

ART2 기반 지능형 자가 건강 진단 시스템의 개발

김 광 백*

Developing an Intelligent Self-Health Pre-Diagnosing System based on ART2

Kwang-Baek Kim*

요 약

본 논문에서는 ART2 알고리즘을 이용하여 질병을 도출하고 증상의 차이를 구분하기 위해서 애매한 증상의 정도를 퍼지 추론 방법에 적용하여 더욱더 정확한 질병 상세를 도출할 수 있는 개선된 자가진단 시스템을 제시한다. 본 논문에서 제안한 방법을 전문의에게 분석을 의뢰한 결과, 본 논문에서 제안된 자가진단 시스템 방법이 이전의 방법보다, 지능형 자가 보조 진단 시스템으로서 사용자에게 더욱 효과적인 도움을 줄 수 있는 가능성을 확인하였다.

▶ Keywords : ART2 알고리즘, 질병, 증상, 퍼지 추론 방법

Abstract

In this paper, we propose a self-diagnosis system that is based on the ART2 algorithm in order to extract more detailed disease information by fuzzy reasoning method especially when the boundary of perceived symptoms are not clearly classified into disease categories. With that modification from previous version of the self health pre-diagnosis system, the proposed one is verified as more effective by field experts' evaluation as an intelligent assistant tool for public users before they consult with medical experts.

▶ Keywords : ART2 algorithm, Disease, Symptoms, Fuzzy reasoning method

•제1저자 : 김광백 •교신저자 : 김광백

•투고일 : 2014. 4. 30, 심사일 : 2014. 5. 13, 게재확정일 : 2014. 5. 22.

* 신라대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, Silla University)

I. 서 론

의료 정보는 그 전문성과 특수성으로 인하여 전문인들만이 향유하는 독점물로서 인식되어 왔으며 일반인들이 접근하기 난해한 분야로 알려져 왔다. 물론 의료 전문인들의 진단을 돕기 위한 전문가 시스템은 수십년 연구 역사를 갖고 있지만 의료 진단의 불확실성과 전문성 때문에 특정 신체 부위나 특정 질병군에 한하여 깊은 전문지식을 활용하는 것으로 인식되고 발달되어 왔다[1,2].

하지만 다소의 전문성을 희생한다면 의료 정보도 요즘의 인터넷 환경 하에서는 누구나 이해 가능한 선에서 자가 진단할 수 있으며 이러한 공중 보건적 자가 진단이 미국 등의 선진국에서 실험되고 있다[3]. 이러한 시스템은 믿음만한 증상/질병 데이터베이스 구축과 그에 따른 능동적 추론 기법을 이용하여 일반인이 자신의 건강 진단을 쉽게 스스로 증상을 인지하여 전문 의료인에게 좀 더 효과적으로 활용할 수 있게 하며 이를 통해 국민전체의 보건의료의 사회적 비용을 절감하는 것에도 크게 도움이 된다[4]. 이러한 자가 진단 시스템은 광범위한 의료 현장에 쉽게 적용시킬 수 있는 유용한 방법이며 결국 일반인이 자신의 건강에 경각심을 갖고 빠른 시기에 자각증상이 있을 때 전문의를 찾게 하는 긍정적 효과가 있다[5].

특히 고령화 사회가 시작되면서 의료 자원에 대한 지리적, 경제적 비용 등의 부담감으로 병원을 찾지 못하는 노인층의 비율이 해마다 증가하고 있다. 이러한 결과로 질병이 발병한 환자는 의료 지식이 부족한 주변 사람의 진단과 함께 검증되지 않은 민간요법 등을 사용하거나 쉽게 치료가 가능한 질병임에도 불구하고 치료시기를 놓쳐 병을 더 악화시킬 수 있으며 합병증을 유발할 수 있다. 따라서 이러한 현대인들의 시간적, 지리적, 경제적 비용 등의 부담을 줄이고 자신의 건강상태를 쉽게 진단하여 관리할 수 있도록 유도하는 지능형 자가 진단 시스템이 요구된다.

따라서 본 논문에서는 전문 의료지식이 부족한 개인이 간단한 자신의 증상 선택만으로 건강 상태를 파악하고 더욱 세부적인 증상 정보의 입력을 통해 더욱 정확한 진단을 유도할 수 있는 자가 진단 시스템과 효과적인 활용을 위해 전문가가 쉽게 새로운 질병 및 증상을 추가, 관리할 수 있는 지능형 자가 진단 시스템을 제안한다.

본 논문에서는 ART2 알고리즘을 이용하여 가능성이 높은 질병을 추출한다. 추출된 질병은 더욱 세부적이고 정확한 정보를 얻기 위해 판별이 힘든 정보를 퍼지 논리를 이용하여 단순한 질병 도출에서 더욱더 정확하고 세부적인 정보와 치료법을 사용자가 확인할 수 있도록 결과를 도출한다.

II. 개선된 자가 진단 시스템

2.1 질병 및 증상, 치료법 조사

본 논문에서는 국민건강보험공단의 '질병 소분류별 다빈도 상병 급여 현황(2005)'과 통계청의 '한국표준질병·사인분류(4차개정)'를 참조하여 한국인들에게 발병하여 병원을 찾게 되는 다빈도 질병들 중 정확한 검사가 필요하거나 치과질환, 관절 및 인대의 탈구, 염좌 등과 같이 자가 진단 시스템으로 진단하기 부적절한 질병을 제외한 46종을 선정한다[6,7]. 그리고 선정된 질병들의 증상을 의료전문 콘텐츠 12곳을 참조하여 166가지를 수집한 후, 머리, 코, 목 등 17가지 신체 부위별로 분류하여 질병 진단을 위한 질의로 제시한다. 또한 질병의 증상들 중에 중요도를 분류하여 증상별 가중치를 다르게 설정하며 나이, 경과 시간, 체온 등을 이용하여 질병의 증상과 치료법을 제시한다. 질병 선정 및 증상, 치료법 수집 과정은 그림 1과 같다.

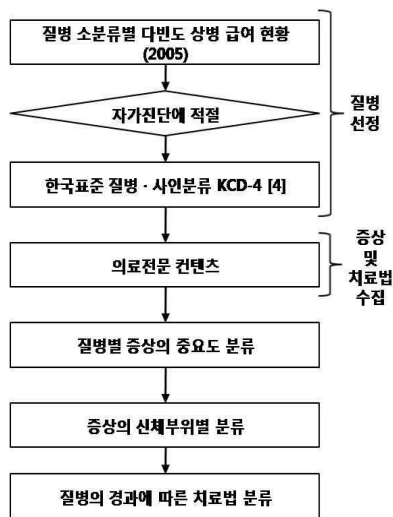


그림 1. 질병선정 및 증상, 치료법 수집 과정
Fig. 1. Process for Diseases, Symptoms, Treatments Collection

2.2 데이터베이스 설계

본 논문에서 사용한 데이터베이스는 선정된 46가지의 질병과 그 질병들의 166가지의 증상, 질병의 경과 정도와 사용자의 나이 등에 따른 치료법들을 각각의 테이블로 설계한다. 질병 테이블에는 질병명과 질병 및 증상 조사 과정에서 분류한 증상의 중요도에 따른 증상 코드, 질병의 경과 정도와 사

용자의 나이 등의 따른 치료법 테이블(디테일 테이블)을 저장하며 증상 테이블에는 46가지 질병들에 대해서 166가지의 증상을 저장한다. 데이터베이스의 구조는 그림 2와 같다.

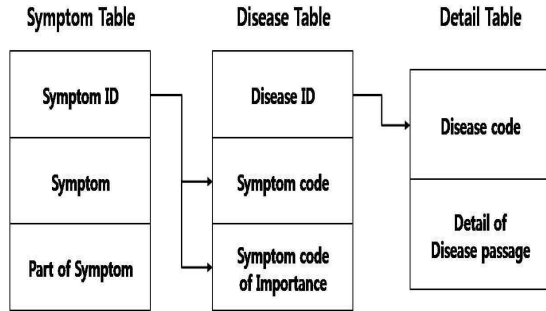


그림 2. 질병선정 및 증상, 치료 Database 설계
Fig. 2. Diseases/Symptoms Database Design

질병 테이블의 증상 코드와 질병 기간에 따른 세부적인 테이블 구조는 그림 3과 같다.

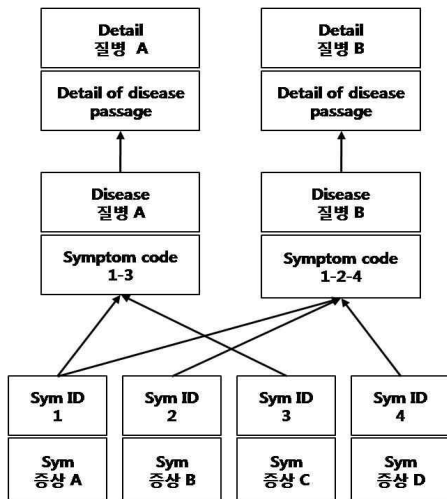


그림 3. 증상 코드 해석
Fig. 3. Interpretation of Symptoms

2.3 개선된 자가 진단 시스템

본 논문에서는 먼저 이상부위를 선택하여 나타난 증상들 중에 자신의 증상을 선택한다. 자신의 증상을 모두 선택하게 되면 선택된 증상들을 입력 패턴으로 제시하여 데이터베이스에 저장되어 있는 질병들에 대해 자가 진단에 효과적인 유사도 측정법을 적용하여 유사도를 측정하고 유사도가 높은 으뜸치순으로 3가지 질병을 최종 질병으로 도출한다. 제안된 자가

진단 시스템의 개략적인 순서도는 그림 4와 같으며 질병 도출 과정은 그림 5와 같다.

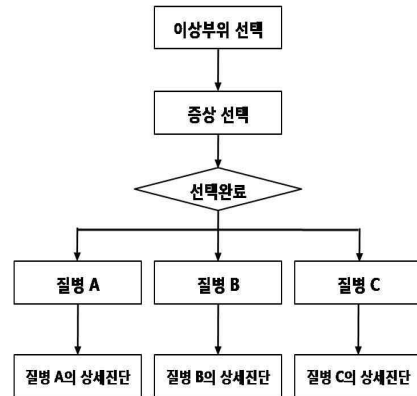


그림 4. 제안된 자가진단 시스템의 개략 순서도
Fig. 4. Proposed Self Health Pre-Diagnosis System Flow

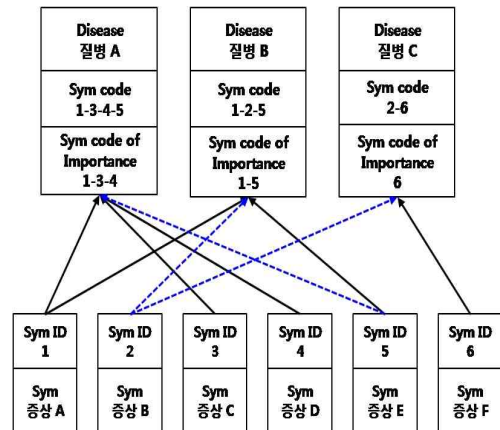


그림 5. 질병 도출 과정
Fig. 5. Process of Disease Inference

사용자의 증상 패턴과 가장 유사한 질병들이 군집해 있는 클러스터를 탐색한 후, 그림 5와 같이 그 클러스터에 속해 있는 질병들과 사용자 증상 패턴의 유사도를 측정하여 가장 가까운 질병 3가지를 도출한다. 그림 5의 실선은 중요 증상이며 질병 A, B, C 순서대로 유사도를 도출하는 결과를 나타낸 것이다.

III. 질병 도출을 위한 ART2 알고리즘

본 논문에서는 ART2 알고리즘을 적용하여 사용자의 증상

패턴과 질병의 증상 패턴과의 유사도를 측정한다. ART2 알고리즘은 입력 패턴에 대한 목표치가 없이 군집화가 가능한 비지도 학습이며 비교적 빠른 시간 내에 군집화가 가능하고 동적으로 클러스터의 생성이 가능하다는 특징이 있다. 또한 경쟁 학습의 약점인 안정성을 보강한 모델이다. 또한 이진패턴만 처리 가능한 ART1과 달리 아날로그 입력패턴 처리가 가능한 장점이 있다[8]. 제안된 자가진단 시스템에 적용된 ART2 알고리즘 순서도는 그림 6과 같다.

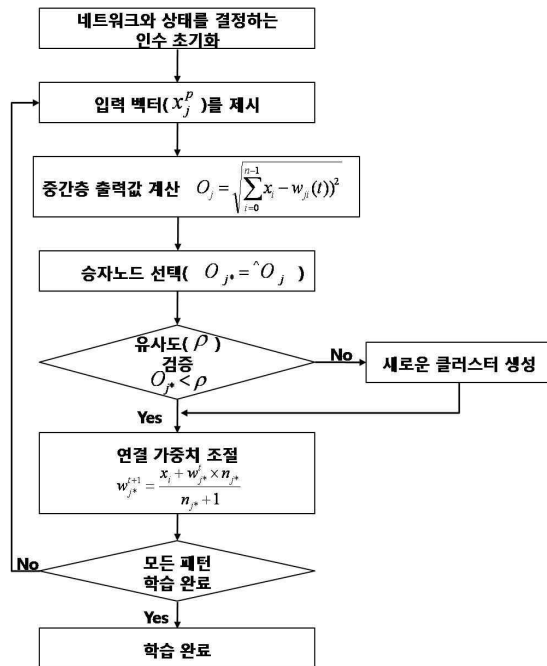


그림 6. ART2 알고리즘 순서도
Fig. 6. Flow of ART2 Algorithm

$$O_j = \sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} (x_i - w_{ji}^{-1})^2} \quad (1)$$

기존의 ART2의 출력 값은 식 (1)과 같이 계산한다. 하지만 사람에게 발병될 수 있는 질병의 수는 많지만 실제 질병에 속하는 증상은 5~7개 정도 밖에 되지 않기 때문에 전체 뉴런을 대상으로 하면 연결강도와 입력뉴런 모두 0인 경우가 많이 발생하므로 정확히 질병들이 분류되지 않는다. 따라서 제안된 자가 진단 시스템에서 ART2의 학습과정은 그림 6과 같이 기존의 ART2알고리즘과 동일하지만, 최종 질병 도출 과정은 기존의 자가 진단 방법의 문제점과 질병의 증상의 특징을 고려하여 중간층의 출력값을 식 (2)와 같이 계산하여 질병들을

분류하는 정확성을 높인다.

$$\frac{O_j}{A} = \sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} (x_i - w_{ji}(t))^2} \quad (2)$$

식 (2)에서 A는 입력뉴런과 연결강도의 값 중에서 하나라도 0이 아닌 값을 가진 활성화 뉴런의 개수이다. 유사도 검증을 위해 중간층 출력값을 [0,1]사이의 값으로 정규화 하는 과정에서 0으로 구성된 뉴런들을 제외한 활성화 뉴런으로 나누어 계산하여 각 질병의 유사도가 기존의 ART2 알고리즘 보다 비교적 정확히 계산하여 현 증상에 해당되는 질병이 정확히 도출되도록 한다.

IV. 퍼지 추론을 이용한 세부 질병 도출

본 논문에서 다루고 있는 질병의 증상들은 대부분 인간의 언어로 표현되어 있어 그 정도의 차이가 판별하기 힘든 문제점이 있다. 또한 증상을 표현하는 환자의 주관적인 생각이 모두 달라서 객관적이며 전문적인 지식을 기준으로 정도의 차이를 수치화할 수 있도록 퍼지 논리를 적용한다. 감기의 중요사항인 체온의 경우에는 비교적 정확한 값으로 입력이 가능하지만 가래의 색과 같이 주관적인 증상의 정도는 입력에 어려움이 있어 질병 도출에 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 판별이 힘든 증상의 정도를 퍼지 소속 함수로 설계한다. 즉 가래의 색의 정도를 일반적인 방법으로는 표현의 한계가 있으나 퍼지 소속 함수로 설계할 경우에는 흰색의 경우 0.0부터 가장 진한 1.0사이의 수로 판별이 힘든 증상의 정도를 표현할 수 있다. 본 논문의 자가 진단 시스템은 ART2 알고리즘을 적용하여 도출된 질병의 세부사항에 영향을 미칠 수 있는 중요 사항과 의심되는 다른 질병의 초기 증상을 사용자에게 보여주어 자신의 증상의 정도를 입력할 수 있도록 한다. 사용자로부터 입력된 증상 정도를 ART2 알고리즘을 적용하여 질병을 도출한 후에 중요 사항별로 미리 설계된 퍼지 소속 함수에 적용한다. 이때 퍼지 소속 함수에 적용하여 출력된 값을 소속도라 하며, 소속도를 제시된 퍼지 추론 법칙에 적용하여 질병의 세부사항을 도출한다. 본 논문에서는 퍼지논리를 적용한 감기의 경우에는 중요 사항으로 나이, 지속 기간, 체온 등이 적용된다.

3.1 나이의 소속 함수

나이에 대한 퍼지 소속 구간은 총 3구간이며 나이가 어린 구간은 A1, 청소년 및 성인구간은 A2, 고령자 구간은 A3로

분류한다. 나이에 대한 소속 함수는 그림 7과 같다.

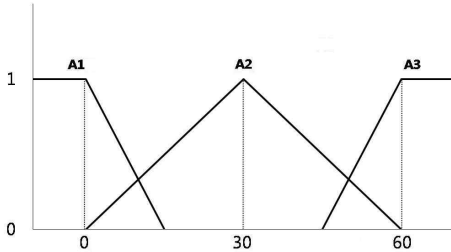


그림 7. 나이에 대한 소속 함수
Fig. 7. Membership Function for Age

사용자는 자신의 나이를 입력하고 입력된 값은 3개의 소속 함수별로 소속도를 구하게 된다. 각각의 소속 함수의 소속도는 A1, A2, A3로 구분된다. 현재의 소속도는 언어적 표현을 수치화 한 것으로 본 논문에서 제시한 추론 규칙을 수행하기 전에는 어떤 특별한 의미는 가지고 있지 않다.

3.2 지속기간의 소속 함수

지속기간에 대한 퍼지 소속 구간 또한 총 3구간이며 지속기간의 초기 구간은 B1, 중기 구간은 B2, 후기 구간은 B3로 분류한다. 지속기간에 대한 소속 함수는 그림 8과 같다.

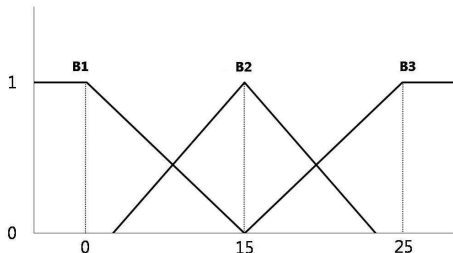


그림 8. 지속기간에 대한 퍼지 소속 함수
Fig. 8. Membership Function for Duration

3.3 체온의 소속 함수

체온에 대한 퍼지 소속 구간은 총 2구간이며 체온의 미열 구간은 C1, 고열 구간은 C2으로 분류한다. 체온에 대한 소속 함수는 그림 9와 같다.

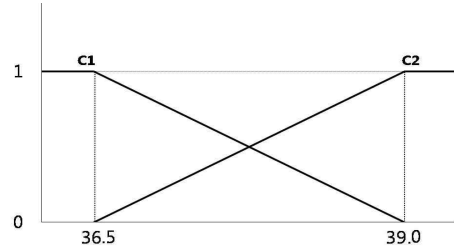


그림 9. 체온에 대한 퍼지 소속도
Fig. 9. Membership function for Body Temperature

감기의 중요 증상인 나이, 지속기간, 체온의 소속도 $\mu(X), \mu(Y), \mu(Z)$ 가 각각 구해지면 질병의 중요사항들의 관계를 통해 미리 정의된 퍼지 제어 규칙에 적용한다. 입력된 나이의 값을 X, 지속기간을 Y, 체온을 Z라고 할 경우 퍼지 제어규칙은 다음과 같다.

- If X is A1 and Y is B1 and Z is C1 then detailcode1
- If X is A1 and Y is B1 and Z is C2 then detailcode2
- If X is A1 and Y is B2 and Z is C1 then detailcode3
- ⋮
- If X is A2 and Y is B2 and Z is C2 then detailcode16
- If X is A3 and Y is B3 and Z is C1 then detailcode17
- If X is A3 and Y is B3 and Z is C2 then detailcode18

퍼지 추론 규칙의 결과 값은 각각 세부적인 질병의 코드를 가진다. 일반적으로 퍼지 추론 규칙에서 결론부는 Mandani의 Min-Max 추론 방법을 적용하는 것이 효율적이지만 본 논문에서는 질병마다 증상이 가지는 의미가 각각 다르다. 따라서 본 논문에서는 퍼지 소속 함수를 통하여 구해진 소속도를 퍼지 제어 규칙에 적용하고 적용된 각 규칙의 전반부 변수들의 소속도를 모두 합하여 각 규칙의 소속함(O_u)을 구한다. 각 추론 규칙의 소속함 중에서 가장 큰 값을 승자 소속함(O_{j^*})으로 선택하고 비퍼지화 과정을 거쳐 세부적인 질병의 코드를 추론한다. 소속함은 식(3)과 같이 계산한다.

$$O_u = \| m_A(x)_i + m_B(x)_j + m_C(x)_k \| \quad (3)$$

각 규칙의 소속함(O_u)중의 최대값이 승자 값(O_{j^*})으로 선택한다. 소속함들의 최대값은 식 (4)와 같이 계산한다.

$$O_{j^*} = Max(O_u) \quad (4)$$

질병의 세부 코드를 이용하여 최종 질병의 세부 사항을 도출하는 과정은 그림 10과 같다.

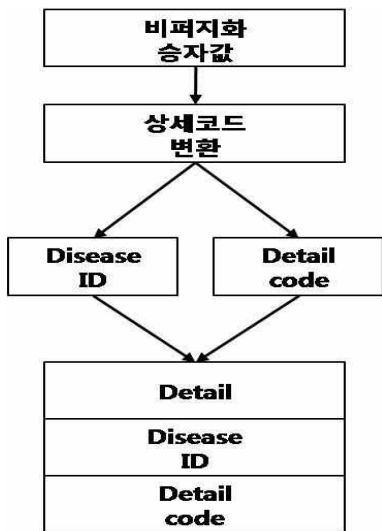


그림 10. 최종 질병의 세부 사항 도출 과정
Fig. 10. Detailed Process for Disease Inference

V. 실험 및 결과분석

제안된 퍼지논리를 이용한 자가진단 시스템에서 적용된 증상과 질병은 각각 46종과 168가지이며 세부사항을 도출하기 위해 추가된 각 질병의 중요 사항은 120가지이다. 본 논문에서 제안한 자가진단 시스템에서 증상을 선택하여 질병이 도출된 화면은 그림 11과 같다.

그림 12과 13은 각각 기존 ART2 알고리즘을 이용한 진단 결과[9]와 제안된 지능형 자가 진단 시스템의 진단 결과이다. 증상은 각각 결립, 귀의 충만감, 난청, 발열, 이통, 진물을 선택하여 외이도염이 도출된 결과 화면과 설사, 점액쉬인 혈변, 주당 3회 미만의 배변을 선택하여 대장염이 도출된 결과 화면을 나타내었다.

그림 13과 같이 대장염이 도출된 결과에서 대장염의 모든 증상이 제시되지는 않았지만 자가진단에 효과적인 출력값 계산식을 적용한 지능형 자가 진단 시스템의 진단 결과가 기존의 자가 진단 시스템에서 보다 진단의 정확성이 개선된 것을 확인할 수 있다.



그림 11. 제안된 자가진단 시스템의 증상선택 및 질병 도출 화면
Fig. 11. Symptom Selection and Disease Output Screen for the Proposed System

또한 외이도염이 도출된 결과에서는 기존의 자가 진단 방법에서 2번째로 도출되었던 대장염 보다 연관성이 높은 내이염이 2번째로 도출되어 기존의 자가 진단 방법에 비해 신뢰도가 개선되었음을 확인할 수 있다.



그림 12 ART2 알고리즘을 이용한 진단 결과
Fig. 12. Diagnosis Result using ART2



그림 13. 제안된 자가 진단 시스템 진단 결과
Fig. 13. Diagnosis Result using Proposed System

그림 14는 기존의 방법(9)을 이용하여 감기를 도출한 결과를 나타낸 것이다. 기존의 방법에서는 환자가 입력한 증상으로 감기라는 질병을 도출하였으나 그림 14와 같은 기본적인 결과만이 나타났다. 따라서 사용자의 증상이 지속적으로 오래되었거나 고열이 있더라도 보다 세부적이고 정확한 진단이 없으므로 사용자에게 잘못된 정보를 제시하여 더욱 질병을 악화시킬 수 있다.

현재 나타날 수 있는 환자의 증상은 바이러스의 종류나 다른 질병의 유무 세균성 합병증의 유무 기관지천식 발작 유무 등에 따라 많이 다르지만 현재 환자의 상태로 보면 합병증이 없는 감기의 전형적인 증상의 콧물, 코막힘, 재채기, 천식 권태, 발열 두통, 인두통, 잔기침 등이 고대 1주일 정도 지속되다 자연히 회복되는 증상입니다. 감기 초기에는 맑은 콧물이 나오다가 나중에는 콧물이 질어져서 노랄고 푸르스름하게 될 수도 있습니다. 그렇지만 이런 콧물의 경우 4~7일 정도 계속되다 없어지는 것이 일반적이인데 이런 증상이 7~10일 이상 계속될 때는 합병증이 생겼거나 다른 질환이 없는지 알아보아야 합니다.

그림 14. 기존의 자가 진단 방법 결과 화면
Fig. 14. Result Screen using Previous Method

그림 15는 본 논문에서 제시한 퍼지 논리를 이용한 감기 질병에 대한 결과 도출 화면이다. 감기에 대하여 그림 14와 비교하면 본문에서 제안된 방법은 감기에 해당하는 증상에 대하여 나이, 지속 기간, 체온 등과 같은 세부 사항을 퍼지 함수에 적용하고 추론하여 질병의 증상에 대한 세부 사항을 도출하여 기존의 방법보다 질병 진단의 정확성이 높아졌다. 그림 15는 중요 증상인 나이의 입력을 5살로 주었을 경우에 소아로 구분되어 그에 따른 결과와 증상 및 예방법을 제시하여 환자에게 더 정확하고 실질적인 도움이 될 수 있는 것을 확인할 수 있다.

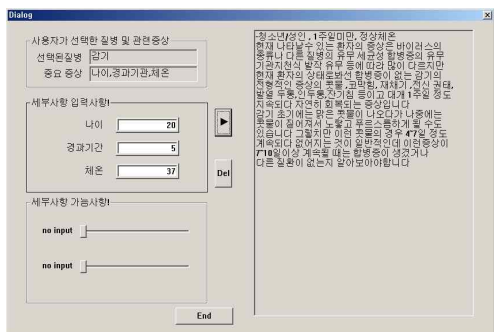


그림 15 제안된 자가 진단 방법 결과 화면
Fig. 15. Result Screen for the Proposed System

VI. 결 론

본 논문에서는 전문 의료지식이 부족한 일반인이 시공간의 제약에서 벗어나 의료진과의 직접 대면에 앞서 건강상태를 파악하여 관리하도록 유도하고 추후 의료관리에 대한 접근 방향의 결정을 돕는 방안으로 지능형 자가 진단 시스템을 제안하였다.

기존의 ART2 알고리즘을 이용한 자가 진단 시스템은 자가 진단 시스템에 적합하지 않은 유클리디안 거리법을 적용하여 유사도를 측정하므로 진단의 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 또한 단순한 증상의 선택만으로 질병을 진단하므로 증상이 나타난 기간, 증상의 변화 등과 같은 중요한 요인들을 진단에 적용하지 못하였다. 그러나 본 논문에서는 제안된 ART2 알고리즘의 출력값 계산식을 자가진단에 적용하여 질병 도출의 정확성을 개선하였고 퍼지 논리를 적용하여 중요 사항을 진단에 적용하고 질병의 증상에 대해 보다 세부적인 사항을 도출하였다. 그러나 일반적인 질문 방식 시스템으로는 사용자가 느끼지 못하는 증상을 놓쳐 질병 도출의 정확성이 떨어질 수 있다.

따라서 향후 연구 과제는 사용자 스스로가 느끼지 못하는 내부적인 질환이나 미세한 증상을 분석할 수 있도록 유도할 수 있는 질의응답 방식의 인공지능형적인 접근 방법을 연구하여 더욱더 현실적인 지능형 자가진단 시스템으로 확장할 것이다.

참고문헌

- [1] A. G. Karegowda, A. S. Manjunath, and M. A. Jayaram, "Application of genetic algorithm optimized neural network connection weights for medical diagnosis of pima, Indians diabetes," International Journal on Soft Computing, Vol.2, No.2, pp.15-23, May, 2011.
- [2] M. Fathi-Torbaghan, and D. Meyer, "MEDUSA: a fuzzy expert system for medical diagnosis of acute abdominal pain," Methods of information in medicine Vol.33, No.5, pp.522-529, May, 1994.
- [3] D. L. Berry, L. J. Trigg, W. B. Lober, B. T. Karras, M. L. Galligan, M. Austin-Seymour and S. Martin, "Computerized Symptom and Quality-of-Life Assessment for Patients With Cancer Part I: Development and Pilot Testing,"

- Oncology nursing forum, Vol.31, No.5, pp.75-83, May, 2004.
- [4] K. B. Kim, Y. W. Woo, "Self Health Diagnosis System of Oriental Medicine Using Enhanced Fuzzy ART Algorithm," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol.15, No.2, pp.27-34, February, 2010.
- [5] Mullen K. H. Berry D. L., and Zierler B. K., "Computerized symptom and quality-of-life assessment for patients with cancer part II acceptability and suability," Oncology nursing forum, Vol. 31, No. 5, pp.84-89, May, 2004.
- [6] [http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=chayyim7 &logNo=110073558576](http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=chayyim7&logNo=110073558576)
- [7] <http://kostat.go.kr/kssc/main/MainAction.do?method=sub&catgrp=kssc&catid1=kssc03>
- [8] Carpenter and Grossberg, "ART2: Stable Self-organization of Pattern Recognition codes for Analog Input Patterns," Applied Optics, Vol.26, Issue 23, pp.4919-4930, December, 1987.
- [9] S. Y. Park, J. H. Cho and K. B. Kim, "Intelligent Self Health Diagnosis Using ART2 Algorithm," Proceedings of KMMS Fall Conference, October, pp.11-14, 2007.

저 자 소 개



김 광 백

1999: 부산대학교

전자계산학과 이학박사

1997~현재: 신라대학교

컴퓨터공학과 교수

2010~현재: The Open Artificial Intelligence Journal (USA), Editor.

현재: 한국정보통신학회 수석부회장

관심분야: 퍼지 논리, 영상 처리,

유전자 알고리즘,

의료정보시스템, 생물정보학

Email : gbkim@silla.ac.kr