

Rule과 Case를 활용한 설계 의사결정 지원 시스템

김민성, 진흥기, 정사범, 손기목*
예병진**

Decision Supporting System for Shadow Mask's Development Using Rule and Case

Minsung Kim, Honggee Jin, Sabum Jung, Keymok Shon*
Byungjin Ye**

요 약

최근에 경험적 지식을 체계화 하는 방법으로 사례기반추론(CBR: Case Based Reasoning) 및 규칙기반추론(RBR: Rule Based Reasoning)이 여러 분야에서 이용되고 있다. CBR과 RBR이 각각 활용되기도 하지만 문제 해결의 정확성을 높이기 위해 복합된 형태로 사용되기도 하고, 혹은 효과적으로 문제를 해결하기 위해 문제 해결 단계별로 각각 사용되기도 한다. 또한 데이터에서 지식을 추출하기 위한 세부 알고리즘으로는 인공지능과 통계적 분석기법 등이 활발하게 연구 및 적용되고 있다.

본 연구는 모니터의 핵심 부품인 새도우마스크(Shadow Mask)를 개발하는데 있어 도면 협의부터 설계까지의 과정에 CBR과 RBR을 활용하고 발생하는 데이터를 이용하여 진화(Evolution)하는 지식기반시스템(Knowledge Based System)으로 구축하는 것을 목적으로 하고 있다. 특히 도면 협의시 인터넷상에 웹서버 시스템을 통하여 규격(User Spec.)을 생성하고 이를 이용하여 자동으로 도면이 설계되도록 하고 저장된 사례들을 공유할 수 있도록 하여 도면 검토 시간이 단축되고 검토의 정확성을 기할 수 있어 실패비용을 감소시켰다. 그리고 실제 설계시 CBR과 RBR을 활용하여 자동설계를 할 수 있게 하였고 현장에서 발생하는 데이터를 지식화하여 유사사례 설계가 가능하도록 하였다.

지식기반시스템은 신속한 도면 검토가 가능하므로 인원 활용이 극대화되고, 새도우 마스크 설계자와 마스터 패턴 설계자 사이의 원활한 의사소통을 통해 고객과의 신뢰성 확보와 신인도 향상을 기대할 수 있는 효과가 있다. 그리고 고급설계자에게만 의지되어온 것을 어느 정도 해결할 수 있고, 신입설계자에게는 훌륭한 교육시스템이 될 수 있다.

Key words : Case Based Reasoning, Rule Based Reasoning, Shadow Mask

* LG생산기술원 지식기반그룹
** LG마이크론 개발팀

1. 서론 및 배경

지금까지 새도우마스크(SM : Shadow Mask) 제조를 위한 마스터패턴(MP : Master Pattern) 설계를 위해서는 칼라 디스플레이 튜브(CDT : Color Display Tube) 제조업체의 SM 설계자와 SM을 제조하는 업체의 MP 설계자 및 영업담당자가 직접 설계도면을 놓고 SM 제조 시 발생 할 수 있는 기술적인 문제점, 양산성을 협의하여 SM 설계도면의 수정 여부 및 방향을 결정하는 도면검토 업무를 수행하여 왔다. 매우 일반적인 SM 모델의 경우 전화, 팩스, 이메일을 이용하기도 한다. 하지만 MP 설계자가 SM 설계 도면의 많은 점검사항을 정확하게 검토하는 것은 아주 일반적인 모델일 경우에 해당하고 따라서 도면 검토가 잘못되어 CDT 제조업체나 SM 제조업체 모두 많은 손실을 입는 경우가 발생한다는 문제점이 있다. 또한, 상기와 같은 방법을 통해 도면 검토 작업은 CDT 제조업체가 국내에 위치하고 있는 경우에도 시간적인 손실을 야기하게 되며, 검토 후 오류가 발견되었을 경우에 신속한 조치가 이루어지지 않는다는 문제점이 있다. 그리고 CDT 제조업체가 국외에 있을 경우에는 도면 검토 작업은 물론이고 오류 수정을 위한 추가 검토 및 협의에 있어서 시간적, 공간적 문제로 발생하는 업무 손실이 매우 크다는 문제점이 있다. 이외에도, 도면 검토 업무를 직접 미팅을 통해 하거나 전화, 팩스, 이메일 등의 통신수단을 이용하는 경우, SM 설계자 또는 MP 설계자의 자료 혹은 노하우가 공유되기 어렵기 때문에 유사한 오류가 반복적으로 발생한다는 문제점도 배제할 수 있다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 종래에는 직접 미팅을 통해 철저한 검토 업무를 수행하고 있으나, CDT 외관상의 품질향상에 초점이 맞추어져 있는 SM 설계와, SM의 제조한계에 초점이 맞추어져 있는 MP 설계의 특성상의 제약이나 한계로 인한 그

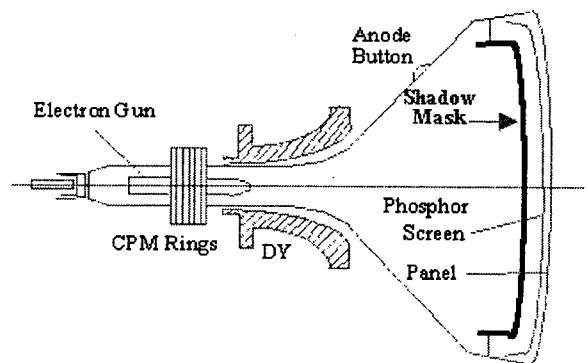
취약점이 존재한다.

본 연구는 전문가시스템을 구축하는데 주로 사용되어온 규칙기반추론(Rule Based Reasoning)과 사례기반추론(Case Based Reasoning)을 적절하게 적용한 지식기반시스템을 구축하는 것을 목적으로 한다[1,2,3]. 또한 CBR과 RBR의 장점만을 이용하여 본 시스템을 구축함으로써 모니터의 핵심 부품인 SM의 MP 설계 도면을 자동으로 검토함은 물론 MP 설계를 수행하는데 있어서 정확성과 신뢰성이 있는 지식기반시스템(Knowledge Based System)의 구현타당성을 검증하고자 한다[2,5,6].

2. 본론

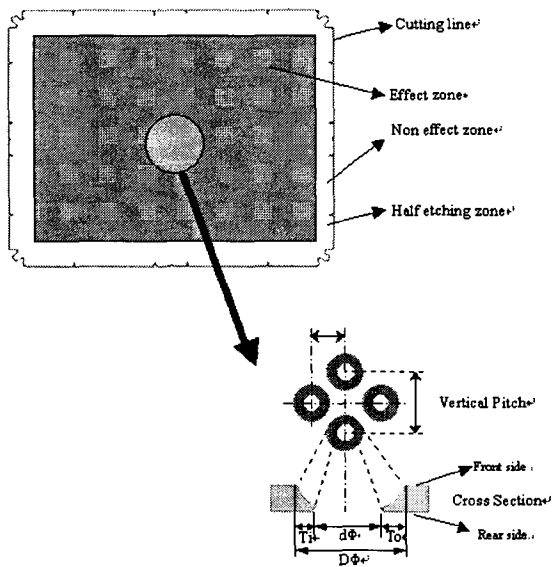
2.1 Shadow Mask의 구조와 설계

SM(Shadow Mask)은 전자총에서 방사된 R,G,B(Red, Green, Blue)전자 빔이 DY(Deflection Yoke)에 의해 편향되어 Screen상의 R,G,B화소에 정확히 위치할 수 있도록 색을 선별하고 빔을 가속시키는 역할을 하는 철판을 말한다. SM은 모니터용 DSM(Shadow Mask for CDT)과 TV용 PSM(Shadow Mask for CPT)이 있다. [그림1]은 CRT에서 SM의 장착위치를 보여주고 있다[2].



[그림 1] CDT의 구조와 SM 장착 위치

SM은 2개의 면으로 구성되어 있다. 모니터쪽을 향하여 있는 면을 1면이라고 하고 전차축쪽을 향하여 있는 면을 2면이라고 한다. 각 면은 부식과정에 의한 많은 구멍이 뚫려 있는데 이를 Slit이라고 한다. 일반적으로 1면의 구멍이 2면의 구멍보다 크며 1면과 2면 구멍의 차이를 Taper라고 한다. Taper는 2개가 있는데 SM의 중심에서 가까운 것을 Ti(Inner Taper)라고 하고 코너쪽에 가까운 것을 To(Outer Taper)라고 한다. 일반적으로 SM 중심부의 To, Ti는 차이가 없이 동일하지만 코너쪽으로 갈수록 To가 Ti보다 커진다. 이러한 경향은 1면과 2면의 Slit에 비틀림을 줌으로 인하여 발생하는데 이는 DY(Deflection Yoke)에 의해서 편향되는 빛을 화면에 선명하게 보여주기 위해서 발생된다. 아래 [그림2]는 SM의 외형 및 상세모양이다[2].



[그림 2] SM의 외형 및 상세모양

SM의 설계는 먼저 모니터 제조 업체로부터 공경크기 등의 원하는 사양을 받아 공정의 에칭(Etching)능력을 감안하여 최종제품의 공경이 원하는 크기로 형성될 수 있도록 패턴(Pattern)

공경의 크기를 결정하는 것이라 할 수 있다. 이 패턴은 유리건판위에 MP(Master Pattern)로 최초 형성하며, 공정의 여러 노광기에 장착하여 사용할 수 있도록 유리건판에 MP의 패턴을 복사하여 WP(Working Pattern)를 형성하는 두개의 작업으로 만들어진다. 최종제품이 Negative 형상이기 때문에 MP는 Negative Film 형태의 형상으로 설계되고, WP는 Positive Film형상을 갖는다. 즉 SM의 설계는 패턴이 반전되면서 고려되는 크기의 변화와 공정상의 정면, 노광, 현상, 에칭 등의 공정을 거치면서 각 공정에서 발휘되는 능력을 감안하여 공경의 크기 등을 결정하는 것이다. 그 중에서도 SM의 설계는 공정의 능력이 어느 정도인지를 명확히 파악하는 것이 매우 중요하다. 특히 에칭능력이 매우 중요한 사항으로 설계 인자(철판재료, 크기, 두께, 고객사 규격, 공정라인 등)별로 부식량이 어떻게 되는지를 파악하는 것이 설계능력을 좌우한다고 말할 수 있다. 그리고 설계시에 고객사에서 원하는 사양을 만족시키기 위해 단면을 어떤 형태로 만들어야 하는지도 중요한 사항이다. 이러한 단면의 형태는 패턴상의 공경크기, 공정조건의 변화 및 1,2면 공경의 형태에 따라 달라진다. 이외에도 SM 설계는 많은 고려사항이 있으며 이를 적절히 고려하여 MP의 크기를 결정하게 된다.

2.2 설계 지식의 추출 및 체계화

SM의 설계과정에서 설계자가 실제로 적용하는 모든 지식은 매우 다양하며 이를 명확하게 표현한다는 것은 매우 어렵다. 일반적으로 설계라는 것은 실제로 수행하기 가장 어려운 것 중의 하나이기 때문에 이러한 설계 지식을 추출하고 체계화하기 위해서는 먼저 설계지식에는 어떤 것들이 있는지 지식구조를 도출하고 이를 활용할

필요가 있다.

설계업무를 분석하여 설계과정에서 활용되는 모든 지식들을 포함시키려고 노력하였으며, 정량적인 부분과 정성적인 부분을 명확히 하였다. SM의 설계는 설계자들간의 설계방법 차이와 암묵적인 지식(경험적인 노하우)에 의존하는 경우가 많기 때문에 이를 체계화하는 작업에 많은 자원이 소모되었다. 설계지식 추출에는 주로 설계자와의 인터뷰(Interview)가 활용되었고 여러 명의 설계자가 서로 다른 의견을 보일 경우에는 회의를 통해 협의하는 과정을 거쳐 지식을 정형화, 체계화하는 작업을 수행하였다

2.3 공정 지식의 활용

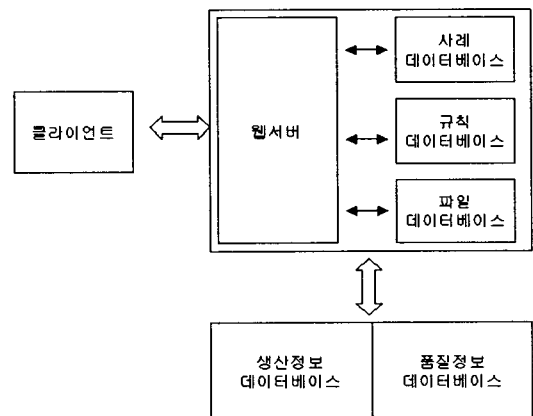
앞서 말한대로 SM의 설계는 공정능력을 파악하는 것이 중요한 것 중 하나이다. 그 중 에칭공정은 매우 중요한 공정으로 과거 생산데이터 분석을 통하여 각 에칭조건은 어떤 특성을 갖고 있으며, 어떤 관계가 있는지를 파악한 다음 설계에 고려되는 공정지식을 추출하는데 활용하였다. 설계자들의 협의를 이끌어 낼 수 없는 부분은 실제 실험을 통해 새로 지식을 추출하였다. 이러한 과정에서 공정조건이 공정에 어떤 영향을 미치는지를 정량화하였다. 예를 들어 속도, 압력등이 변화할 때 1, 2면 공경에 얼마나 영향을 끼치는지, 깊이에 얼마만큼의 영향을 주는지, 어떤 공정조건이 영향을 많이 주는지 등을 파악하고 이를 지식으로 활용할 수 있도록 하였다.

공정 지식을 도출하기 위해 먼저 공정조건인 주요인자를 도출하고 이들 조건이 MP의 크기, 유형별 SM의 공경변화에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 지식을 분석하였다. 또한 검증 및 지식추출을 위해 여러 공경유형 및 크기를 형성시킨 테스트패턴을 제작하여 그 결과를 활용하였다.

2.4 도면 검토

SM도면검토 시스템의 구조는 크게 클라이언트(Client)와 서버(Server) 시스템으로 구성된다. 클라이언트 시스템은 패턴 설계자가 규격에 관한 정보를 입력하고 이에 근거하여 자동으로 설계된 마스터 패턴을 검토할 수 있는 기능을 제공하며, 서버시스템은 설계자가 입력한 규격을 저장된 마스터 패턴의 사례 및 마스터 패턴의 규칙에 따라 분석하고 그 분석결과에 따라 마스터 패턴을 자동으로 설계하는 기능을 제공한다.

일반적인 MP 설계방법은 설계하고자 하는 SM의 규격을 SM 좌표별 공경정보로 변경하는 1단계와, 1단계에서 변경된 공경정보에 따라 SM 설계 시 사용되는 마스터 패턴을 설계하는 2단계로 구성되어 있으며 마스터 패턴을 설계하는 설계자는 요구사항을 만족시킬 때까지 1, 2단계를 반복하여 수행한다.



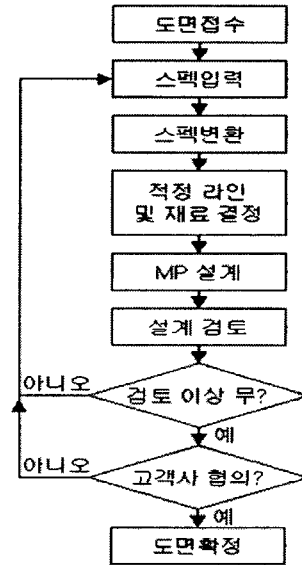
[그림 3]도면 검토 시스템 구성도

MP 설계시스템은 [그림3]같이, MP 설계자의 PC나 SM 설계자의 PC 등으로 구성되어 MP 설계자가 설계하고자 하는 MP를 사용하고자 하는 SM의 규격에 관한 정보를 입력하는 동시에 입력된 규격에 따라 생성된 MP를 검토할 수 있는

클라이언트와, 클라이언트에 입력된 규격을 저장된 복수개의 MP 사례 및 MP 규칙에 따라 자동적으로 생성하고 MP 설계자 요청시 설계된 MP의 예상수율을 예측하는 서버로 구성된다.

MP 설계자는 클라이언트의 디스플레이를 통해 서버에서 자동으로 설계된 MP를 검토하고, 또한 서버에 저장된 MP에 관한 정보를 참고할 수 있다.

서버는 MP 설계에 적용될 수 있는 사례가 저장되는 사례 데이터베이스와, MP 설계에 사용할 사례가 없는 경우 MP 설계를 위해 설계자의 노하우에 근거한 규칙을 저장하는 규칙 데이터베이스로 구성된다. 또한, 그 외에도 서버는 웹상에서 클라이언트와 연동 가능하도록 필요에 따라 웹서버를 포함하며, 웹서버의 구동 등에 필요한 일반 파일들을 저장하는 파일 데이터베이스를 포함한다. 여기서, 웹서버는 웹상에서 서버와 클라이언트들 사이의 요청/회신을 담당하고 있는 ASP(Active Server Page), ASP 컴퍼넌트, SQL(Structured Query Language) 프로세싱으로 구성된다. 이외에도 MP 설계시스템은 MP 설계자가 서버를 통해 양산하고자 하는 MP의 생산수율을 예측할 수 있도록 생산된 MP에 관한 정보가 저장된 생산정보 데이터베이스와, MP의 품질에 관한 정보가 저장된 품질정보 데이터베이스를 포함하여 구성이 가능하다. 즉, MP 설계자가 설계된 MP의 생산량과 생산수율 등을 요구하는 경우, 서버는 생산정보 데이터베이스와 품질정보 데이터베이스와 데이터를 교환하고 교환된 데이터를 바탕으로 연산을 수행함으로써 MP 설계자가 파악하고자 하는 생산수율을 예측하고 예측된 생산수율에 관한 정보를 클라이언트로 전송한다.



[그림 4] 설계 검토 흐름도

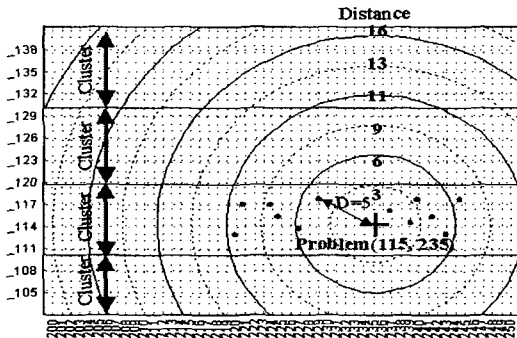
[그림4]는 MP 설계과정과 검토과정의 흐름을 도시하고 있다. 먼저, 1단계에서 MP 설계자는 SM 설계자를 통해 설계하여야 하는 SM의 도면을 접수받는다. 여기서 도면은 통상 문서의 형태로 입수되나 파일의 형태로 입수되기도 한다. 제1단계에서 MP설계자는 필요에 따라 영업담당자와 같이 협의하는데, SM 제조에 있어서 기술적인 문제점, 양산시 문제점, 수율 및 품질을 감안하여 SM 설계자의 설계내용을 수정할 필요가 있을 경우 수정에 합의하고 SM 설계내용을 재조정된 후 도면을 최종 입수하게 된다.

2단계에서 MP 설계자는 설계되어야 하는 SM를 나타내는 설계도면상의 데이터나 수식 즉, SM의 규격을 클라이언트를 통해 입력한다. 여기서, 클라이언트를 통해 입력되는 SM규격이란 도면 검토에 필요한 사항 즉, 모델명과 SM공경, 공경피치(Pitch), 크기 등의 SM 공경정보를 의미한다. SM의 설계도면은 CDT 제조업체별로 그 표현된 사항이 다른데, 보통 SM의 X,Y 좌표상의

공경크기를 표현한 경우와 공경을 X,Y 관계식으로 표현한 경우로 나뉜다.

3단계에서, 서버는 클라이언트를 통해 입력된 규격을 MP 설계자의 관점에서 MP 설계를 위해 정해진 포맷으로 변경한다. 정해진 포맷에 따라 변경된 정보는 입력된 규격을 좌표값별 공경크기에 관한 정보로 변경한 것으로써 이에 따라 MP 설계자는 SM내의 공경이 X,Y 좌표에 따라 어떤 크기와 모양인지 볼 수 있게 된다. SM 내의 공경은 CDT용 SM의 경우 원의 형태로 되어 있는데 보통 중앙점은 진원이고 X,Y좌표가 변함에 따라 타원의 형태로 변하게 된다.

4단계에서, MP 설계자는 현재 설계하고자 하는 MP의 규격과 비슷한 과거의 모델정보를 참조하여 생산공정 중 어떤 라인에 투입되는 것이 적당한지, 어떤 종류의 철판을 사용할 것인지, 1차의 MP에 몇 장의 SM을 포함시킬 것인지를 결정한다. 특히, 결정은 사례 데이터베이스에 저장된 데이터를 바탕으로 하는데 가장 유사한 사례를 바탕으로 현재 설계할 MP에 적용할 모델정보를 결정한다.



[그림 5] 유사사례 도출 예

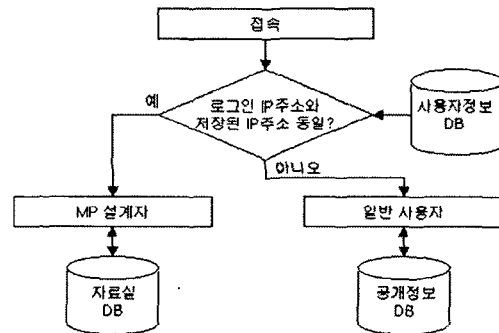
5단계에서는 SM의 공경이 형성되는 유효면에 대한 설계를 수행한다. 즉, 사례 데이터베이스와 규칙 데이터베이스에 저장된 사례 및 규칙에 따라 MP(1면, 2면)에 형성되는 공경의 크기를 설계한다. 이를 MP

설계라 하고, 실제 설계를 수행하는 것과 동일하지만 MP 설계자는 2단계에서 입력되는 규격을 변경해 가면서 문제를 사전 점검할 수 있는 실익이 있다. 여기서 MP 설계는 기본적으로 규칙 데이터베이스에 저장된 규칙에 의해 설계가 수행되고 사례에 의한 설계는 선택적으로 활용된다. 또한, 이 단계에서 설계된 MP는 새로운 사례로 사례 데이터베이스에 저장된다.

[그림 4]의 6, 7단계에서는 실제 MP설계 후 검토작업과 동일하게 2, 5단계에서 자동으로 설계를 종료한 후에 고객의 요구에 적합하게 설계되었는지 도면을 검토하고 판단한다.

만일, 7단계에서 설계된 MP에 이상이 없는 경우, 8단계로 넘어가며, 8단계에서는 결과가 제조상의 한계를 넘었거나 품질, 수율확보에 문제가 있는지를 판단한다. 7, 8 단계에서 문제가 있다고 판단되면 2단계로 복귀하여 다시 MP를 설계한다.

만일, 8단계에서 문제가 없다고 판단되면 9 단계에서 MP의 설계도면이 확정된다.



[그림 3] 접속자별 사용환경

[그림 6]은 MP 설계시스템에서 MP 설계자와 SM 설계자가 정보를 공유하는 흐름도로 MP 설계시스템에서는 서버에 접속하는 접속자를 등급별로 구별하여 MP 설계와 직접 관련이 있는 문서들을 볼 수 있는 등급인 경우 설계에 관한 모든

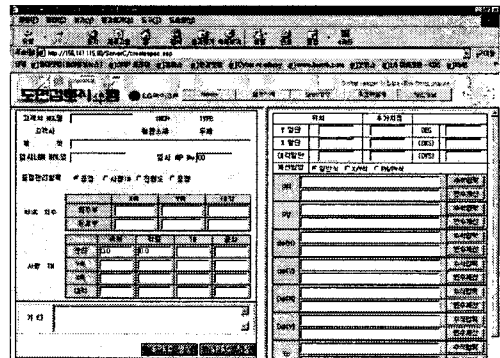
자료들이 저장된 설계서 자료실을 이용할 수 있도록 하고 일반 자료실에 자료를 등록 시 등급을 정하여 접속자 등급별로 볼 수 있는 자료들을 구분한다.

서버는 접속자의 로그인 ID나 IP주소를 등록된 ID 또는 IP주소와 동일한가를 판단한다. 동일여부를 비교하는 것과 동시에 사용자정보 데이터베이스에 저장된 정보에 근거하여 MP 설계자인지를 판단한다. 만일, 로그인한 ID나 IP주소가 사용자정보 데이터베이스에 저장된 ID 또는 IP주소와 동일한 경우, 서버는 접속자가 MP 설계자임을 알고 그에 따라 자료실에 저장된 모든 자료를 가능하도록 권한을 부여한다. 그리고 로그인한 ID나 IP주소가 사용자정보 데이터베이스에 저장된 ID 또는 IP주소와 동일하지 않은 경우, 서버는 접속자가 일반 사용자임을 알고 모든 사람들에게 공유 가능한 정보만 사용 가능하도록 권한을 부여한다. 특히, 만일 일반 사용자가 CDT 제조업체의 사용자인 경우, 각 CDT별로 제조되는 SM과 MP에 관한 정보를 저장하고 그에 따라 CDT 제조업체 측의 사용자가 해당하는 SM과 MP에 관한 정보를 접근하도록 한다.

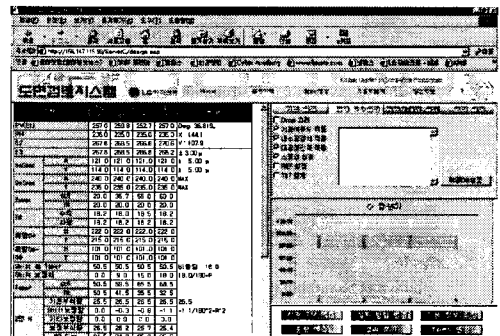
이와 같이 도출된 설계지식을 토대로 설계지원 시스템 (KDS: Knowledge based Development supporting System)을 개발하였으며 KDS의 주기능은 다음과 같다. 고객사로부터 요청된 규격입력, 규격에 의해 설계를 하는 유효부설계, 외주부설계 모듈과 사용된 규칙과 사례를 관리하는 규칙관리, 사례관리 모듈, 사용자를 관리하는 사용자관리 모듈, 그리고 KDS의 적용 대상에 대한 유연성을 위해 공정, 소재, 인치 등의 코드를 관리하는 모듈 등으로 구성되어 있다. 참고로 [그림7]과 [그림8]은 KDS의 설계모듈과 규칙/사례 관리 화면이다.

KDS는 설계능력을 확보하는 것 이외에도 콘텐츠(Content Knowledge) 측면에서 설계를 지원하는 목적에 맞게 정리된 지식들을 도움말 기능에

수록하였고, 지식경영 측면에서 설계자들이 설계에 참조할 만한 지식들을 쉽게 공유할 수 있도록 정보 공유 마당을 만들어 파일의 형태로 만들어져 있거나 직접 작성하여 업로드(Upload)할 수 있고, 이를 다운로드(Download) 할 수도 있어 설계 과정에서 신속하게 정보를 획득하고 참조할 수 있도록 하는 기반을 조성하였다.



[그림 4] 유효부/외주부 설계 화면



[그림 5] 유효부/외주부 설계 화면

3. 결론

SM 설계 시 사용되는 마스터 패턴의 설계시스템 및 설계방법은 인터넷상에 구현된 클라이언트 서버 시스템으로 구성되어 SM과 MP의 설계자가 서버에 저장된 사례들을 공유할 수 있도록 함과 동시에

MP가 자동 설계되도록 하여, 도면 검토 시간이 단축되고, 도면 검토의 정확성을 기할 수 있어 실패비용을 감소시키며, 신속한 도면 검토가 가능하므로 인원 활용이 극대화되고, SM 설계자와 MP 설계자 사이의 원활한 의사소통을 통해 고객과의 신뢰성 확보와 신인도 향상을 기대할 수 있는 효과가 있다. 또한 실제로 SM 설계에 지식기반 의사결정 지원 시스템을 도입하여 적용한 결과 설계 리드타임의 단축효과로 설계 결과의 신뢰성을 생각하기 전에 설계과정에서 설계자가 좀 더 생각할 수 있는 시간적 여유를 제공했고 또한 보다 창조적인 일에 시간을 할애할 수 있게 되었다.

마지막으로 KDS는 고급설계자에게만 의지되어온 것을 어느 정도 해결 할 수 있고, 신입설계자에게는 훌륭한 교육시스템이 되었다.

이제 KDS는 보다 신뢰성이 있는 결과를 도출하기 위해 사례활용 강화 등의 문제 해결프로세스를 좀 더 보완해야할 필요가 있고, 규칙이나 사례의 변경이 계속적으로 자동으로 이루어질 수 있도록 해야하며, 새로운 분야로 확대 적용해야 하는 과제가 남아 있다.

4. 참고자료

[1] David P., Shane S., Human-centered knowledge acquisition: a structural learning theory approach, *Int. J. Human-Computer Studies*, Vol.45, 1996, pp.381-396.

[2] Honggee Jin, Minsung Kim, Sabum Jung, Keymok Shon, Hyungtae Ha, Byungjin Ye, Jiwon Jo, „Decision Support System for Shadow Mask Development Using Rule and Case.., 14th International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems, IEA/AIE 2001 Budapest, Hungary, 2001, pp. 482-487

[3] Ketler, K., *Case-Based Reasoning: An Introduction, Expert systems with Applications*, Vol.6, 1993, pp. 3-8.

[4] Kolodner, J., *Case-Based Reasoning*, Morgan Kaufmann publishers, Inc., 1993

[5] 고영관, 박상혁, 서민수, 임여중, 사례기반 추론을 이용한 열연제품 품질 설계 지원 시스템, *한국 전문가 시스템 학회지*, 제3권 1호, 1997, pp. 101-109.

[6] 이재식, 전용준, 사례 기반 추론에 근거한 설비 이상 진단 시스템, *한국 전문가 시스템 학회지*, 제2호, 1995, pp. 85-102.