다. 즉, 새로운 문제가 검색된 사례들과 완전히 일치하지 않을 경우 부분적인 수정을 해야만 한다. 이때 속성들중 수정이 용이한 속성도 있고 상대적으로 수정이 어려운 속성도 있으므로 수정이 어려운 속성과 일치하는 사례를 선택하므로써 문제해결시간을 절약하기 위해서 이다.

3 단계에서는 2 단계 평가결과 남은 사례가 1개일 경우에는 해당 사례를 기저사례로 선택하고 기저사례선택절차를 종료한다. 그러나 남은 사례가 둘 이상이면 이들중에서 빈도 선호도나 최신 선호도를 이용해서 최적의 사례를 선택하게 된다. 심리학자들의 연구결과에 의하면 자주 참조되는 것이 다른 유사한 것들보다 기억될 가능성이 높으며, 최근에 참조된 것이 다른 유사한 것들보다 기억될 가능성이 높다고 한다. 따라서 이러한 사람의 기억특성을 반영하므로써 추론과정이 보다 충실히 사람의 문제해결과정을 지원해줄 수 있기 때문에 빈도 선호도나 최신 선호도기준을 이용해서 사례를 선별하게 된다.

기저사례선택절차의 4 단계에서는 수립될 해결안의 타당성을 높이기 위해 보다 많은 정보를 지녔다고 할 수 있는 최다 속성 사례를 기저사례로 선택하게 되며, 이때 이용되는 평가함수(S)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S = \text{Max}(n_1, \dots, n_k)$$

여기서 n_i : i 사례의 속성수

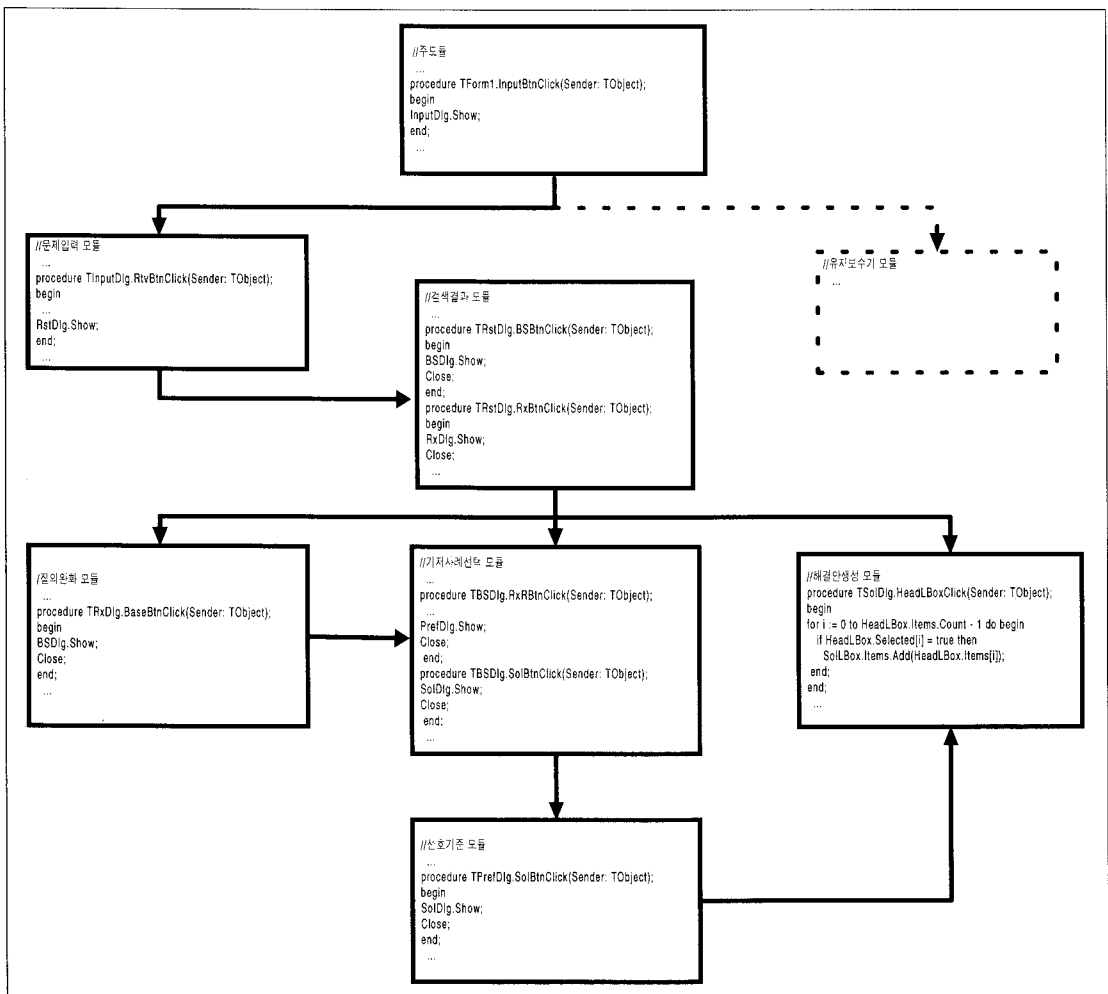
이상과 같은 검색절차와 관련된 CB 구조 및 관련 변수명, 시스템의 흐름도와 주요 모듈에 대한 기능명세서는 부록에 나타내었다.

3.2 모듈간의 호출관계

CBR 시스템에 있어서 문제해결을 위해 이용되는 주요 모듈간의 호출관계를 도식화하면 <그림 5>와 같다. 먼저 시스템을 실행시키면 주모듈에 의해 주화면이 나타나게 된다. 주화면에서 문제입력을 선택하면 문제입력을 위한 모듈이 호출되어 문제입력양식을 나타내게 된다. 문제입력이 끝난 후, 검색을 지시하게 되면 검색결과 모듈이 호출되어 검색결과를 나타내게 된다.

검색결과 제시후 호출되는 모듈은 검색결과

에 따라 결정된다. 검색결과가 단일사례이면 검색된 단일사례가 기저사례가 되므로 해결안생성을 위한 모듈이 호출된다. 만약 검색결과가 다수사례이면 기저사례선택을 위한 모듈을 호출하게 된다. 그리고 원질의에 의한 검색결과가 만족스럽지 못할 경우에는 문제정의를 완화시킨후 재검색을 하기 위해 질의완화를 위한 모듈을 호출해서 재검색을 하게 된다. 질의완화에 의한 검색후 모듈이 호출되는 과정은 원질의방식에서와 같이 기저사례선택 모듈, 선호기준 모듈, 해결안생성 모듈의 순이다.



<그림 5> 주요 모듈간의 호출관계도

기저사례선택 모듈에서는 단계별 선호기준에 의해 사례들을 선별하게 된다. 1단계 선호기준은 질의완화 여부에 따라 달리 적용된다. 만약 검색결과가 원질의에 의한 것이라면 사용자의 선택에 따라 목표지향 선호도, 주요 속성 선호도, 상세 선호도 중 하나가 1단계 선호기준으로 선택된다. 그리고 질의완화를 한 경우에는 질의완화방향에 따라 지정된 선호기준이 자동적으로 적용된다. 만약 1단계 선호기준에 의해 사례를 선별한 결과 다수의 사례들이 남을 경우에는 선호기준 모듈을 이용해서 2단계 이후의 선호기준들을 적용시키게 된다. 2단계 선호기준은 수용용이 선호기준으로서 이는 3단계 선호기준인 빈도나 최신 선호기준과 같이 사용자의 선택에 의해 결정된다. 그리고 3단계 선호기준 적용후에도 다수사례가 남을 경우에는 속성수가 최대인 사례를 기저사례로 선택한다. 문제해결의 최종단계는 해결안을 생성하는 단계이다. 해결안의 생성은 단일사례를 이용할 수도 있으며, 각 부분별로 다른 사례를 이용할 수도 있다.

3.3 시스템의 개발결과 및 적용

3.3.1 공정계획수립과정의 예시

개발된 CBR 시스템에서는 공정계획수립을 위해 단일사례를 이용할 수도 있고 다수사례를 이용할 수도 있다. 단일사례에 의한 공정계획수립은 새로운 문제와 완전히 일치 혹은 매우 유사한 사례가 CB에서 발견되었을 경우이다. 따라서 기존의 사례들중 새로운 문제의 해결에 유용한 사례가 발견되지 않았을 경우에는 질의완화기법에 따라 보다 광범위하게 관련 사례를 찾게 되며, 이때 주로 이용되는 방법이 다수사례에 의한 공정계획수립이다. 만약 <그림 6>과 같은 문제를 해결하려고 하는 경우를 고려해보자.

위와 같은 문제속성이 입력되면 검색시간을 절약하기 위해 다단계일치과정에 따라 먼저 체결용 중 정밀용도에 속하는 사례들로 문제범위를 축소

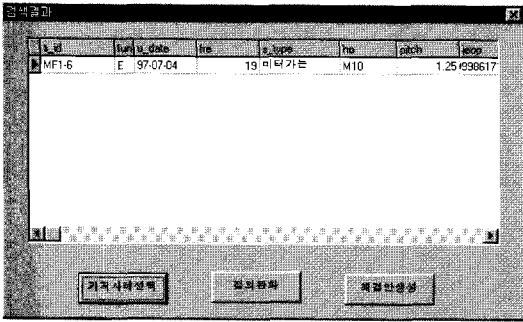
한 후 다시 나사의 종류속성에 따라 미터가는 나사들을 대상으로 "M10"이라는 호칭을 가진 나사 사례를 찾는다. 나사호칭이 "M10"인 사례가 존재하면 이와 연결된 볼트사례들중에서 접시머리볼트에 대한 사례를 검색하게 된다. 만약 <표 2>와 같이 미터가는 나사이면서 접시머리 볼트에 대한 사례들이 CB에 존재한다면 <그림 7>과 같이 첫 번째 사례와 새로운 문제가 유사하므로 사례 1이 추출된다. <그림 7>과 같은 경우는 단일사례가 선택된 경우이므로 기저사례선택과정을 거치지 않고 해결안 생성단계로 직접 이동하게 된다.

| | |
|------|----------------|
| 용도 | : 체결용 - 정밀; |
| 나사속성 | : 종 류 : 미터가는; |
| | 호 칭 : M10; |
| | 피 치 : 1.25; |
| | 접촉 높이 : 0.677; |
| | 외 경 : 10; |
| | 몸통 길이 : 50; |
| | 나사부길이 : 35; |
| | 끝 모 양 : 둥근끝; |
| 머리속성 | : 종 류 : 접시; |
| | 상부 직경 : 24; |
| | 높 이 : 5.5; |
| | 홈 모 양 : -; |
| | 변화 각도 : 90도; |

<그림 6> 새로운 문제의 속성에

<표 2> 미터가는 나사 + 접시머리볼트에 대한 사례예

| 속 성 | | 사례 1 | 사례 2 | 사례 3 | 사례 4 | 사례 5 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 나 사 속 성 | 종 류 | 미터가는 | 미터가는 | 미터가는 | 미터가는 | 미터가는 |
| | 호 칭 | M10 | M25 | M12 | M14 | M22 |
| | 피 치 | 1.25 | 0.35 | 1.25 | 1.25 | 1 |
| | 접촉 높이 | 0.677 | 0.189 | 0.677 | 0.577 | 0.541 |
| | 외 경 | 10 | 25 | 12 | 14 | 22 |
| | 몸통 길이 | 50 | 10 | 75 | 62 | 105 |
| | 나사부길이 | 35 | 8 | 21.5 | 23 | 30 |
| 머 리 속 성 | 종 류 | 접시 | 접시 | 접시 | 접시 | 접시 |
| | 상부 직경 | 20 | 5 | 24 | 27 | 36 |
| | 높 이 | 5.5 | 2 | 65 | 7 | 8.5 |
| | 홈 모 양 | + | - | + | + | + |
| | 변화 각도 | 90도 | 60도 | 90도 | 60도 | 60도 |

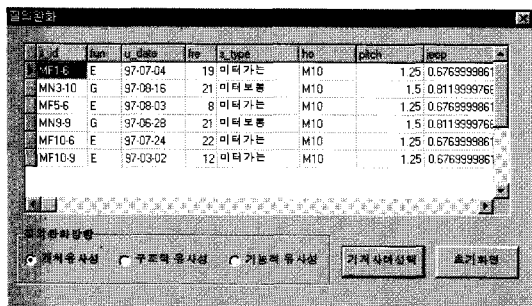


<그림 7> 질의의에 의한 검색결과화면

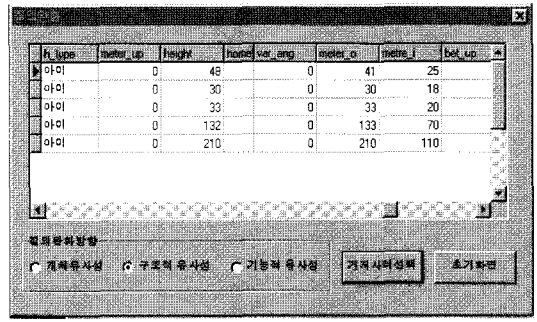
그러나 만약 새로운 문제의 속성들중 머리부분의 속성이 다음과 같을 경우에는 해당 사례를 찾을 수가 없다.

- 종류 : 아이볼트;
- 외경 : 40;
- 내경 : 25;
- 높이 : 48.5;

따라서 이 경우에는 질의완화기법을 이용해서 나사부분과 머리부분의 사례를 검색해야 한다. 만약 나사부분에 대한 사례검색을 위해 질의완화방향으로 개체유사성을 선택한다면 1차 주요 속성인 호칭에 대한 정보를 가지고 사례를 검색하게 된다. 그리고 머리부분에 대한 사례검색을 위해 질의완화방향으로 구조적 유사성을 선택한다면 머리의 유무에 따라 검색경로를 선택한 후 머리 모양에 대한 정보를 가지고 관련 사례를 검색한



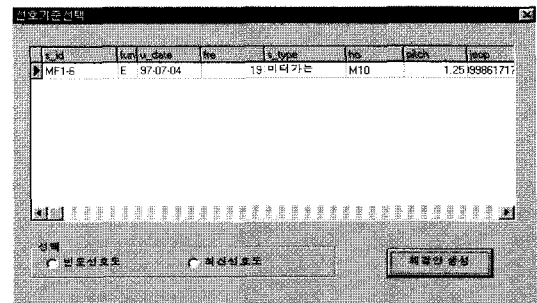
<그림 8> 나사부분에 대한 질의완화에 의한 검색결과



<그림 9> 머리부분에 대한 질의완화에 의한 검색결과

다. 나사부분과 머리부분에 대한 질의를 완화시킨 후 검색된 결과는 <그림 8>과 <그림 9>와 같다.

이 경우는 모두 다수의 사례들이 검색되었으므로 기저사례선택과정이 수행되어야 한다. 이들은 모두 질의완화에 의해 검색된 결과이므로 질의완화방향에 따라 초기 선호기준은 자동적으로 시스템에 의해 선택된다. 따라서 개체유사성에 따라 질의완화를 한 나사부분의 검색결과는 <그림 10>과 같이 상세선호도기준에 따라 일치하는 속성수가 가장 많은 MF1-6 사례만이 선택되었다.



<그림 10> 나사부분에 대한 1차 선호기준 적용 결과

또한 머리부분의 경우에는 주요 속성선호도에 따라 높이 속성에 의한 사례비교 결과 일치하는 것이 없어 <그림 11>과 같이 1단계 선호기준 적용전과 같이 동일한 결과를 나타내었다. 따라서 이 경우에는 2단계 선호기준인 수정용이 선호기준에 검색결과중 첫번째 사례가 문제와 매우 유사하여 기저사례로 선택되게 된다.

| 아이 | 0 | 48 | 0 | 41 | 25 |
|----|---|-----|---|-----|-----|
| 아이 | 0 | 30 | 0 | 30 | 18 |
| 아이 | 0 | 33 | 0 | 33 | 20 |
| 아이 | 0 | 132 | 0 | 133 | 70 |
| 아이 | 0 | 210 | 0 | 210 | 110 |

<그림 11> 머리부분에 대한 1차 선호기준 적용 결과

| | |
|------|-----------------------|
| 나사속성 | 사례식별자 : 미터가는나사 인스턴스 1 |
| | 종 류 : 미터가는 |
| | 호 칭 : M10 |
| | 피 치 : 1.25 |
| | 접촉 높이 : 0.677 |
| | 외 경 : 10 |
| 머리속성 | 몸통 길이 : 50 |
| | 나사부길이 : 35 |
| | 끝 모 양 : 둥근끝 |
| 공정계획 | 사례식별자 : 아이볼트 인스턴스 1 |
| | 외 경 : 40 |
| | 내 경 : 25 |
| | 높 이 : 48.5 |
| | 1. 주물작업 |
| | 2. 압정 |
| | 3. 전조작업 |
| | 4. 열처리 |
| | 5. 도장 |

<그림 12> 합성된 사례

머리부분에 대한 사례를 찾게되면 이미 검색한 나사부분에 대한 사례와 같이 새로운 문제를 해결하게 된다. 즉, 나사부분과 머리부분에 대해 검색된 사례를 통합(integration)해서 <그림 12>와 같은 합성된 기저사례를 생성하므로써 문제해결을 지원하게 된다. 또한 이 사례는 기존의 CB에는 존재하지 않는 사례이므로 문제해결후 저장과정을 거쳐 CB에 추가되게 된다.

합성된 사례의 공정계획부분에서 주물작업 및 압정 공정은 아이볼트의 사례에서 추출한 공정계획부분이며, 전조작업, 열처리 및 도장 공정은 미터가는 나사의 사례에서 추출한 공정

계획부분이다. 즉, 합성된 사례의 공정계획에서 머리부분에 대한 공정계획이 먼저 표시되어 있다. 그 이유는 볼트의 생산공정순서가 일반적으로 머리부분을 가공한 후 나사부분을 가공하기 때문에 머리부분의 계획에 나사부분의 계획을 추가함으로써 계획실행순서를 동기화(synchronization)시키기 위해서이다.

3.3.2 적용결과 및 활용분야

사례들의 검색은 플랫폼구조에서보다 계층구조에서 효율적이라고 알려져 있다. 또한 사전검색단계인 일치과정에서 다단계일치기법을 이용하므로써 검색의 효율을 보다 향상시켰다. 따라서 여기서는 시스템의 문제해결능력을 평가해보았다. 테스트에 필요한 사례들은 (주)Y 금속을 중심으로 수집하였다. (주)Y 금속은 영남에서 최대의 볼트생산규모를 가졌으며, 주문 및 시장생산방식으로 볼트를 생산하고 있다. CBR 시스템이 실제문제의 해결에 도움이 되는가를 알아보기 위해 특수용을 제외한 체결용, 전동용, 관용에 속하는 모든 나사와 볼트형태에 대한 총 135개의 사례중 불완전한 사례 20개를 제외한 115개의 자료를 가지고 사례검색을 시도해보았다.

총 23개의 질의문에 대해 일반적 검색절차에 의한 계획수립이 가능한 횟수는 16회였으며, 계획수립이 불가능한 횟수는 7회였다. 일반적 검색절차에 의해 계획수립이 불가능한 7회의 질의문에 대해 질의완화에 의한 검색절차를 적용해본 결과 모두 관련 사례들의 검색이 가능하였다. 이들 중 단일의 사례로 문제해결이 가능한 경우는 2회였으며, 나머지 5회는 모두 다수사례를 통합해야만 문제해결이 가능한 것으로 나타났다.

이상의 결과로 미루어 볼 때 CBR 기법이 볼트의 자동공정계획수립분야에 적용가능성이 매우 높을 것으로 판단된다. 따라서 보다 많은 사례들을 수집하여 대규모 사례베이스를 구축하면 공정계획자들의 업무부담을 경감시킬 수 있을 것이다. 또한 기업의 입장에서 볼 때 이 시

시스템은 공정계획자들의 이직에 따른 인력확보 문제를 해결해 줄 수 있다. 그리고 이 시스템은 신규사원들을 공정계획전문가로 양성하기 위한 훈련시스템으로도 활용이 가능할 것이다.

IV. 향후과제

의사결정자가 직면하는 문제들은 과거의 문제 해결경험과 모든 측면에서 항상 새로운 것은 아니나 완전히 동일하지도 않다. 즉, 대부분의 문제들은 과거에 해결한 문제들과 많은 측면에서 공통적인 요소를 지니고 있다. 따라서 과거의 문제해결 경험은 새로운 문제해결에 많은 도움을 줄 수 있으며 이는 공정계획수립문제 역시 예외가 아니므로 CBR 기법의 적용가능분야라 할 수 있다.

CBR 기법은 기존의 사례가 새로운 문제와 부분적인 차이가 있을 경우 기존의 사례가 지닌 해결안을 부분적으로 수정하므로써 문제를 해결하려는 방법이다. 수정에는 단기수정(short-term adaptation)과 장기수정(long-term adaptation)이 있다[Turner, 1989]. 단기수정은 문제 상황을 인식한 후 반응적으로 행위를 변경할 때 발생한다. 장기수정은 변화에 대응해서 전체적으로 행위저장소를 변경하거나 학습에 기초해서 행위를 변경할 때 발생한다. 따라서 단기수정은 CB의 구조변경이 필요없는 수정이며, 장기수정은 학습이나 상황변화에 따른 CB의 구조변경을 필요로 한다. 본 논문에서는 CB의 구

조변경부분을 포함하고 있지 않다. 따라서 향후 과제로서 CB의 구조교정규칙에 대한 연구가 수행되어야 할 것이며, 이는 DB 스키마의 동적 진화에 대한 연구와 연계될 수 있을 것이다.

대부분의 AI 기법에 기초한 정보시스템들은 자율적인 문제해결과정을 전제로 하고 있다. CBR 기법도 초기의 연구는 이러한 목표를 추구했지만 최근에는 DSS에서와 같이 사용자와의 상호작용에 의한 문제해결을 전제로 하고 있다. 따라서 본 논문에서는 해결안인 공정계획의 수정에 필요한 정보를 사용자에게 의존한다는 가정에 따라 시스템을 개발하였다. 그러나 제조분야의 지식이 형식화가 어렵기 때문에 본 논문에서는 구현하지 않았으나 규칙화가 가능한 일부 공정계획에 대한 수정지식이라도 지식베이스로 도입할 수 있다면 이를 통한 공정계획의 부분적 자동수립이 가능할 것이다. 만약 이것이 가능해지면 시스템에 대한 사용편리성이 더욱 향상되어 시스템의 활용율이 제고되리라 예상된다.

공정계획수립과 관련하여 또 다른 향후 연구과제가 될 수 있는 부분은 공정계획에 대한 설명기능 부분이다. 정보시스템의 이용자 모두가 응용분야에 대해 동일한 수준의 전문지식을 가지고 있지는 않은 것이다. 즉, 비전문가가 필요한 결과를 얻기 위해 시스템을 사용하였을 경우, 결과에 대한 이해가 부족할 수도 있다. 이를 위해 결과의 도출과정을 역으로 추적해서 공정계획수립과정을 설명해 줄 수 있다면 시스템에 대한 신뢰성이 향상될 수 있을 것이다.

〈참 고 문 헌〉

- [1] 편집부, 기계설계규격 및 데이터북, 일진사, 1997.
- [2] Altling, L. and H. Zhang, "Computer Aided Process Planning : the State-of-the-Art Survey," *International Journal of Production Research*, Vol.27, No.4, 1989, pp. 553-585.
- [3] Forslund, G., "Toward Cooperative Advice-Giving Systems-A Case Study in Knowledge-Based Decision Support," *IEEE Expert*, August, 1995, pp. 56-62.
- [4] Gaasterland, T., P. Godfrey, and J. Minker, "Relaxation as a Platform for Cooperative Answering," *Journal of Intelligent Information*

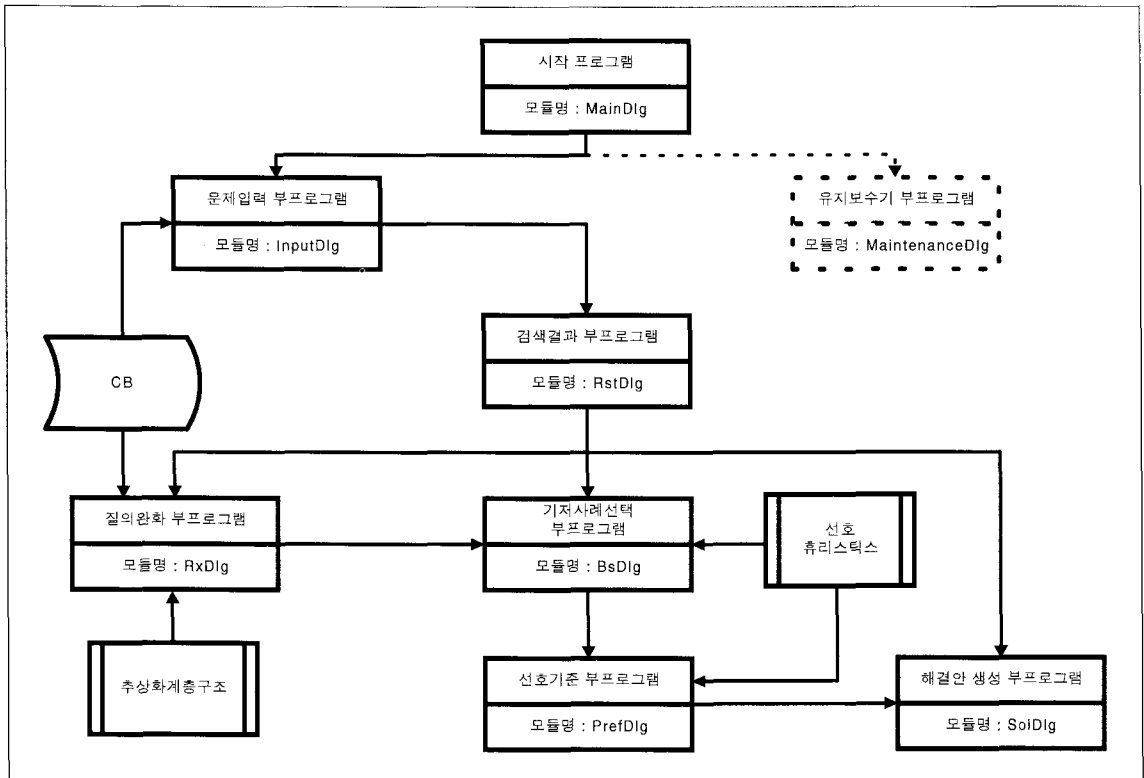
- Systems*, Vol.1, 1992, pp.293-321.
- [5] Hammond, K. J., "Case-Based Planning : A Framework for Planning from Experience," *Cognitive Science*, Vol.14, 1990, pp. 385-443.
- [6] Hammond, K., T. Converse, M. Marks, and C. M. Seifert, "Opportunism and Learning," *Machine Learning*, Vol.10, 1993, pp. 279-309.
- [7] Irani, S. A., H.-Y. Koo, and S. Raman, "Feature-Based Operation Sequence Generation in CAPP," *International Journal of Production Research*, Vol.33, No.1, 1995, pp. 17-39.
- [8] Kaplan, S. J., "Cooperative Responses from a Portable Natural Language Query System," *Artificial Intelligence*, Vol.19, 1982, pp. 165-187.
- [9] Khemani, D. and P. V. S. R. B. Prasad, "A Memory-Based Hierarchical Planner," *Lecture Notes in AI*, 1010, Springer Verlag, Heidelberg, 1995, pp. 501-509.
- [10] Kolodner, J., "Maintaining Organization in a Dynamic Long-Term Memory," *Cognitive Science*, Vol. 7, 1983, pp. 243-280.
- [11] Kolodner, J., "Reconstructive Memory, a Computer Model," *Cognitive Science*, Vol. 7, 1983, pp. 281-328.
- [12] Kolodner, J., "Judging Which Is the "Best" Case for a Case-Based Reasoner," *Proceedings : Case-Based Reasoning Workshop*, May, 1989, pp. 77-81.
- [13] Kolodner, J., *Case-Based Reasoning*, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1993.
- [14] Liang, T. and B. R. Konsynski, "Modeling by Analogy - Use of Analogical Reasoning in Model Management Systems," *Decision Support Systems*, Vol. 9, 1993, pp. 113-125.
- [15] Mahapatra, R. and A. Sen, "Case Base Management Systems : Providing Database Support to Case-Based Reasoners," *Journal of Database Management*, Vol. 5, No. 2, 1994, pp. 19-29.
- [16] Plaza, E., "Cases as Terms : A Feature Term Approach to the Structured Representation of Cases," *Lecture Notes in AI*, 1010, Springer Verlag, Heidelberg, 1995, pp. 265-276.
- [17] Rogers, J. S., P. A. Farrington, B. J. Schroer, and R. G. Hubbard, "Automated Process Planning System for Turned Parts," *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 5, No. 4/5, 1994, pp. 41-47.
- [18] Schank, R., *Dynamic memory : a Theory of Reminding and Learning in Computers and People*, Cambridge University Press, Cambridge, Massachusetts, 1982.
- [19] Tsatsoulis, C. and R. L. Kashyap, "Case-Based Reasoning and Learning in Manufacturing with the TOLTEC Planner," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.23, No.4, 1993, pp. 1010-1022.
- [20] Turner, R. M., "Case-Based and Schema-Based Reasoning for Problem Solving," *Proceedings : Case-Based Reasoning Workshop*, May, 1989, pp. 341-344.

부 록

1. CB 구조

| 번호 | 필드명 | 자료형 | key | 변수명 | 설명 |
|-----|----------|---------|-----|----------|---------|
| 1 | s_id | Text | Y | vsid | 나사사레식별자 |
| 2 | fun | Text | | vfun | 용도 |
| 3 | u_date | Date | | vudate | 사레사용일 |
| 4 | fre | Integer | | vfre | 이용빈도 |
| 5 | s_type | Text | | vstype | 나사종류 |
| 6 | ho | Text | | vho | 호칭 |
| 7 | pitch | Numeric | | vpitch | 피치 |
| ... | ... | ... | | ... | ... |
| 1 | h_id | Text | Y | vhid | 머리사레식별자 |
| 2 | h_type | Text | | vhtype | 머리종류 |
| 3 | meter_up | Numeric | | vmeterup | 상부직경 |
| 4 | height | Numeric | | vheight | 높이 |
| ... | ... | ... | | ... | ... |

2. 시스템 흐름도



3. 주요 모듈의 기능명세서

| | |
|-------------|---|
| 모듈명 | InputDlg |
| 입력요소 | 문제속성 |
| 출력요소 | 원질의에 의한 검색결과 |
| 처리절차 | <pre> read vfun, vstype, vho, ... open CB file do { if (fun=vfun and ho=vho and h_type=vhype) of case i then read case i } while(end of file) </pre> |
| 모듈명 | RxDlg |
| 입력요소 | 질의완화방향 |
| 출력요소 | 질의완화에 의한 검색결과 |
| 처리절차 | <pre> select (질의완화방향?) case 개체유사성 : select (완화횟수?) case 1 : do { if (ho=vho) of case i then read case i } while(end of file) case 2 : do { if(vfun=정밀 or 일반 or 전동) then read case i with (h_type=vhype) else read case i with (s_type=vstype) } while(end of file) case 3 : do { if(vfun=정밀 or 일반 or 전동) then read case i with (s_type=vstype) else read case i with (pitch=vpitch) } while(end of file) case 4 : do { if(vfun=정밀 or 일반 or 전동) then read case i with (pitch=vpitch) } while(end of file) case 구조유사성 : do { if(vhype=' ') then read case i with (ho=vho) else read case i with(h_type=vhype) while(end of file) case 기능유사성 : do { if(vfun=정밀 or 일반) then read case i with (fun=정밀 or 일반) else read case i with(fun=vfun) while(end of file) </pre> |

| | |
|-------|--|
| 모 들 명 | BsDlg |
| 입력요소 | 검색결과 |
| 출력요소 | 1단계 선별결과 |
| 처리절차 | <pre> if 검색결과 = 질의완화에 의한 검색결과 select (질의완화방향?) case 개체유사성 : for i=0 to n do count number of (문제속성=속성 of case i) 최대 count값을 갖는 case i 선택 case 구조유사성 : if vhtype = '' then 선택 case i with (ho=vho and s_type=vs_type and pitch=vpitch) else 선택 case i with (h_type=vhtype and height=vheight) case 기능유사성 : 선택 case i with (fun=vfun) else 상세선호기준 혹은 주요속성선호기준 혹은 목표선호기준중 택일후 검색결과 비교 </pre> |

| | |
|-------|---|
| 모 들 명 | PrefDlg |
| 입력요소 | 1단계 선별결과 |
| 출력요소 | 기저사례 |
| 처리절차 | <pre> 수정이 용이한 사례선택 if 남은 사례의 수 ≥ 2 then 빈도 혹은 최신선호기준중 택일 if (빈도선호기준 선택) then 최대빈도수를 가진 사례선택 else 최근이용사례선택 if 남은 사례의 수 ≥ 2 then 속성수가 최대인 사례선택 </pre> |

◆ 이 논문은 1999년 1월 21일 접수하여 1차 수정을 거쳐 1999년 5월 11일 게재 확정되었습니다.

◆ 저자소개 ◆



김진백(Kim, Jin-Baek)

현재 부산여자대학 경영정보과에 교수로 근무중이다. 부경대학교에서 경영 학사 및 경영학 석사, 부산대학교에서 경영학 박사학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 지적 DSS와 AI 분야, 시스템분석 및 설계 분야, 그리고 전자상 거래 분야 등이다.