

## 에이전트기반 다구찌 실험계획 의사결정지원시스템

조성진

인하대학교 대학원 자동화공학과  
([jsincho@chollian.net](mailto:jsincho@chollian.net))

김준식

경기공업대학 자동화시스템과  
([jskim@kiust.ac.kr](mailto:jskim@kiust.ac.kr))

이재원

인하대학교 기계공학부 산업공학과  
([jwonlee@inha.ac.kr](mailto:jwonlee@inha.ac.kr))

김호운

인하대학교 대학원 첨단정밀공학과  
([robocorn@orgio.net](mailto:robocorn@orgio.net))

본 논문은 에이전트기반 다구찌 실험계획 의사결정지원 시스템의 개발에 관해 다루고 있다. 다구찌 실험을 구성하는 네 개의 단계 중 실험계획단계는 실험목적, 품질특성, 인자선정 등과 같이 실험의 근간이 되는 가장 중요한 의사결정을 포함하고 있으면서도 지금까지 그 중요성이 간과되어 왔다. 본 연구에서 개발된 시스템은 에이전트를 기반으로 하는 두 개의 의사결정지원 메커니즘을 통해 실험설계자의 다구찌 실험계획을 지원한다. 첫 번째로, 도메인 지식제공 메커니즘은 수집 에이전트라는 인터넷 에이전트를 이용하여 분산된 지식제공자들로부터 실험의 대상이 되는 분야의 지식을 수집하고, 보고 에이전트를 이용하여 이를 정리 및 가시화하여 실험설계자에게 보고함으로써 다구찌 실험계획의 의사결정을 지원한다. 이 메커니즘을 이용하면 시간적, 지리적으로 회의를 갖기 어려운 지식제공자들도 동일한 실험팀을 이루어 브레인스토밍을 통한 실험계획의 의사결정에 기여할 수 있다. 두 번째로, 상황감지 도움말 메커니즘은 도움말 에이전트라는 지능형 에이전트를 통하여 실험설계자의 실제 행위를 관찰하고 그 상태를 파악하여 상황에 알맞은 도움말을 적절한 시점에 제공한다. 상황감지 도움말 메커니즘은 도메인 지식제공 메커니즘과 더불어 실험설계자의 의사결정오류를 줄여 실험의 신뢰성을 증가시키며, 불필요한 시간과 자원의 낭비를 막을 수 있다.

### 1. 서론

다구찌 방법(Taguchi method)은 경제적인 비용으로 잡음에 강건한 품질을 구현할 수 있는 체계적이고 효율적인 제품/공정의 설계 방법론이다. 흔히 강건설계(robust design)라고도 하는 이 방법은 1920년대 R. A. Fisher가 제안한 통계적 실험계획법을 기초로, 다구찌 박사를 필두로 한 많은 통계학자 및 공학자들에 의해 발전되어 왔다. 다구찌 방법에서는 '직교배열(orthogonal array)'이라는 수학적 방법과 '신호 대 잡음비(signal to

noise ratio, S/N ratio)'라는 품질평가 개념을 이용하여 다양한 사용환경에서 원하는 품질을 유지할 수 있는 제품이나 생산공정을 적은 실험 횟수를 통하여 설계할 수 있다. 다구찌 방법은 1960년대 이후 일본의 급속한 산업성장의 원동력이 되었으며, 1980년대 이후 미국으로 전파되어 그 효용성을 유감없이 드러내어 현재까지 전 세계적으로 가장 유용한 품질공학 도구 중 하나로 널리 사용되어 오고 있다(Taguchi, 1987; Phadke, 1989; Peace, 1993; Fowlkes, 1995; Ross, 1996).

그러나, 다구찌 방법의 이러한 광범위한 활용

에 비하면 컴퓨터를 이용하여 다구찌 방법의 효율을 높이려는 노력은 그리 많이 이루어지지 않았다. 단지 소수의 공학자들과 소프트웨어 개발자들에 의해 부분적인 전산화의 시도가 이루어졌을 뿐이다. Dermiggio에 의해 개발된 WinRobust (Fowlkes, 1995), 상용 소프트웨어인 ANOVA-TM(Advanced Systems & Designs Inc. 1986)과 STM (InfoMate, 1989) 등이 그 대표적인 예이다. 이들 도구는 모두 행렬실험의 설계와 결과분석을 위한 스프레드시트(spreadsheet)와 같은 연산작업을 수행하는 데 중점을 두고 있다. 실험설계에 인공지능을 적용한 예로 Lee et al (1989)이 개발한 행렬실험설계 전문가시스템이 있다. Prolog 언어를 이용하여 개발된 이 시스템은 제어인자와 그 수준에 관한 정보를 입력 받아 적절한 직교배열을 선택하고 행렬실험을 설계해주는 기능을 가지고 있다. 국내에서도 다구찌 방법을 전산화하려는 연구를 찾아볼 수 있다. 이인배(1993)는 변수 및 허용차 설계를, 이종훈(1997)은 동적 변수 설계를 전산화 하였다. 정환중 등(1999)은 직교배열의 선택하고 인자할당을 위해 변형하는 전문가시스템을 개발하였다. 앞에서 소개한 시스템들은 모두 다구찌 실험단계 중 행렬실험 및 결과분석과정에 중점을 두고 있으며, 다구찌 실험의 초기단계이자 가장 중요한 단계인 '실험계획'에 관하여 다루고 있지 않다.

본 연구에서는 다구찌 실험계획을 위한 에이전트기반 의사결정지원 프레임워크를 제안하고 프로토타입 시스템을 개발하였다. 실험계획 단계는 실험목표, 품질특성의 결정, 제어인자의 선정 등 실험의 근간이 되는 사항을 결정하는 단계이다. 다구찌 실험단계는 실험대상이 되는 분야에 대한 지식과 더불어 다구찌 방법 자체에 대한 지식도 필요로 한다. 개발된 시스템은 이 두 가지

지식을 실험설계자에게 제공하기 위하여 독립적인 두 가지 의사결정지원 메커니즘을 제공한다. 첫 번째는 에이전트가 실험대상분야의 종사자 및 관련자들로 구성된 다수의 '지식제공자'들로부터 지식을 수집하고 정리 및 가시화하여 실험설계자에게 제공하는 '도메인 지식제공 메커니즘'이다. 에이전트는 인터넷을 통해 지식제공자들에게 접근하여 특정한 질문을 던지고, 그 응답을 수집하여 다양한 방법으로 가시화하여 실험설계자에게 제시한다. 두 번째로, '상황감지 도움말 메커니즘'은 실험계획 작업 중 에이전트가 상황에 적절한 도움말을 생성하여 제공함으로써 실험설계자의 의사결정을 지원한다. 예를 들어, 부적절한 품질 특성이 선정된 경우, 에이전트는 잠재적인 문제점을 경고해 줄 수 있다.

본 논문의 이후는 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서 본 연구의 배경이 되는 분야에 대한 소개와 관련 연구와의 비교를 기술한다. 3장에서는 다구찌 실험계획의 의사결정지원시스템의 설계에 관해 기술하였고, 4장은 프로토타입 시스템의 구현 및 유효성 평가에 관한 내용을 담고 있다. 마지막으로 5장에서 결론 및 향후연구사항을 정리한다.

## 2. 연구배경

### 2.1 다구찌 방법: 실험계획 단계의 중요성

다구찌 방법의 수행절차는 학자들에 따라 근소한 차이가 있다(Phadke, 1989; Peace, 1993; Ross, 1996). 본 연구에서 모델로 삼은 Peace (1993)가 제안한 절차는 다음과 같다.

- 실험계획<sup>1)</sup>: 실험 팀의 구성에서 실험목표의 선정, 품질특성의 결정, 측정계획, 제어/잡음인자의 선정, 인자수준 설정, 교호작용의 파악, 실험전략의 수립에 이르기까지 실험의 핵심적인 사항을 결정하는 단계이다.
- 실험설계: 행렬실험의 설계를 수행하는 부분이다. 자유도의 계산과 직교배열의 선택, 인자할당 등의 작업이 이에 포함된다.
- 실험수행: 실제 실험을 수행하고 결과를 측정하는 단계이다.
- 결과분석: 평균분석, 분산분석 등을 통하여 인자의 중요도를 파악하며, 확인실험을 통해 최적 인자조합을 결정하는 부분이다.

대다수의 학자들은 다구짜 방법의 기본적인 사용이 쉽다는 사실을 인정한다. 그러나 초보자들은 흔히 (심지어 숙련자라 할지라도 가끔은) 실험계획단계에서 부족한 정보와 성급한 의사결정으로 다구짜 방법의 장점을 무용지물로 만들며, 실험에서 유용한 정보를 얻어내는데 실패한다. 실험계획 단계에서의 부적절한 의사결정은 이후의 실험단계에서 지속적인 악영향을 미치며, 작게는 불필요한 자원의 낭비를 야기하거나, 크게는 실험의 실패를 가져올 수 있다. 이러한 사실에도 불구하고 실험설계자들이 실험계획 단계의 중요성을 간과해온 것은 다소 의외로 받아들여진다. 그러나 실험계획 단계의 중요성을 인식한 Peace (1993)는 그가 대별한 다구짜 방법의 4 단계(실험계획, 실험설계, 실험수행, 결과분석) 중 특히 실험계획단계의 중요성을 역설하였으며, 실험계획 단계의 체계적이고 올바른 의사결정을

위한 지침을 제안하였는데, 여기에는 다른 학자들의 것과 구분되는 다음과 같은 특징이 있다.

- 실험 팀의 구성: 많은 엔지니어들이 실험 팀을 구성하여 실험계획의 의사결정에 참여함으로써 아이디어를 최대한 끌어내고 오류를 최소화할 수 있다.
- 품질도구의 사용: Pareto chart, cause-and-effect diagram, FMEA(Failure Mode and Effect Analysis) 등의 도구를 사용하여 체계적인 의사결정지원이 가능하다.

Peace(1993)의 이러한 주장은 본 연구의 중심적인 아이디어를 제공하였다.

## 2.2 소프트웨어 에이전트

에이전트는 사용자를 위해 어떠한 작업을 수행해주는 소프트웨어 시스템으로 일반적으로 다음과 같은 특성을 가지고 있다(Caglayan and Harrison, 1997).

- 대행성(delegation): 에이전트는 사용자나 다른 에이전트를 대신하여 특정한 작업을 수행한다.
- 자율성(autonomy): 에이전트는 스스로 혹은 간단한 지시에 의해 동작한다.
- 통신기능(communication skill): 에이전트는 사용자와 혹은 다른 에이전트와 상호작용을 하는 경우가 있다.
- 관찰능력(monitoring): 자율적인 작업수행을 위해 주위 상황을 관찰하는 기능을 가질 수 있다.
- 지능(intelligence): 상황을 해석하고, 수행해야

1) 본 연구에서는 Peace가 제안한 실험단계 중 하나로 실험계획과 별개의 단계인. 학자에 따라 실험계획과 실험설계를 통틀어 실험설계라고 분류하기도 한다.

할 일을 스스로 결정하는 기능이 필요할 수 있다.

그 밖에도 에이전트는 이동능력(mobility), 보안기능(security), 개별성(personality) 등의 다른 특성을 가질 수 있다(Caglayan and Harrison, 1997; Knapik and Johnson, 1998).

소프트웨어 에이전트는 최근 가장 주목 받는 연구분야의 하나로 전산학의 거의 전분야에 걸쳐 활발한 연구가 이루어지고 있다. 특히 Wang (1997)은 데이터 마이닝과 에이전트 기술을 이용한 의사결정지원시스템을 개발하였으며, Bui와 Lee(1999)는 의사결정지원시스템 개발을 위한 에이전트기반 프레임워크를 제안한 바 있다. 이들 연구 역시 본 연구에 중요한 아이디어를 제공하였다.

### 2.3 인터넷기반 설문조사시스템

설문조사(questionnaire)는 다수의 사람들로부터 의견을 추출하는데 널리 이용되어왔다. 최근 이 전통적인 도구는 인터넷에서도 이용되고 있으며, 다음은 몇 가지 상용화된 예이다. QSS (Questionnaire & Survey System)는 인터넷과 인트라넷(Intranet)을 통하여 설문조사를 수행하는 시스템이다. 이 프로그램은 HTML기반 설문지를 생성하며, 원하는 시기에 설문결과를 보여준다(<http://www.survey.co.kr>). Pop-Up은 웹 기반 설문조사 시스템의 또 다른 예이다. 이 프로그램은 웹 사이트를 방문하는 사람들 중 불특정 다수를 설문에 참여 시킨다(<http://www.surveysite.com/docs/index-showapplet.html>).

본 연구에서는 인터넷기반 설문조사 시스템의 개념을 약간 수정하여 이용하였다. 본 연구와 위

에서 언급한 시스템들 간의 미소한 차이는 다음과 같다. 우선, 본 연구에서는 에이전트 기반의 아키텍처를 채택하였다. 또한 위의 시스템들의 목적이 상업활동을 위한 조사, 혹은 정치적인 조사 등 이라면 본 연구에서 개발한 시스템은 기술적인 정보(지식)를 획득하려는 목적을 가지고 있다. 설문 대상이 불특정 다수인 다른 시스템들에 비해 본 시스템은 지식제공자 그룹이라는 설문 대상이 미리 정해져 있다는 특징도 들 수 있다.

### 2.4 상황감지 도움말 시스템

상황감지 도움말 시스템은 특정 응용 프로그램에 추가된 기능으로 사용자에게 상황에 맞는 유용한 정보를 제공하여 응용 프로그램의 사용을 돕는데 목적이 있다. 잘 설계된 사용자 인터페이스와 더불어 상황감지 도움말 시스템은 익숙하지 않은 소프트웨어를 사용하는데 도움을 준다. 그러기 위해 상황감지 도움말 시스템은 사용자의 행위를 계속 관찰하고 상황을 파악해야 한다. 최근 들어 자율적인 행동판단을 위한 상황정보의 표현 및 판단에 관하여 활발한 연구가 이루어지고 있다. Taboada 등(1996)은 온라인 능동적 보조 시스템 개발을 위한 계층적 지식구조를 제안하였으며, 블랙보드(blackboard) 데이터 구조를 이용하여 사용자의 작업 상태와 상호작용 상태를 저장하는 방법을 사용하였다. Turner(1998)는 'C-schema'라는 상황표현 방법론을 통하여 자율 에이전트의 상황고려 행동을 설계하였다. 본 연구에서는 Turner의 C-schema 개념과 Taboada 등의 블랙보드 데이터 구조의 개념을 참고하여 상황(context)의 구조를 설계하였다.

### 3. 에이전트기반 다구찌 실험계획 의사결정지원시스템

본 장에서는 다구찌 실험계획 의사결정지원 시스템의 개요와 구성요소 및 시스템 설계에 관한 내용을 기술한다.

#### 3.1 다구찌 실험계획의 의사결정

다구찌 실험계획의 의사결정의 가장 큰 특징은 두 가지 종류의 지식을 요한다는 점이다. 일단 다구찌 실험 자체에 관한 지식이 필요하며, 실험대상분야에 대한 지식도 당연히 요구된다. 두 가지 지식 중 전자의 경우 어느 정도 한정된 범위를 가지고 있으므로 규칙과 같은 특정한 지식표현방법으로 저장할 수 있다. 즉, 지식베이스의 구축이 가능하다는 의미이다. 그러나 후자는 실험이 어떤 것인가에 따라 달라지므로 어떠한 형태로든 정형화하여 저장하는 것은 용이하지 않다. 이러한 특징은 전문가시스템 기술을 이용한 다구찌 실험계획의 의사결정을 어렵게 한다. 전문가시스템의 그 광범위한 적용사례에도 다구찌 계획의 의사결정을 다루는 예가 없다는 사실은 그 적용의 어려움을 단적으로 증명하고 있다. 에이전트기반 의사결정지원 시스템이 인간 실험설계자의 의사결정을 돕는 방법을 대안으로 채택하였다. 의사결정지원 시스템은 다구찌 실험계획에 필요한 두 가지 지식을 실험설계자에게 제공함으로써 실험설계자의 의사결정을 지원하게 된다. 이제 의사결정지원 시스템이 이 두 가지 지식을 어떻게 실험설계자에게 전달하는가 설명하겠다.

먼저 실험대상 분야의 지식을 살펴보자. 실험대상 분야의 지식을 얻는 방법은 해당분야에 대

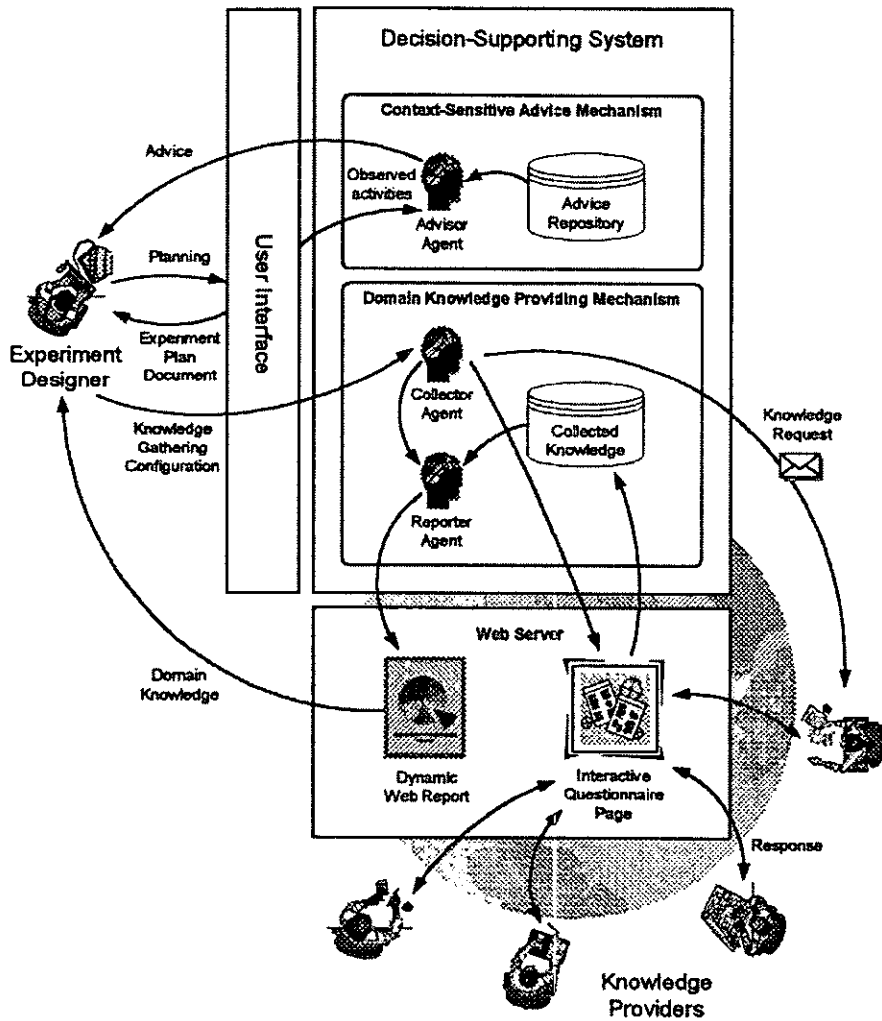
한 자료를 통한 방법과 해당분야의 전문가 혹은 관련자들로부터 지식을 추출해내는 방법이 있다. 첫 번째 방법은 실험대상 분야가 어느 정도 연구되어 그에 대한 문서자료가 존재하는 경우에 가능하다. 그러나 실험을 통하여 정보를 얻려는 분야인 만큼 충분한 자료가 항상 존재한다고 볼 수는 없을 것이다. 두 번째 방법은 실험대상 분야의 전문가나 해당 분야의 종사자와 같은 지식제공자들이 존재하는 경우에 가능하다. 이들이 제공하는 지식은 문서자료에 비해 신뢰성은 떨어지겠지만 잘 수집되고 정리된다면 의사결정에 결정적인 도움이 된다. 특히, 실험계획에 참고할 자료가 존재하지 않는 경우가 빈번한 만큼 이들이 제공하는 자료가 유일한 판단 근거로 작용하는 경우가 많다. 본 연구에서는 의사결정지원 시스템 내에 '도메인 지식제공 메커니즘'을 두어 지식제공자들로부터 지식을 수집하고 분석하여 실험설계자에게 제공하는 작업을 수행하도록 하였다.

다음으로 다구찌 실험에 관한 지식을 살펴볼 것이다. 다구찌 실험계획의 결정사항의 종류나 절차에 관한 지식은 잘 설계된 사용자 인터페이스로 쉽게 전달할 수 있다. 본 연구에서는 마법사 형태의 사용자 인터페이스를 이용하여 실험설계자가 무엇을 어떠한 순서로 결정해야 하는지 직관적으로 알 수 있도록 배려하였다. 그러나 실제 다구찌 실험계획에서 주의해야 할 사항이나 지켜야 할 지침 등은 사용자 인터페이스 만으로는 전달할 수 없다. 또한 다구찌 실험에 관한 지식이 양적으로도 적지 않은 만큼 실험설계자가 필요로 하는 지식을 적절한 시기에 제공하는 일도 용이한 일은 아니다. 본 연구에서는 의사결정지원 시스템 내에 '상황감지 도움말 메커니즘'을 두어 실험설계자와 사용자 인터페이스의 상호작용을 관

찰하여 도움이 필요할 시 적절한 도움말을 제공하도록 하였다.

<그림 1>은 본 연구에서 제안한 다구찌 실험계획을 위한 의사결정 프레임워크이다. 그림에서 볼 수 있듯이 프레임워크는 크게 5개 부분으로 이루어져 있으며 그 기능은 다음과 같다.

- 실험설계자: 다구찌 실험계획의 모든 의사결정을 행하는 자로 실험 팀의 리더이다.
- 지식제공자: 실험대상분야 종사자로서 실험 팀의 구성원이다. 요청이 있을 때 지식을 제공한다.
- 에이전트 기반 의사결정지원 시스템: 두 가지 방법으로 실험설계자의 의사결정을 지원한다.



<그림 1> 다구찌 실험계획 의사결정 프레임 워크

- 사용자 인터페이스: 단순히 실험계획의 내용을 입력하고 계획완료 시 문서로 출력하는 기능을 한다.
- 웹 서버: 지식수집 및 보고에 이용되는 웹 문서를 담는다.

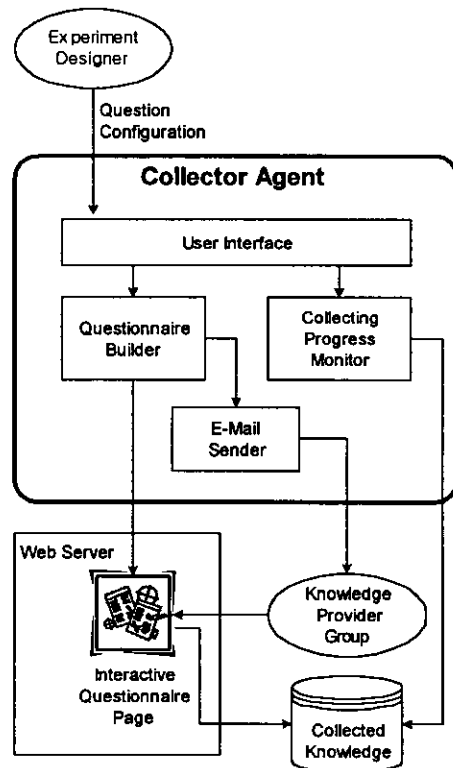
이들 중 본 연구의 핵심인 의사결정지원 시스템은 두 개의 에이전트기반 메커니즘으로 이루어져 있다. 3.2 절과 3.3 절에서 각 메커니즘에 대해 자세히 설명하겠다.

### 3.2 도메인 지식제공 메커니즘

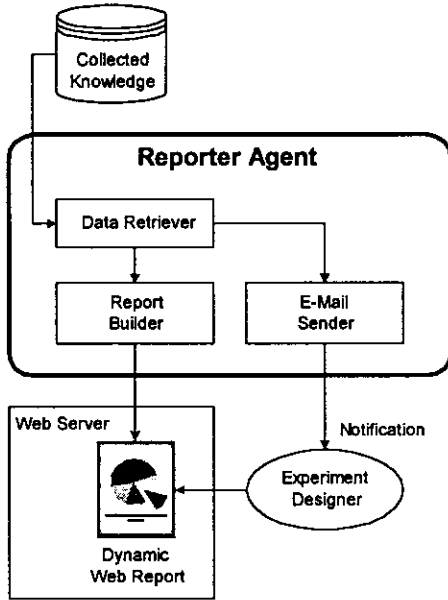
이 메커니즘의 목적은 다수의 지식제공자들로부터 실험설계자가 원하는 정보를 수집하여 실험설계자에게 제공하는 것이다. 전문가들마다 경험과 생각이 다르므로 그들이 가지고 있는 지식에도 분명 차이가 있을 수 밖에 없다. 그렇다면, 한 두 명의 전문가로부터 얻은 지식보다는 가능하다면 다수로부터 얻은 지식으로부터 공통분모를 찾아내는 것이 더 올바른 의사결정에 도움이 될 것이다. 3.1 절에서 언급한 바와 같이 Peace는 실험팀 구성을 통하여 다수의 의견을 모으고 품질도구를 이용한 분석으로 의사결정에 참고가 되는 정보를 만드는 방법을 제안한 바 있다. 그러나 각자 업무가 있는 많은 사람들을 같은 시간, 같은 장소에 모으는 데는 많은 어려움이 따른다. 또한 많은 사람들로부터 지식을 수집하고 분석하여 의사결정에 도움이 될 만한 정보로 가공하는 것도 많은 시간과 노력을 요하는 일이다. 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하고자 인터넷 환경에서 동작하는 수집 에이전트와 보고 에이전트로 이루어진 도메인 지식제공 메커니즘을 설계하였다. 각 에이전트의 구조를 <그림 2>와 <그

림 3>에 각각 나타내었다.

도메인 지식제공 메커니즘은 수집 에이전트를 이용하여 실험설계자가 알고자 하는 지식을 지식제공자들로부터 수집하고, 보고 에이전트를 이용하여 이를 가시화하여 실험설계자에게 제공한다. 실험설계자는 실험계획의 의사결정을 위해 도메인 지식이 필요할 때마다 지식제공 메커니즘을 가동시켜 해당 지식에 대한 지식제공자들의 의견이 종합된 보고서를 얻을 수 있다. 먼저 수집 에이전트의 작업 절차는 다음과 같다.



<그림 2> 수집 에이전트의 구조



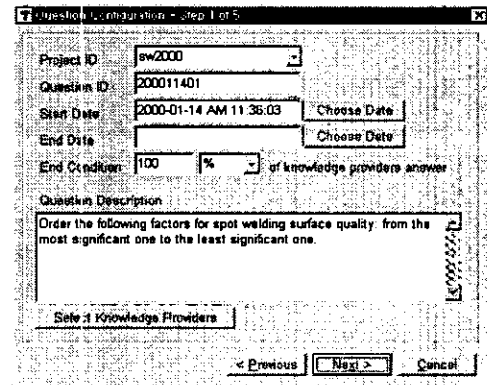
<그림 3> 보고 에이전트의 구조

- 질문설정: 실험설계자는 지식을 얻기 위해 지식제공자들에게 던질 질문과 응답의 형태를 설정한다. 예를 들어, “병 뚜껑 누수의 가장 큰 원인은 무엇인가?”와 같은 질문을 보기선택형 (multiple choice)으로 던질 수 있다. 실험설계자는 질문과 응답의 형태와 더불어 지식수집의 종료조건과 보고서 작성형식에 대해서도 설정 해주어야 한다. <표 1>에 본 연구에서 지원 가능한 질문의 형태와 응답의 설정사항을 참고로 나타내었다. <그림 4>는 질문설정을 위한 수집 에이전트의 사용자 인터페이스의 일부이다.
- 질문배포: 수집 에이전트는 설정된 질문을 분산된 지식제공자들에게 배포하기 위해 대화식 질문내용이 담긴 대화형 웹 페이지를 생성한다. 또한 지식제공자들에게 e-메일을 보내 질문에 대해 줄 것을 요청한다.

- 질문응답: 지식제공자들은 대화형 웹 페이지에 접근하여 질문에 응답한다. 지식제공자들이 Outlook Express와 같은 메일 클라이언트 프로그램을 사용하고 있다면 e-메일에 있는 하이퍼링크를 통해 쉽게 웹 페이지에 접근할 수 있을 것이다. 각각의 응답들은 지식저장소에 저장되며, 응답 진행 상황이 관찰된다.
- 응답종료: 응답은 위의 질문설정 단계에서 미리 정해진 종료조건을 만족할 때 까지 계속된다. 종료조건은 종료시간이나 종료응답률 등으로 설정할 수 있다. 응답이 종료되면 수집 에이전트는 보고 에이전트를 호출하여 실험설계자에게 제공할 보고서를 작성하도록 한다.

<표 1> 질문형태와 가능한 선택사항

질문형태	선택사항
보기선택형	다중선택 허용 신규 사항추가 허용
기입형	단어 혹은 구 문단
배열형	항목별 중요도 배정 선택 및 배열



<그림 4> 질문설정을 위한 수집에이전트의 사용자 인터페이스의 일부



수집된 지식을 실험설계자에게 제공하기 위해서는 적절한 형태로 정리되고 가시화되어야 한다. 보고 에이전트는 다음과 같은 과정을 거쳐 보고서를 생성하여 실험설계자에게 제공한다.

- **응답추출:** 보고 에이전트는 지식저장소 데이터베이스에 접근하여 해당 지식제공 세션에 대한 응답들을 추출한다.
- **보고서 생성:** 추출된 응답들을 정리하고 미리 설정된 형식에 따라 가시화하여 보고서를 생성한다. 본 연구에서는 수집된 도메인 지식의 가시화 방법으로 히스토그램, 파레토 차트, 파이 차트의 세 가지를 지원한다
- **보고서 제출:** 보고 에이전트는 보고서가 완성되는 즉시 실험설계자에게 e-메일을 보내 이 사실을 통보한다. 실험설계자는 e-메일에 포함된 하이퍼링크를 통하여 보고서에 접근할 수 있다.

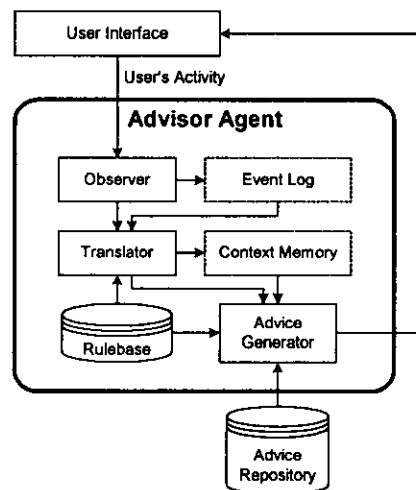
도메인 지식제공 메커니즘은 인터넷을 기반으로 하고 있으므로, 넓은 지역에 분산되어 있거나, 시간적으로 한 곳에 모여 회의를 갖기 어려운 지식제공자들을 단일한 실험 팀으로 조직하여 지식을 제공할 수 있도록 유용한 환경을 제공한다.

### 2.3 상황감지 도움말제공 메커니즘

다구짜 실험계획은 크게 7 개의 영역으로 이루어져 있으며, 세부적으로는 수십 개의 개별적인 의사결정을 포함하고 있다. 다구짜 실험계획의 의사결정 영역은 나름대로의 목적과 특징 및 주의할 점들을 가지고 있는데, 이러한 특징을 고려하여 올바른 의사결정을 하려면 다구짜 방법에 대해 잘 이해하고 있어야 함은 물론이다. 그러나

앞서 언급했듯이 초심자는 지식의 부족으로, 경험자는 성급함으로 종종 의사결정의 실수를 범하곤 한다. 그렇다고 매 실험계획 때마다 다구짜 방법에 대한 공부를 선행할 수는 없는 일이다. 우리는 실험설계자에게 다구짜 방법에 대한 지식을 효과적으로 제공하기 위하여 필요한 시점에 필요한 다구짜 지식을 제공하도록 이른바 상황감지 도움말 메커니즘을 도입하였다.

상황감지 도움말 기술은 사용자와 인터페이스와의 상호작용을 관찰하여 사용자의 상태를 파악하는데 그 핵심이 있다고 할 수 있다. 본 연구에서는 2.4 절에서 언급한 바와 같이 Turner의 C-schema 개념과 Taboada 등의 블랙보드 데이터 구조의 개념을 참고하여 context의 구조를 설계하였다. 그럼 이제 상황감지 도움말 메커니즘이 실험설계자의 행위를 어떻게 관찰하고 해석하여 도움말을 생성해 내는지 설명하겠다. 상황감지 메커니즘은 도움말 에이전트와 도움말 저장소(advice repository)로 구성되어 있다. <그림 5>에 상황감지 도움말 메커니즘의 구조를 나타내었다.



<그림 5> 상황감지 도움말 메커니즘의 구조

상황의 표현

상황을 파악하는 것은 일종의 진단이다 (Turner, 1998). 실험설계자가 처한 상황을 진단하고 적절한 도움말을 제공하기 위해서는 우선 그 상황을 적절히 표현해야 한다. 본 연구에서는 <표 2>와 같이 상황정보(context)를 구성하였다. 실험설계자 관련 항목은 실험설계자가 실험계획의 어떤 단계에서 어떤 증상을 보이고 있는가 하는 상황과 더불어 실험설계자의 다구짜 실험계획 능력을 표시한다. 예를 들어, '실험설계능력지수가 30인 실험설계자가 현재 품질문제인식 단계에서 성급한 의사결정을 하고 있으며 그로 인한 도움말 필요지수가 60이다'와 같은 내용이 있을 수 있다. 실험계획 관련 항목에는 실험계획의 각 단계별 진척상황 및 도메인 지식제공 메커니즘의 사용기록 등이 포함된다. 실험계획의 진행상황은 실험설계자의 상황을 판단하는 데 중요한 근거가 된다. 이것은, 예를 들어, 실험계획이 거의 완료된 상황에서 실험목표를 수정하는 등의 행위에 대해 경고하려면 실험계획의 진척도에 관한 정보

가 필요하기 때문이다. 또한 도메인 지식제공 메커니즘의 사용기록은 실험설계자가 독단적이고 성급한 의사결정을 했는지 판단하는 자료로 사용된다. <그림 6>은 추론을 위해 CLIPS 형식으로 변환된 상황정보의 예이다.

<표 2> Context의 구성

분류	항목	속성
실험설계자 관련 항목	증상(Symptom)	명칭(Name) 도움말 필요지수 (DOA: Demand On Advice)
	현단계 (Current Step)	명칭(Name) 시작시점(Start time)
	실험설계능력 (Planning ability)	지수(Value)
실험설계 관련 항목	계획진행 (Planning progress)	단계(Step name) 시작시점(Start time) 상태(Status)
	DKPM 사용기록 (DKPM use record)	명칭(Name) 시작시점(Start time) 종료시점(End time)

```

::-----
:: Features for experiment designer
::-----
(symptom
  (name "LackOfKnowledge:DeterminingQualityCharacteristic")
  (DOA 40))
(symptom
  (name "HasteInDecision:DeterminingQualityCharacteristic")
  (DOA 74))
(currentStep
  (name "DeterminingQualityCharacteristic")
  (startTime "2000-06-02 PM 9:22:06"))
(planningAbility (value 75))

::-----
:: Features for experiment plan
::-----
(planningProgress
  (stepName "RecognizingQualityProblem")
  (startTime "2000-05-29 AM 11:23:12")
  (status "finished"))
(planningProgress
  (stepName "DeterminingExpObjective")
  (startTime "2000-06-01 PM 8:03:34")
  (status "finished"))
(planningProgress
  (stepName "DeterminingQualityChracteristic")
  (startTime "2000-06-01 PM 8:12:40")
  (status "planning"))
(planningProgress
  (stepName "SelectingFactors")
  (startTime "")
  (status "notStarted"))
(planningProgress
  (stepName "DeterminingExpStrategy")
  (startTime "")
  (status "notStarted"))
(DKPMRecord
  (stepName "RecognizingQualityProblem")
  (startDate "2000-05-29 AM 11:24:22")
  (endDate "2000-05-30 PM 2:03:55"))
::-----
    
```

<그림 6> 상황(context)의 예

상황의 파악

<그림 5>에서 볼 수 있듯이 상황감지 도움말 매커니즘은 크게 도움말 에이전트와 도움말 저장소로 이루어져 있다. 도움말 에이전트는 다음과 같은 일련의 과정을 통해 실험설계자에게 시의 적절한 도움말을 제공한다.

- 사용자와 인터페이스의 상호작용 관찰: 도움말 에이전트는 사용자(실험설계자)와 사용자 인터페이스와의 상호작용을 이벤트 로그(event log)에 저장한다.
- 상황 메모리 갱신: 이벤트 로그에 저장된 이벤트 목록과 상황 메모리에 있는 내용을 바탕으로 현재 상황을 파악하여 상황 메모리에 갱신한다. 도움말 에이전트의 규칙 베이스에는 실험설계자와 인터페이스의 상호작용과 현재 상황을 해석하여 실험설계자의 상태로 변환하는 지식이 포함되어 있다.
- 상황 평가: 갱신된 상황정보를 평가하여 실험설계자에게 도움말을 제시할 필요가 있는지, 만일 그렇다면 어떤 도움말을 제시할지를 결정한다.
- 도움말의 생성과 제공: 도움말 저장소에서 적절한 도움말들을 추출하여 실험설계자에게 제공한다.

도움말 에이전트의 작업 주기는 실험설계자와 사용자 인터페이스간의 상호작용을 관찰하는 데서 시작한다. GUI 환경에서 사용자가 발생시킬 수 있는 이벤트는 수백 가지에 이른다. 이러한 모든 이벤트를 발생될 때 마다 기록하는 것은 기억공간과 효율의 낭비이므로, 도움말 에이전트는 미리 정의된 실험설계자의 행동 패턴과 관계된 이벤트만을 가려서 이벤트 로그에 저장한다. 본

연구에서는 이벤트 로그에 큐(queue)의 자료구조를 이용하여 가장 최근의 100 개만을 저장하도록 하였는데, 이는 기억공간의 낭비를 막고 실험설계자의 설계행위를 관찰하는데 적절하다고 고려된 크기이다.

이벤트 로그에 이벤트가 들어올 때마다 도움말 에이전트는 상황 메모리에 있는 내용과 이벤트 로그를 바탕으로 상황정보를 갱신한다. 예를 들어, <그림 6>의 상황정보 예와 같이 '품질특성 결정' 단계를 진행하던 중에 이벤트 로그에 '실험 목표결정' 단계로 이동했다는 이벤트가 들어오면 도움말 에이전트는 실험목표결정이 지식이 부족한 상태에서 성급하게 이루어졌다는 판단으로 관련 규칙에 의해 '실험목표결정' 단계에 대한 지식 부족증상에 대한 도움말요구지수를 30, 졸속의사 결정증상에 대해 해당 지수를 30 증가시킬 수 있다. 즉 <그림 6>의 상황정보 중 실험설계자 항목이 <그림 7>과 같이 갱신되게 된다.

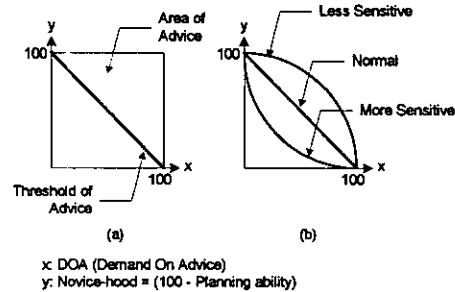
```

::-----
:: Features for experiment designer
::-----
(symptom
(name "LackOfKnowledge:DeterminingExpObjective")
(DOA 30))
(symptom
(name "LackOfKnowledge:DeterminingExpObjective")
(DOA 30))
(symptom
(name "LackOfKnowledge:DeterminingQualityCharacteristic")
(DOA 40))
(symptom
(name "HastefnDecision:DeterminingQualityCharacteristic")
(DOA 74))
(currentStep
(name "DeterminingExpObjective")
(startTime "2000-06-02 PM 9:25:34"))
    
```

<그림 7> 갱신된 상황

<그림 6>과 <그림 7>의 상황정보 예에서 알 수 있듯이, 사실상 본 연구에서 설계한 상황정보는 실험설계자가 어떤 도움말을 필요로 하는 상황인지를 직관적으로 나타내고 있다. 도움말 에이전트는 간단한 수치 비교를 통하여 도움말을 제공할 것인지, 아니면 도움말을 제공하지 않고 작업 주기를 마칠 것인지를 결정한다. <그림 8>에 본 연구에서 사용한 도움말 제공여부 판단 방법을 도식적으로 나타내었다. <그림 8>의 (a)는 도움말필요지수를 평면상의 한 축에, 100에서 실험설계능력지수를 뺀 '미숙정도'를 한 축으로 설정했을 때 도움말 제공에 해당하는 영역을 표시하고 있다. 이 그림은 실험설계능력지수가 낮을수록 도움말필요지수가 더 낮은 증상에 대한 도움말의 제공을 허용하는 것을 나타낸다. 즉, 실험설계능력지수가 낮을수록 더 많은 도움말을 제공받게 되는 것이다. 실험설계능력지수는 실험설계자 자신이 실험계획의 초기에 설정한다. <그림 8>의 (b)는 실험설계자가 '도움말경계'를 통하여 도움말제공전략을 설정할 수 있음을 나타낸다. '도움말경계'를 오목하게, 혹은 볼록하게 함으로써 도움말제공의 민감도를 조절할 수 있다. 즉, '도움말경계'를 볼록하게 만들면 도움말 제공에 해당하는 영역이 줄어들기 때문에 도움말기능이 사용자의 행위에 덜 민감하게 동작하고, 오목하게 만들면 더 민감하게 동작하는 것이다.

이와 같은 과정을 통하여 실험설계자에게 제공할 도움말과 제공여부가 결정되면 도움말 에이전트는 도움말저장소로부터 도움말을 추출하여 실험설계자에게 제공한다. 본 연구에서는 다구찌 실험계획의 6 단계 의사결정과정에서 유의해야 할 30 여 가지 경우에 대한 도움말을 도움말 저장소에 구축하였다.



<그림 8> 도움말 제공여부 판단 기준

## 4. 프로토타입 시스템의 구현 및 유효성 평가

### 4.1 프로토타입 시스템의 구현

본 연구에서는 다구찌 실험계획의 의사결정지원 시스템의 프로토타입을 다음과 같은 도구와 환경을 이용하여 개발하였다. 시스템의 구조는 <그림 1>에 이미 소개한 바 있다.

- OS: MS Windows NT 4.0.
- Web Server: MS Internet Information Server 4.0.
- Web browser: MS Internet Explorer 5.0.
- Agent implementation: MS Visual Basic 6.0, MS Visual C++ 6.0.
- Communication between agents: COM/DCOM.
- 동적 웹문서 및 보고서: MS Active Server Page (ASP) 2.0. MS Visual InterDev 6.0.
- Knowledge storage: MS SQL Server 7.0.

#### 4.2 유효성 평가

의사결정지원시스템의 성능을 정량적으로 평가하는 것은 그리 용이한 일이 아니다. 본 연구에서는 몇 가지 사례연구를 통하여 시스템의 유효성을 평가하고자 한다.

사례연구(1) - 도메인 지식제공: 용접봉의 다발압출공정 최적화

이 실험을 계획하는 단계에서 압출공정에 영향을 미치는 인자들을 조사할 필요성이 대두되었다. 우리는 이를 위해 10년 경력의 기술자와 3년 경력의 조작자를 대상으로 인터뷰를 수행하였다. 몇 달 후 우리는 도메인 지식제공 메커니즘을 이용하여 5년 미만의 경력을 가진 8명의 지식제공자로부터 다시 인자를 조사하였다. 그

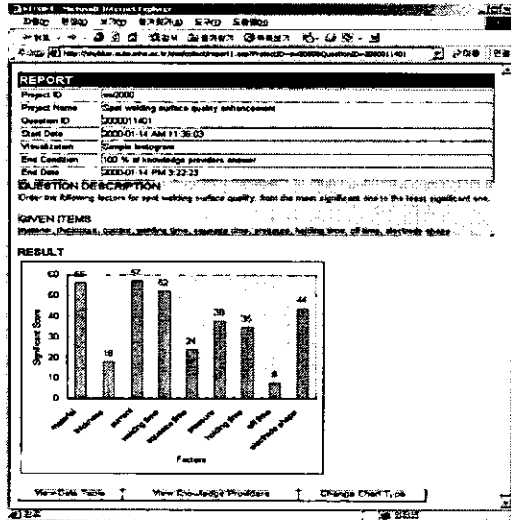
결과를 <표 3>에 나타내었다. 표에서 알 수 있듯이 도메인 지식제공 메커니즘을 사용했을 때 짧은 시간 동안 다발압출에 영향을 미치는 인자를 더 많이 찾아낼 수 있었다. 우리는 10년 경력자가 그가 제시한 이외에 다른 인자들을 제시하기에는 업체의 사정(설비, 기술, 환경 등)을 너무 잘 알고 있었다고 판단하였다. 즉, 그는 스스로가 제약을 갖고 있었던 것이다. 이에 반해 우리는 경험이 적은 기술자들로부터 더 많은 인자를 수집할 수 있었다. 이는 지역에 관계없이 많은 사람의 의견을 빠르게 수집할 수 있는 도메인 지식제공 메커니즘의 장점을 보여주는 것이다. 이들이 찾아낸 새로운 인자들 중에서 우리는 결국 압출공정을 개선할 수 있는 중요한 단서를 찾아낼 수 있었다.

<표 3> 기존 인터뷰와 도메인 지식제공 메커니즘의 비교

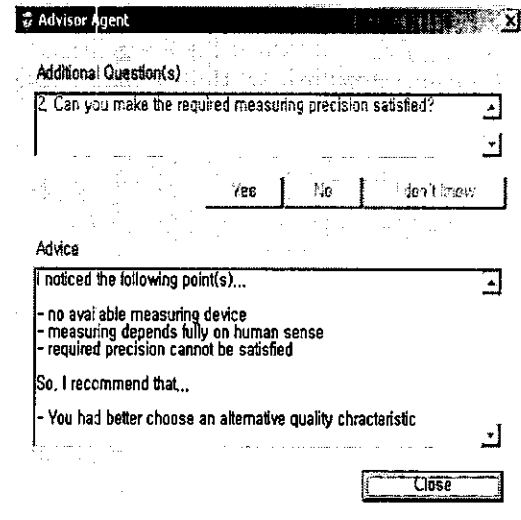
방 법	기존 인터뷰	도메인 지식제공·메커니즘 이용
실험팀	전문가 1인, 작업자 1인, 다구짜 방법 전문가 1인	지식제공자 8인, 다구짜 방법 전문가 1인
소 요 시 간	3주 (회의 2번)	4일
수집된 인 자	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 die dimensional parameters</li> <li>- Billet temperature</li> <li>- Sleeve temperature</li> <li>- Die temperature</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 die dimensional parameters</li> <li>- Billet temperature</li> <li>- Sleeve temperature</li> <li>- Die temperature</li> <li>- Billet exposure time</li> <li>- Sleeve temperature deviation</li> <li>- Wire speed</li> </ul>
총 계	9개	12개

사례연구(2) - 도메인 지식제공: 점 용접 표면의 요철제거

완벽한 실험을 위해서 되도록 많은 인자를 실험에 포함시켜야 한다는 것은 당연한 일이다. 그러나 보통 비용의 한계 때문에 어떤 인자들을 실험에서 제외해야 할 경우가 드물지 않다. <그림 9>는 '점 용접면의 품질향상에 영향을 주는 다음 인자들을 영향이 큰 순서대로 나열하라'라는 예제 문제에 대한 결과로써 보고 에이전트에 의해 생성된 보고서이다. 우리는  $L_{18}$  직교배열을 사용하기 위해서 9개의 인자 중 한 개를 실험에서 제외해야 하는 상황이었다. 그림에 나타난 히스토그램은 각 인자들간의 중요도 차이를 명백하게 보여주고 있으며 어떤 인자를 실험에 포함시키고 어떤 인자를 포함시키지 않을지를 판단하는데 결정적인 근거가 되었다.



<그림 9> 도메인 지식제공 메커니즘에 의해 생성된 보고서의 예



<그림 10> 제시된 도움말의 예

사례연구(3) - 상황감지 도움말 제공: 사출성형 병 뚜껑의 누수 최소화

이 사례는 상황감지 도움말 메커니즘의 동작 예를 보여준다. 여기서 실험설계자는 품질특성의 결정단계에서 측정도구를 명시하지 않고 다음 단계로 진행하려 했다. 상황감지 도움말 메커니즘은 “측정이 인간의 감각에만 의존하여 이루어지는가?”와 “요구된 정밀도를 만족시킬 수 있는가?”의 질문을 실험설계자에게 던지고 그 응답에 따라 <그림 10>과 같은 도움말을 제시하였다.

위 사례연구의 수행에 참여한 사람들과 수행 과정과 결과를 놓고 토의한 결과 다음과 같은 평가 및 지적사항을 도출할 수 있었다.

- 한 사람의 올바른 의견이 두 사람의 틀린 의견에 의해 묻혀버릴 수 있다. 이러한 문제점을 줄이기 위해 지식제공자의 교육정도, 경험, 전

문분야 등에 따라 응답의 중요도(weight)에 차등을 두는 방법을 쓸 수 있다.

- 도메인 지식제공 메커니즘이 보고한 내용이 유효하려면 지식제공자의 수가 어느 정도 이상이어야 한다. 따라서 중대형 규모 이상의 기업이나 연구소에서 그 유용성을 발휘할 수 있다. 소규모의 기업인 경우, 유사한 기술에 관심이 있는 몇 개의 기업이 지식공유공동체를 구성하는 것이 바람직하다.
- 얼굴을 맞대고 하는 회의가 아니므로 지식제공자들이 지식수집과정에 열심히 참여하지 않을 수 있다. 이런 경우, 참여율을 높이기 위한 장려책이 필요하다. 상위직 관리자의 지원도 지식제공자들에게 보다 많은 관심을 갖도록 유도할 수 있는 좋은 방안이다.
- 설문의 형식과 응답의 형식이 몇 가지로 제한되어 있다. 지식제공자와 실험설계자 사이에 명확한 의사전달을 위해서는 보다 다양한 설문과 응답의 방법이 필요하다.

## 5. 결론 및 향후연구사항

### 5.1 결론

본 연구에서는 다구찌 실험계획의 의사결정을 위한 에이전트기반 의사결정지원시스템 프레임워크를 제안하고 프로토타입 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템의 특징은 다음과 같다.

- 개발된 시스템은 도메인 지식과 다구찌 방법 자체에 관한 지식을 모두 제공한다. 도메인 지식제공 메커니즘은 수집 에이전트와 보고 에이전트로 구성되어 실험대상 분야에 관한 지식을 수집, 제공함으로써 실험설계자의 의사결정을 지원한다. 이 메커니즘은 인터넷 환경에서 동작하기 때문에 기존의 맞대면을 통한 회의의 문제점을 어느 정도 극복할 수 있으리라 기대된다. 한편, 상황감지 도움말제공 메커니즘은 실험설계자의 상황을 파악하고 적절한 도움말을 제공함으로써 부적절한 의사결정을 최소화하도록 도와준다.
- 종전까지 그 중요성에 비해 컴퓨터 응용이 거의 다루어지지 않았던 실험계획단계의 의사결정을 지원한다.

본 연구에서 개발된 의사결정지원 프레임워크는 실험설계의 타당성을 높여 제품의 품질을 향상시킴과 동시에 제품생산의 리드 타임을 줄이는데 도움을 줄 것으로 기대된다.

### 5.2 향후연구사항

본 연구에서 개발된 시스템은 다구찌 실험계획의 의사결정에 큰 도움을 줄 것으로 기대되나,

4.2절에서 기술된 바와 같은 개선 여지를 남기고 있다. 또한 가장 중요한 단계이긴 하나 다구찌 실험단계 중 실험계획단계에만 그 응용이 국한된 모델이라는 점도 간과할 수 없다. 향후 다구찌 실험의 각 단계별로 적절한 컴퓨터 응용 지원도구가 개발되고, 전체의 통합이 이루어져야 할 것이다. 최근 인터넷의 발전은 컴퓨터와 유선네트워크의 한계를 넘어 이동통신을 이용한 무선인터넷에까지 그 범위를 급속히 확장하고 있다. 본 연구에서 제안한 도메인 지식제공 메커니즘은 무선인터넷의 응용을 통해 훨씬 더 편리한 지식제공 환경으로 개선될 수 있으리라 판단된다.

### 참고문헌

- 이인배, "다구찌 방법을 이용한 변수 및 허용차 설계 전산화에 관한 연구", 인하대학교 석사학위논문, 1993.
- 이종훈, "다구찌 방법을 이용한 동적 변수 설계의 전산화에 관한 연구", 인하대학교 석사학위논문, 1997.
- 정환중, 조성진, 이재원, "다구찌 방법에서 직교배열의 선택 및 변형에 관한 전문가시스템 개발에 대한 연구", 한국지능정보시스템학회논문지, 5권, 1호(1999), 1~12.
- Advanced Systems & Designs Inc., Users Guide: ANOVA-TM for Windows, Advanced Systems & Designs Inc., 1986.
- Bui T. and J. Lee, "An Agent-Based Framework for Building Decision Support Systems," Decision Support Systems, Vol.25(1999), 225~237.
- Caglayan A. and C. Harrison, Agent Sourcebook, John Wiley & Sons, 1997.
- Fowlkes, W. Y. and C. M. Creveling, Engineering Methods for Robust Product Design: Using

- Taguchi Methods in Technology and Product Development, Addison-Wesley, 1995.
- InfoMate, STN for Windows: Quality Engineering Software, InfoMate, 1989.
- Knapik M. and J. Johnson, Developing Intelligent Agents for Distributed Systems: Exploring Architecture, Technologies, and Applications, McGraw-Hill, 1998.
- Lee N. S., M. S. Phadke, and R. S. Keny, "An Expert System for Experimental Design in Off-Line Control," Expert Systems, Vol.6 No.4 (1989) 234~249.
- Peace G. S., Taguchi Methods: A Hand-On Approach, Addison-Wesley, 1993.
- Phadke M. S., Quality Engineering Using Robust Design, Prentice Hall, 1989.
- Ross P. J., Taguchi Techniques for Quality Engineering, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1996.
- Taboada M., R. Marin, and J. Mira, "On-Line Automatic Help Generation Systems," Cybernetics and Systems: An International Journal, Vol.27 (1996), 303~315.
- Taguchi G., Introduction to Quality Engineering, Asian Productivity Organization, 1987.
- Turner R. M., "Context-Mediated Behavior for Intelligent Agents", Int. J. Human-Computer Studies, Vol.48 (1998), 307~330.
- Wang H., "Intelligent Agent-Assisted Decision-Support Systems: Integration of Knowledge Discovery, Knowledge Analysis, and Group Decision Support," Expert Systems with Applications, Vol.12 No.3 (1997), 323~335.
- <http://www.survey.co.kr>
- <http://www.surveysite.com/docs/index-showapplet.html>



Abstract

## Agent-Based Decision-Supporting System for Taguchi Experiment Planning

Seong-jin Cho\*, Jae-won Lee\*\*  
Joon-sik Kim\*\*\*, Ho-yun Kim\*\*\*\*

This paper deals with an agent-based decision-supporting system for Taguchi experiment planning. Among the four major parts of Taguchi experiment, the planning phase includes the most important decision-making issues such as determination of experiment objectives, quality characteristics, and control factors. The planning phase, however, has not been paid proper attention by experiment designers. In this research, an agent-based decision-supporting system for Taguchi experiment planning has been developed to facilitate the planning tasks of experiment designer. The decision-supporting system is composed of two agent-based mechanisms. The first employs an Internet agent that collects the domain knowledge from knowledge providers who may be distributed in remote places. Another agent then visualizes the collected knowledge and reports it to the experiment designer. Engineers who would normally have difficulties in collaborating because of limitations on their time or because they are in different places can easily work together in the same experiment team and brainstorm to make good decisions. The second agent-based mechanism offers context-sensitive advice generated by another intelligent agent during the experiment planning process. It prevents the experiment designer from making improper decisions, which will increase the feasibility of the experiment and minimize the unnecessary expense of time and resources.

**Key words:** Taguchi method; intelligent agent; decision-supporting system; context-sensitive help system.

---

\* Automation Engineering, Inha University

\*\* College of Mechanical Engineering, Inha University

\*\*\* Dept. of Automation System, Kyonggi Institute of Technology

\*\*\*\* Advanced Precision Engineering, Inha University