

퍼지관계곱 기반 급성복통과 관련된 지능형 질환 진단시스템의 설계 및 구현

현 우 석[†]

요 약

현재까지 개발된 의료진단 시스템들은 인체 특정 질환을 염두에 두고 구체적 조건의 조합에 의존하여 진단 범주를 설정하는데 통상적으로 특정 장기에 제한되어 있어서 여러 가지 유형의 질환에 공통적으로 나타나는 증상을 진단하는 경우 조기에 정확한 진단을 내리기가 힘든 문제점을 지니고 있다. 급성복통(acute abdominal pain)은 전구 증상 없이 갑자기 복통이 발생하는 것으로 소화기 질환을 비롯한 여러 질환에서 환자들이 공통적으로 가장 흔하게 호소하는 증상으로 연관된 질환이 다양하여 의사들이 적절한 감별진단을 내리기가 쉽지 않다. 본 연구에서는 급성 복통과 연관된 질환의 감별진단 시스템으로서 기존의 DS-DAAP의 성능을 개선한 퍼지관계곱에 기반한 지능형 질환 진단시스템(IDS-DAAP)을 제안한다. 제안하는 시스템은 기존의 DS-DAAP와 비교해 볼 때 진단의 정확성을 높이면서 수행시간을 감소시켰다.

A Design and Implementation of the Intelligent Diagnosis System for Diseases associated with Acute Abdominal Pain Based on Fuzzy Relational Products

Woo-Seok Hyun[†]

ABSTRACT

Because most conventional systems of medical diagnosis focus on small subsets of classes of diseases of particular human organs, it is difficult to diagnosis when dealing with symptoms are related to many diseases. The author proposes an intelligent diagnosis system for diseases associated with acute abdominal pain based on fuzzy relational products (IDS-DAAP) to implement conventional system (DS-DAAP). Compared with DS-DAAP, new approach with IDS-DAAP shows that the system proposed here improves diagnosis rate and reduces diagnosis time.

키워드 : 급성복통(Acute Abdominal Pain), 퍼지관계곱(Fuzzy Relational Product), 지능시스템(Intelligent System)

1. 서 론

질병의 정확한 진단을 위해서는 의료진이 환자들의 건강 상태와 관련하여 다양한 유형의 정보들을 수집하고 분석해야만 한다. 다양한 유형의 정보들에는 우선 환자의 주된 증상 호소(chief complaint)를 중심으로 과거 병력, 동반 증상들, 이학적 검사 소견들 등과 같이 초기에 발견할 수 있는 것도 있고, 혈액 검사 등과 같이 검사실 검사 등을 통하여 발견할 수 있는 것도 있으며, 영상 이미지, 그래픽, 문서 등과 같은 의료관련 시스템의 결과로서 발견될 수 있는 것도 있다. 이렇게 다양한 정보들을 가지고 진단을 내리는 과정은 여러 논리적 단계를 거치게 되며 상당히 복잡한 의사결

정을 요구하게 된다. 여기서의 의사결정에는 참 혹은 거짓이 명확히 구분되는 경우도 있으나 인체 구조가 매우 복잡하고 많은 경우 환자의 증상 호소와 질환과의 인과 관계가 아직 확실히 밝혀져 있지 않은 경우가 많아서 환자의 증상 호소에 따른 진단 과정에 있어서의 의사결정 시 많은 경우에서 애매한 성질을 갖게 된다. 따라서 명백한 논리점을 갖는 진단과정 이외에 여러 질환에서 비 특이적으로 광범위하게 발현되는 증상의 진단을 위해서는 보다 복잡한 논리를 추론해야하고 진단과정에는 이러한 성질을 갖는 정보에 대한 검색도 가능해야 한다. 특히 복통, 호흡곤란 등의 증상은 그 연관 질환들이 비 특이적이고 각 질환이 연관이 없어 보이는 경우가 많다. 또한 이들 증상은 질환 초기에 나타나고 외과적 응급상황도 포함되어 있어 조기에 정확한 진단이 환자의 운명을 좌우하는 경우도 있다. 그러므로 의료진 및 환자들에게 초기진단에 도움이 될 수 있는 컴퓨터

* 본 연구는 2002학년도 한국성서대학교 교내 연구비 지원으로 수행되었습니다.

[†] 종신회원 : 한국성서대학교 정보과학부 교수
논문접수 : 2002년 10월 25일, 심사완료 : 2003년 3월 10일

를 이용한 의료진단 시스템들이 요구되고 있다. 특히, 경험이 적은 의사, 응급실 근무 의료진들이 환자들을 진단함에 있어서 발생할 수 있는 오진율을 낮추기 위하여 또는 의과대학 학생들의 교육을 위하여 의료진단 시스템을 활용하는 것이 많은 도움이 될 수 있다. 또한 일반인들도 급성복통이 있을 때 시스템을 사용하여 관련된 질환을 모의 진단 받음으로서 도움을 받을 수 있다.

현재까지 개발된 대부분의 의료진단 시스템들은 인간의 특정 질환에 대해서 너무 좁은 특정한 부분에 제한되어 있다[1-6]. 그러므로 여러 가지 유형의 질환에 공통적으로 관련된 증상을 처리하는 경우 진단 범위가 광범위해져서 정확한 진단을 내리기가 힘든 문제점을 지니고 있다.

급성복통(acute abdominal pain)은 용어에서 시사하듯 전구 증상 없이 갑자기 복통이 발생하는 것으로 이 증상은 담낭염, 간(肝)질환, 대장 질환, 위염, 십이지장염, 전립선 질환, 생식 및 비뇨기계 질환 등 여러 가지 질환에 광범위하게 나타나므로 환자들이 급성복통을 호소할 때 증상의 긴박성에 비하여 의사들이 빠른 진단을 내리기가 쉽지 않다. 퍼지논리(fuzzy logic)를 이용한 급성복통과 관련된 질환 진단시스템(DS-DAAP: Diagnosis System for Diseases associated with Acute Abdominal Pain)[7]에서는 급성복통과 관련된 질환을 처리하는데 있어서 단계적으로 의사결정을 할 때 애매 모호한 지식을 처리하기 위하여 퍼지 논리를 사용하였는데 실제 환자 데이터를 가지고 진단을 수행한 결과 15% 정도의 오진율을 보이고 있다. 본 연구에서는 시스템의 성능을 향상시키고자 퍼지관계곱(fuzzy relational product)[8-11]을 이용한 급성복통과 관련된 지능형 질환 진단 시스템을 제안한다. Bandler와 Kohout가 제안한 퍼지관계곱은 환자와 증상에 관한 애매한 정도, 증상과 질병에 관한 불확실성 등을 고려하여 환자와 질병과의 관계를 구하여 적절한 진단을 내리는데 매우 효과적인 방법이다. 제안하는 시스템과 기존의 DS-DAAP[7]를 비교해 볼 때 진단의 정확성을 높이면서, 수행시간을 향상시켰다.

2. 퍼지관계곱

Bandler와 Kohout는 이진 관계곱(crisp relational products) 연산을 확장하여 두 퍼지관계 내에서 각 원소들간의 관계정도 구조를 나타내는 퍼지관계곱[8-11](fuzzy relational product) 연산을 제안하였다.

\tilde{R} 은 집합 A에서 집합 B로의 퍼지관계, \tilde{S} 는 집합 B에서 집합 C로의 퍼지관계라 하면, $\tilde{R} : A \times B$ 와 $\tilde{S} : B \times C$ 가 주어지고, $a_i \in A$, $c_k \in C$ 라 할 때, \tilde{R} 과 \tilde{S} 의 퍼지관계곱 $(\tilde{R} \odot \tilde{S})_{ik}$ 는 A의 원소 a_i 와 C의 원소 c_k 의 관계정도 구

조를 나타내며, 세 가지 퍼지관계곱 연산자를 이용하여 표현될 수 있으며 식 (1), 식 (2), 식 (3)과 같다.

$$(\tilde{R} \triangleleft \tilde{S})_{ik} = \frac{1}{|B|} \sum (\tilde{R}_{ij} \rightarrow \tilde{S}_{jk}) \quad (1)$$

$$(\tilde{R} \triangleright \tilde{S})_{ik} = \frac{1}{|B|} \sum (\tilde{R}_{ij} \leftarrow \tilde{S}_{jk}) \quad (2)$$

$$(\tilde{R} \bullet \tilde{S})_{ik} = \frac{1}{|B|} \sum (\tilde{R}_{ij} \leftrightarrow \tilde{S}_{jk}) \quad (3)$$

식 (1)의 \triangleleft 연산자는 퍼지삼각서브논리곱(fuzzy triangle sub-product)이라고 하며 a_i 가 c_k 에 포함되는 정도를 의미한다. 식 (2)의 \triangleright 연산자는 퍼지삼각슈퍼논리곱(fuzzy triangle super-product)이라고 하고 a_i 가 c_k 를 포함하는 정도를 나타낸다. 식 (3)의 \bullet 연산자는 퍼지사각논리곱(fuzzy square product)이라고 하며 a_i 가 c_k 와 유사한 정도를 의미한다.

퍼지 관계곱은 퍼지 조건 연산자(fuzzy implication operator)를 이용하여 적절히 처리되는데 퍼지 조건 연산자는 이진 조건 연산과는 달리 다양한 방법으로 구현 가능하며 현재 수 십여 가지의 다양한 퍼지 조건 연산자가 제안되어 있어서 적용되는 분야에 연관되어 적절히 선택되어 사용되어 진다. 대표적인 퍼지 조건 연산자는 식 (4)~식 (10)과 같으며, 본 논문에서는 식 (8)에서 정의된 Lukasiewicz 조건 연산자가 사용되었다.

$$a \rightarrow b = 1, \text{ if } a \neq 1 \text{ or } b = 1, \\ 0, \text{ otherwise.} \quad (4)$$

$$a \rightarrow b = 1, \text{ iff } a \leq b, \\ 0, \text{ otherwise.} \quad (5)$$

$$a \rightarrow b = 1, \text{ iff } a \leq b, \\ b, \text{ otherwise.} \quad (6)$$

$$a \rightarrow b = \min(1, b/a). \quad (7)$$

$$a \rightarrow b = \min(1, 1 - a + b). \quad (8)$$

$$a \rightarrow b = 1 - a + ab. \quad (9)$$

$$a \rightarrow b = (1 - a) \vee b. \quad (10)$$

3. 의료진단 시스템

여러 선진국들은 1970년대부터 의료진단 시스템에 대한 중요성과 필요성을 인지하여 그 개발에 착수하였다. 1970년대에 개발되었던 대표적인 시스템으로는 박테리라에 감염된 환자들의 치료를 위한 MYCIN[12], 신경시스템(neural system) 질환을 진단하는데 도움을 주는 NEUREX[13] 그리고 심장문제(heart problem)를 가지는 환자들에게 강심제(digitalis)를 투여하는데 있어서 내과 의사들에게 도움을 주

고자 개발된 ANNA[14] 등이 있다. 1980년대에는 신생아 중환자실(newborn intensive care unit)의 환자들을 모니터(monitor)하는데 있어서 임상 의사(clinician)들에게 도움을 주고자 개발된 BABY[15], protocols라고 불리는 화학요법(chemotherapy)하에 있는 암환자들(cancer patients)을 치료하고 유지해 주는데 있어서 내과 의사들에게 도움을 주는 ONCOCIN[16] 그리고 폐기능 검사(pulmonary function tests)를 해독함에 의해서 폐질환(lung disease)의 존재(presence)와 정도(severity)를 진단해 주는 WHEEZE[17] 등이 있다. 그런데 이러한 시스템들은 모두 인간의 특정 질환에 대해서 너무 좁은 특정한 부분에 제한되어 있다. 그러므로 여러 가지 유형의 질환에 공통적으로 관련된 증상을 처리하는 경우 진단 범위가 광범위해져서 최종 진단을 내리기가 힘든 문제점을 지니고 있다. 이러한 문제점들을 해결해 보고자 2000년대에 들어서 폐 질환에 관련된 질환을 진단할 수 있는 CAMD(Computer Aided Medical Diagnosis) 모델[18]이 연구되고 있다.

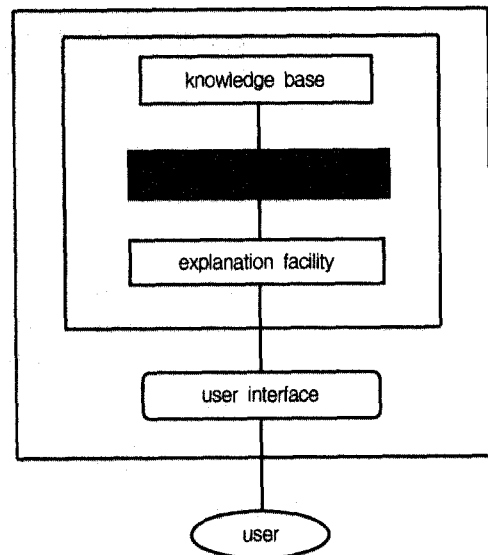
국내의 의료진단 시스템에 관련된 연구는 다른 여러 선진국가에 비하여 근래에 시작되었다. 1997년에 발표된 규칙 기반 추론과 사례기반 추론을 이용한 신장 질환 진단 시스템[19] 등이 있으며, 여러 가지 유형의 질환에 공통적으로 관련된 증상을 처리하는 시스템에 관한 연구로는 퍼지논리(fuzzy logic)를 이용한 급성복통과 관련된 질환 진단시스템(DS-DAAP : Diagnosis System for Diseases associated with Acute Abdominal Pain)[7] 등이 있다.

4. 퍼지관계급 기반 급성복통과 관련된 지능형 질환 진단시스템

급성복통은 여러 가지 유형의 질환과 관련이 있어서 의사가 의사결정을 내리기가 쉽지 않으며, 어떤 의료진단시스템의 지원을 받아야 하는지 결정하기가 쉽지 않다. 환자의 다양한 정보들을 가지고 진단을 내리는 과정은 여러 단계를 거치게 되며 상당히 복잡한 의사결정을 요구하게 된다. 여기서의 의사결정에는 참 혹은 거짓이 명확히 구분되는 경우도 있으나 인체 구조가 매우 복잡하므로 대부분의 경우 애매한 성질을 갖게 되며 이러한 성질을 갖는 정보에 대한 검색도 가능해야 한다.

본 논문에서는 시스템의 성능을 개선시키기 위하여 퍼지관계급(fuzzy relational product)[8-11] 기반 급성복통과 관련된 지능형 질환 진단시스템을 제안한다. 환자들이 급성복통을 호소할 때 다양한 증상들을 고려하여 퍼지관계급을 이용하여 특정 질환으로 진단을 내리게 된다. 제안하는 퍼지관계급 기반 급성복통과 관련된 지능형 질환 진단시스템(IDS-

DAAP : Intelligent Diagnosis System for Diseases associated with Acute Abdominal Pain based on fuzzy relational product)은 급성복통이라는 증상에서부터 시작하여 특정 질환으로의 반복적인 작업 흐름을 가진다. 이 시스템에서는 급성복통이라는 일반적인 증상에서부터 특정 증상으로 부분적인 진단이 진행된다. 이 때 추론엔진에서는 퍼지관계급을 이용하여 애매모호한 지식들을 처리하게 되며, 제안하는 시스템의 구조는 (그림 1)과 같다.



(그림 1) IDS-DAAP의 구조

4.1 사용자 인터페이스(user interface)

DS-DAAP는 사용자와 대화를 통하여 진단에 필요한 의학 정보들(혈압, 맥박, 호흡수, 활동도, 수술에 관한 위험 정도, 스테로이드 사용 여부 정도, 구토 정도, 탈수 증상 정도, 복부 통증 정도, 분변 매복 정도 등)을 획득하고, 진단 결과인 특정 질환(담낭염, 간질환, 대장 질환, 위염, 십이지장염 등)을 화면으로 출력하게 되므로 사용자가 편리하게 사용할 수 있는 인터페이스가 요구된다. 따라서 본 시스템에서는 메뉴를 이용하여 사용자가 쉽게 시스템의 기능을 선택할 수 있게 하였으며, list box, radio button 등의 다이얼로그 박스들을 사용하여 사용자의 복잡한 요구를 시스템과 대화식으로 처리할 수 있게 하였다.

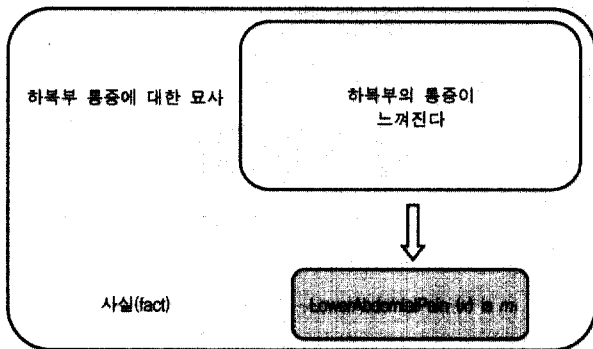
Visual Basic 6.0을 사용하여 본 시스템의 시뮬레이션을 위한 사용자 인터페이스를 구현하였으며, 사용자 측면이 강한 GUI를 제공하여 사용자에게 친숙성을 제공하도록 하였다.

4.2 지식 베이스(knowledge base)

지식 베이스는 급성복통과 관련된 증상들을 나타내는 사실들과 그러한 사실들로부터 급성 복통과 관련된 질환을

진단하기 위한 규칙들로서 구성된다.

사실이란 추론을 하는 동안에 추가 또는 삭제 가능한 단기정보(short-term information)로서 주로 데이터나 사물에 대한 묘사를 나타내며, 예를 들면 (그림 2)와 같다. 그림에서 보듯이 '하복부의 통증이 느껴진다' 라는 것을 묘사하기 위하여 퍼지논리에 기본을 둔 언어형태를 사용하여 'Lower AbdominalPain (x) is m_i '라는 사실로 표현하였는데 이것은 'x 라는 환자의 하복부의 통증 정도가 m_i 라는 소속정도 값 정도이다'라는 것을 나타낸다.



(그림 2) 사실의 예

규칙은 문제를 풀어 나가기 위한 장기정보(long-term information)로서 전문가가 어떤 결정을 내리기 위해 사실을 이용하는 법을 말한다. 전문가가 지니고 있는 지식을 표현하는 방법(knowledge representation)으로는 의미망(semantic network), 프레임(frame), 생성규칙(production rule) 등이 있다[12-13]. 본 시스템에서는 지식의 첨가와 제거 및 변경이 용이하고 다른 사람들이 이해하기 쉬우며 서술적인 지식을 표현하기에 적합한 생성 규칙을 사용하여 지식을 표현하였으며, 다음과 같이 크게 다섯 부분으로 나눌 수 있다.

- ① 담낭염 여부를 진단하기 위한 규칙
- ② 간질환 여부를 진단하기 위한 규칙
- ③ 대장질환 여부를 진단하기 위한 규칙
- ④ 위염 혹은 십이지장 여부를 진단하기 위한 규칙
- ⑤ 전립선 질환, 생식 및 비뇨기계 질환 여부를 진단하기 위한 규칙

생성규칙의 지식은 'IF (조건부) THEN (수행부)'로 표현되는 구조를 가지고 있다. 조건부는 AND, NOT 그리고 사실로 구성되는 리터럴(literal)이 OR로 연결되는 리터럴의 모임으로서 구성되며, 수행부는 조건부가 만족될 때 수행되어야 하는 수행절로 구성된다. 지식베이스의 각 규칙의 조건부는 사실에 의해서 만족되어야만 선택되어질 수 있다. 규칙의 수행부는 메모리의 내용을 변화시킬 수 있으며, 이렇게 됨으로써 다른 규칙의 조건부가 만족될 수 있다. 다음

은 생성규칙을 이용한 급성 위염 여부를 분석하기 위한 기초적인 관련지식을 표현한 예이다. 여기서 [규칙 5]의 조건부는 2개의 리터럴로 구성되어 있는데, 수술에 관한 위험 정도를 나타내는 소속정도 값이 m_i 이고 구토정도도 나타내는 소속정도 값이 m_j 일 때 급성 위염과 관련된 정도를 나타내는 소속정도 값 m_k 는 2가지 소속정도 값의 max값으로 취해진다는 규칙을 나타낸다. 여기서 PR은 규칙의 우선순위를 나타내며, 규칙 충돌 발생시 적절한 규칙을 선택하게 하는 기준을 제공한다.

[규칙 5]

IF OperationRisk(y) is m_i OR Vomiting(y) is m_j
 THEN AcuteGastritis(y) is m_k [단, $m_k = \max(m_i, m_j)$]
 PR(y) is 0.93

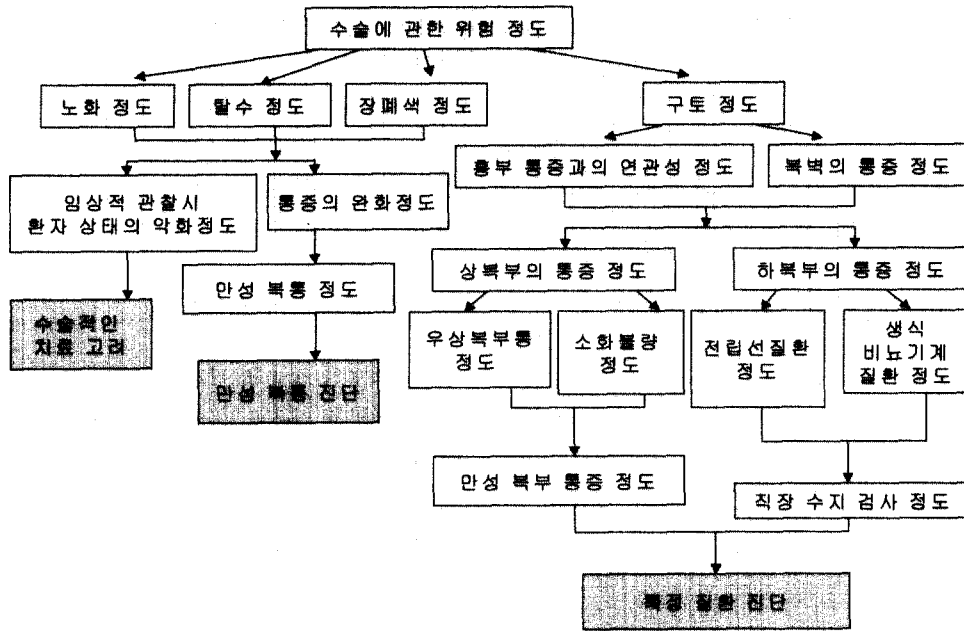
생성 규칙을 표현하기 위해서는 언어적인 표현을 사용해도 되지만 최종적으로는 대표 수치인 퍼지값을 이용하여 여러 가지 퍼지 관계를 구축하게 된다. 본 논문에서 사용한 언어값과 그에 해당하는 구간값 및 대표값은 <표 1>과 같다.

<표 1> 빈도와 인식 세기를 표현하는 언어값, 구간값 및 대표값

언어값 (() 내는 인식 세기)	구 간 값	대 표 값
always (always)	[1, 1]	1
almost always (almost always)	[0.98, 0.99]	0.99
very often (very strong)	[0.83, 0.97]	0.9
often (strong)	[0.68, 0.82]	0.75
sometimes (medium)	[0.33, 0.67]	0.5
seldom (weak)	[0.18, 0.32]	0.25
very seldom (very weak)	[0.03, 0.17]	0.1
almost never (almost never)	[0.01, 0.02]	0.01
never (never)	[0, 0]	0
unknown (unknown)	∅	∅

4.3 추론 엔진(inference engine)

제안하는 시스템은 일종의 의사결정 시스템으로서 급성 복통을 호소하는 환자의 여러 가지 다른 의학적 정보들을 입력받아 특정 질환(담낭염, 간질환, 대장 질환, 위염, 십이지장염, 전립선 질환, 생식 및 비뇨기계 질환 등)으로의 진단을 제시해 주는데 있어서 전향추론(forward chaining inference)과 후향추론(backward chaining inference) 기법을 혼합한 혼합형추론(hybrid chaining inference)[20-21] 기법을 사용하였다. 이 기법을 사용함으로써 전향추론 기법과 후향추론 기법의 장점을 취할 수 있으며, 목표나 가설로부터 문제를 해결할 수 있는 문제해결의 완벽성을 추구할 수 있다.



(그림 3) 추론 절차의 흐름도

환자의 의학적 정보들, 질환을 진단하기 위해 추론으로부터 얻어진 사항들이 사실로서 지식베이스에 저장되는데, 지식베이스에 있는 규칙들 중에서 실행 가능한 규칙들을 가져와서 추론하고 새로운 사실을 다시 지식 베이스에 넣게 된다. 이러한 일련의 과정을 반복 수행함에 의해서 질환을 진단하게 된다. 만약, 환자의 다양한 증상을 알고 있을 때에는 전향추론 기법을 선택하여 특정 질환을 진단할 수 있으며, 환자에게 특정 질환이 예상될 때에는 후향추론 기법을 선택하여 특정 질환에 관련된 증상을 찾게 되어 보다 정확한 진단을 가능하게 한다.

(그림 3)은 추론 엔진에서 추론 절차의 흐름도[22]를 보여 주며, (그림 4)는 혼합형추론 기법에 대한 알고리즘을 나타낸다.

```

Hybrid-Chaining( )
{ /* It has two chaining rules : one forward chaining rule and
the other backward chaining rule */

IF you know the symptoms and want to know the
disease THEN select forward chaining rule ;

IF you expect the disease and want to know the
symptoms THEN select backward chaining rule ;
} end of Hybrid-Chaining( ) */
    
```

(그림 4) 혼합형추론 기법에 대한 알고리즘

의사들이 급성복통과 관련된 여러 가지 유형의 질환을 진단하는 것에 도움을 주기 위해서는 의사들의 경험적 정

보를 표현하고 이것들을 직접 사용할 수 있는 도구가 필요하다. 이러한 목적으로 추론엔진에서는 퍼지관계곱 기반 휴리스틱 탐색기법을 사용한다. 본 논문에서 제안하는 휴리스틱 탐색기법은 다음과 같이 크게 세 가지 단계로 구성된다. 첫 번째 단계에서는 식 (11)과 같이 환자의 집합 P, 증상의 집합 S, 질환의 집합 D를 정의한다. 식 (12)는 환자와 증상 간의 퍼지관계를, 식 (13)은 증상과 질환과의 퍼지관계를 나타낸다. 두 번째 단계에서는 식 (14)와 같이 환자와 증상 간의 퍼지 관계와 증상과 질환과의 퍼지관계를 퍼지 관계곱(fuzzy relational product) 연산을 이용하여 환자와 질환과의 퍼지 관계를 구하게 된다. 세 번째 단계에서는 식 (15)와 같이 퍼지 관계를 이진관계로 변환하기 위하여 α -cut을 적용한다. 이 때 합리적인 결과를 도출하기 위해서 적절한 α -cut 값을 설정하는 것이 중요하다.

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_i\} \quad S = \{s_1, s_2, \dots, s_j\}$$

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\} \tag{11}$$

$$\tilde{R} = P \times S = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} \\ s_1 & s_2 & \dots & s_j \end{pmatrix} \begin{matrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_i \end{matrix} \tag{12}$$

$$\tilde{T} = S \times D = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1k} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{i1} & t_{i2} & \dots & t_{ik} \\ d_1 & d_2 & \dots & d_k \end{pmatrix} \begin{matrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_j \end{matrix} \tag{13}$$

$$\tilde{U} = \tilde{R} \cdot \tilde{T} = \begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1k} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{i1} & f_{i2} & \dots & f_{ik} \\ d_1 & d_2 & \dots & d_k \end{pmatrix} \begin{matrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_i \\ \vdots \end{matrix} \quad (14)$$

$$C_a = a_cut(\tilde{U}, a) = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1k} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} & \dots & h_{ik} \\ d_1 & d_2 & \dots & d_k \end{pmatrix} \begin{matrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_i \\ \vdots \end{matrix} \quad (15)$$

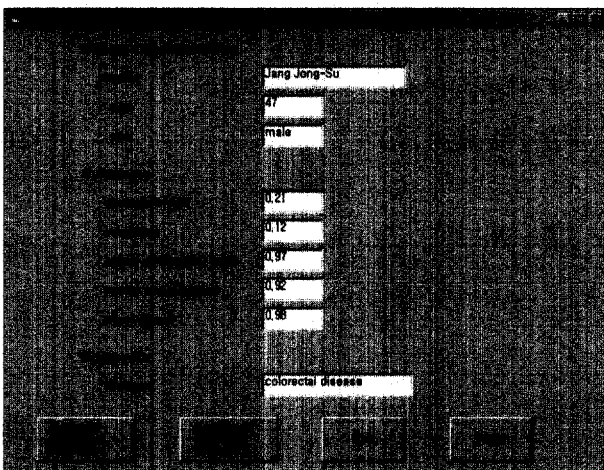
일반적인 퍼지정보검색 모델에서는 증상과 증상간의 계층관계를 구하여 활용하고 있으나, 본 논문에서는 증상과 증상간의 관계를 계층 구조화하지 않는다. 그것은 증상과 증상간의 관계가 계층적으로 의미가 있는 것이 아니라, 개별적인 증상과 질환이 관련이 있기 때문이다.

4.4 설명(explanation facility)

사용자가 진단 과정에서 사용된 용어의 의미를 정확히 모르거나 뜻이 애매한 경우 GUI를 사용하여 도움말을 제공하도록 하였다. 사용자가 "어떻게 결론을 내렸는가?"에 대한 설명을 요구할 때는 특정 질환을 진단하게 된 추론의 과정을 추적하여 보여줌으로써 설명하여 준다. 또한 "왜 특별한 어떤 데이터를 필요로 하는가?"라는 질의가 들어왔을 때에는 시스템이 수행(fire)시키고자 하는 현재의 규칙들을 보여줌으로써 설명을 하여 준다.

5. 구현 및 실험 예

본 논문의 퍼지관계급 기반 급성복통과 관련된 지능형 질환 진단시스템(IDS-DAAP)은 Windows 환경하에서 Visual BASIC 6.0을 사용하였으며, 메모리가 128MB인 Pen-

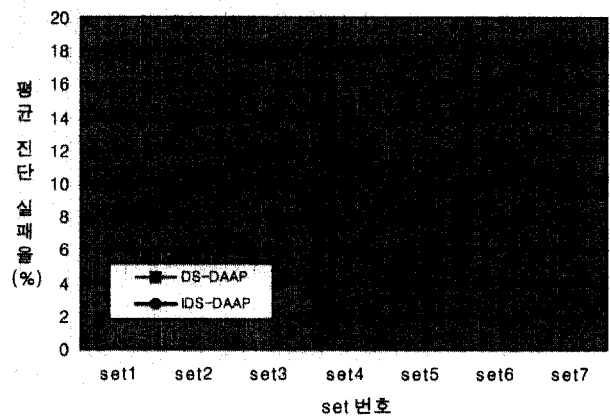


(그림 5) 진단 결과 제공 화면의 예

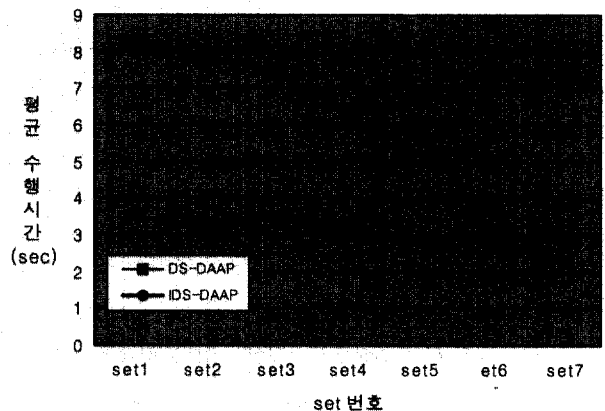
tium IV Personal Computer상에서 시뮬레이션 시스템을 구현하였다. (그림 5)는 환자의 다양한 증상들로부터 전향 추론 기법에 의하여 추론을 하여 의심이 되는 질환을 찾아낸 후, 후향추론 기법을 사용하여 의심되는 질환이 옳은 것인지 관련된 증상들을 찾아내어 최종적으로 대장 질환을 진단한 결과를 제시해 준 화면이다.

6. IDS-DAAP의 성능 평가

본 시스템의 성능을 평가하기 위해서 이미 구축되어 있는 퍼지논리를 이용한 급성복통과 관련된 질환 진단시스템(DS-DAAP)[7]과 제안하는 퍼지관계급 기반 급성복통과 관련된 지능형 질환 진단시스템(IDS-DAAP)을 비교하였다. 데이터는 G병원으로부터 획득한 350명의 실제 환자 데이터에 대해서 7가지 test set으로 나누어서 진단을 수행하여 두 시스템에서 평균진단 실패율과 평균 수행시간을 비교하였는데 (그림 6), (그림 7)과 같다. 기존의 DS-DAAP보다 제안하는 IDS-DAAP에서 진단실패율이 감소하여 정확성을 높게 되었을 뿐 아니라, 수행시간을 감소시켰다.



(그림 6) 시스템에 따른 평균 진단 실패율 비교



(그림 7) 시스템에 따른 평균 수행시간 비교

7. 결론 및 향후과제

제안하는 IDS-DAAP는 기존의 DS-DAAP 와 비교해 볼 때 평균 수행시간이 감소되었다. 이는 기존의 DS-DAAP에서는 전향추론 기법만을 사용하였으나, 제안하는 IDS-DAAP에서는 전향추론과 후향추론 기법을 혼합한 혼합형 추론 기법을 사용하여 문제와 관련 없는 동작들이 자주 실행이 되는 추론 엔진 동작의 비효율적인 면을 제거했기 때문이다. 또한 평균 진단 실패율을 감소시켜 진단의 정확성을 높게 되었는데, 이것은 이진관계급(crisp relational product) 연산을 확장한 Bandler와 Khout의 퍼지관계급(fuzzy relational product) 연산이 두 퍼지 관계 내에서 각 원소들간의 관계 정도 구조를 적절하고 효율적으로 표현하였기 때문이다.

향후 연구과제로는 다음과 같은 항목들을 고려하여 이루어져야 한다. 첫째, 급성복통 이외에도 여러 가지 유형의 질환에 관련되는 증상을 잘 처리할 수 있는 새로운 CAMD (Computer Aided Medical Diagnosis) 모델에 관한 연구가 필요하다. 둘째, 규칙기반 추론의 단점을 보완하기 위하여 사례기반 추론을 혼합한 하이브리드 시스템에 대한 연구가 요구된다. 셋째, 급성복통과 관련된 질환의 진단 뿐 아니라 치료법도 제시해 주는 시스템의 확장에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] K. P. Adlassning, "Fuzzy set theory in medical diagnosis," IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., Vol.SMC-2, pp.260-265, Feb., 1986.

[2] A. Durg et al., "Identification of variegated coloring in skin tumors," IEEE Eng. Med. Biol. Mag., Vol.12, pp.71-74, 1993.

[3] R. Poli et al., "An NN expert system for diagnosing and treating hypertension," IEEE Comput., Vol.24, pp.64-71, Jan., 1991.

[4] D. G. Bounds et al., "A multilayer perception network for the diagnosis of low back pain," in Proc. ICNN, San Diego, CA, pp.481-489, Sept., 1998.

[5] R. J. K. Jacob and J. N. Froscher, "A software engineering methodology for rule-based systems," IEEE Trans. Knowledge Data Eng., Vol.2, pp.173-189, June, 1990.

[6] D. C. Lymberopoulos et al., "ELPIDA : A general architecture for medical imaging systems supporting telemedicine application," J. Electr. Imag., Vol.4, No.1, pp.84-97, 1995.

[7] 현우석, "퍼지논리를 이용한 급성복통과 관련된 질환 진단시스템의 설계", 한국퍼지및지능시스템학회 2002년도 춘계학술 발표논문집, 제12권 제1호, pp.68-71, May, 2002.

[8] L. J., Khout, E. Keravnou and W. Bandler, "Automatic documentary information retrieval by means of fuzzy relational products," In Gaines, B. R., Zadeh, L. A. and Zimmermann, H. J., editors Fuzzy Sets in Decision Analysis, North-Holland, Amsterdam, pp.308-404, 1984.

[9] W. Bandler and L. J. Kohout, "Fuzzy Relational Products as a Tool for Analysis and Synthesis of the Behaviour of Complex natural and Artificial System," in : S. K. Wang and P. P. Chang, eds., Fuzzy Sets : Theory and Application to Analysis and Information Systems, Plenum Press, New York, pp.341-367, 1980.

[10] W. Bandler and L. J. Kohout, "Semantics of Implication Operators and Fuzzy Relational Products," Intl. Journal of Man-Machine Studies, Vol.12, pp.89-116, 1980.

[11] W. Bandler and L. J. Kohout, "Fuzzy Power Sets and Fuzzy Implication Operator," Fuzzy Set and Systems 4, pp.13-30, 1980.

[12] E. H. Shortliffe, S. G. Axline, B. G. Buchanan, T. C. Merigan and S. N. Cohen, "An artificial intelligence program to advise physicians regarding antimicrobial therapy," Computers and Biomedical Research, Vol.6, pp.544-560, 1973.

[13] J. A. Reggia, "A production rule system neurological localization," Proceedings of the Second Annual Symposium on Computer Applications in Medical Care, IEEE, November 1978.

[14] H. Silverman, A digitalis therapy advisor, MIT Technical Report TR-143, December, 1974.

[15] L. E. Rodewald, BABY : an expert system for patient monitoring in a newborn intensive care unit. M.S. thesis, Computer Science Dept., University of Illinois, Champaign-Urbana, 1984.

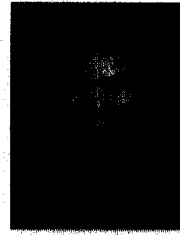
[16] S. A. Stansfield, ANGY : a rule-based expert system for identifying and isolating coronary vessels in digital angiograms, Proceedings of the First Conference on Artificial Intelligence Applications, IEEE Computer Society, December, 1984.

[17] D. E. Smith and J. E. Clayton(des.), Rule-Based Expert Systems, Reading, Mass : Addison-Wesley, pp.441-452, 1984.

[18] P. K. George, L. Dimitris, K. Evy and C. Costas, "A New

Concept Toward Computer-Aided Medical Diagnosis-A Prototype Implementation Addressing Pulmonary Diseases," IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, Vol.5, No.1, pp.55-66, March 2001.

- [19] 김은경, "신장 질환 진단을 위한 규칙 기반 추론과 사례기반 추론의 통합", 정보과학회 논문지, 제24권 제10호, pp.1093-1100, 1997.
- [20] J. Giarratano and G.Riley, "Expert Systems Principles and Programming," 2nd Ed., PWS, 1994.
- [21] D. A. Waterman, "A guide to Expert Systems," Addison-Wesley, 1986.
- [22] 경상대학교 병원 내과, 소화기 질환 진단지침서, 경상대학교 출판부, 2000.



현우석

e-mail : wshyun@bible.ac.kr

1987년 이화여자대학교 전자계산학과 (이학사)

1993년 이화여자대학교 교육대학원 컴퓨터 교육전공(교육학 석사)

2001년 국립경상대학교 대학원 컴퓨터 과학과(공학 박사)

1987년~1993년 한국외환은행 전산실

2001년~2002년 경희대학교 전자정보학부 컴퓨터공학전공 강의 전임강사

2002년~현재 한국성서대학교 정보과학부 전임강사

관심분야 : 인공지능, 지식기반 시스템, 퍼지 시스템, 정보검색시스템, 의료정보시스템, bioinformatics, 정보 보안 등