

규칙처리 표현방식을 이용한 이상 보행용 전문가 시스템의 설계

이용상, 이주형, 이명호

연세대학교 전기공학과

A Design of the Expert System for Diagnosis of Abnormal Gait by using Rule-Based Representation

Eungsang Lee, Juhyeong Lee, MyoungHo Lee

Dept. of Electrical Engineering, Yonsei University

= Abstract =

This paper describes a design of the expert system for diagnosis of abnormal gait patients. This system makes the rule-based representation that can easily extend the knowledge-base and naturally represent the uncertainty, and the inference engine that uses forward chaining which covers the reasoning from the first condition to the goal.

The results of inferring various maladies using this system are as follows:

1) In cases of progressive muscular dystrophy, cerebral vascular accident, peripheral neuropathic lesion and peroneal nerve injury, the result of inference is the same as that of medical specialists' with 100% accuracy.

2) In cases of Neuritis, Paralysis agitan and Brain tumor, the accuracy of inference is less than 50% compared to that of medical specialists'.

With above results, we decide that the rule-based representations of some maladies are accurate relatively, but that the correction and the extension of some rules and some methods of problem solving are required in order to construct the complete expert system for diagnosis of abnormal gait patients.

1. 서론

최근 인공지능(artificial intelligence)을 이용하여 종전의 시스템들과는 비교도 안되는 강력한 능력을 가진 전문가 시스템 (expert system)에 관한 연구가 급속화되고 있다. 이는 매우 빠른 속도로 발전해 가고 있는 각 분야의 지식을 그 분야의 전문가들이 모두 수용하기 힘들뿐 아니라, 문헌에의해 전문 지식을 증폭시키는 것도 한계가 있기 때문에 이를 컴퓨터를 이용해 해결해 보려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

최초의 전문가 시스템인 DEDRAL이 개발된 이후 여러 분야에서 전문가 시스템이 개발, 이용되고 있으며, 특히 그 중에서도 의학분야에 관한 전문가 시스템이 가장 활발히 연구, 개발되고 있다.

지식의 표현 방식에는 순서적 표현(Procedural representation) 방식, 규칙처리 표현(rule-based representation) 방식, 논리적 표현(logic-based representation) 방식, 의미망 표현(semantic network representation) 방식, 프레임 표현(frame-based representation) 방식등이 있고, 추론 방법에는 순방향 추론(forward reasoning) 방식과 역방향 추론(backward reasoning) 방식이 있으며 각각의 추론 방식은 깊이 우선 탐색(depth first search)과 폭우선 탐색(bread first search)으로 분리 된다.

본 연구에서는 경험적 지식을 표현하기가 가장 용이하며, 지식의 수정 및 확장이 쉬운 규칙처리 표현 방식 및 순방향 깊이 우선 추론 방식을 이용하여 의사의 경험적 지식(heuristic knowledge)을 공식화(formalization)하기 용이한 제약 의학 분야 중에서도 이상보행(abnormal gait) 환자만을 진단하는 전문가 시스템을 설계하고자 한다.

2. 규칙처리 표현 방식

기존의 프로그램 기법으로 풀 수 없었던 문제들을 인공지능 기법으로 쉽게 해결할 수 있는 이유는 프로그램 기법이 기존의 것과 근본적으로 다르기 때문이다. 기존의 프로그램

방식은 프로그래머가 먼저 문제의 해결 방식을 읽어낸 후 이를 알고리즘으로 나타내어 컴퓨터가 일을 순서대로 수행함으로써 문제를 풀어간다. 그러나 현실세계의 문제들은 대부분 복잡하고 불투명하여 알고리즘으로 표현할 수 없는 경우가 많다. 하지만 인간은 이러한 복잡한 문제를 알고리즘이 아닌 경험적 지식(heuristic knowledge)으로 손쉽게 해결을 한다. 인공지능 기법은 바로 이 경험적 지식을 인간에게서 컴퓨터로 이식시킨 후 이를 문제 해결에 사용하고자 하는 것이다.

현재 사용되고 있는 지식 표현 방식에는 하나의 개념을 상징하는 프레임을 만들고 그 프레임 안에 표현할 모든 정보를 속성값(attribute-value)의 조합으로 표현한 프레임 표현 방식과 삼단논법의 논리적 추론에 적합하게 표현한 논리적 표현 방식과 여러 개념들을 피라미트 구조로 연결하여 표현한 의미망 표현 방식과 확장적 지식을 표현하기에 적합한 순서적 표현 방식과 규칙 처리 표현 방식이 있다.

본 연구에서 이용한 규칙처리 방식은 판별적 지식 및 경험적 지식을 표현함에 중요하게 사용된다. 규칙은 조건부와 결론부로 나누어지며, 조건부에는 규칙이 적용되기 위해 만족되어야 할 조건을 나열하고 결론부에는 조건이 만족되었을 때 수행할 내용을 나타낸다. 예를들면 "고혈압 증상을 가지면 뇌졸중 환자이다"라는 규칙이다. 이런 표현 방식은 규칙을 프로그램의 독립적 기본 단위로 하기 때문에 프로그램을 작성하기 쉬우며 작성된 프로그램을 수정하거나 확장하기에 용이하다. 또 규칙의 불확정성(Uncertainty)을 자연스럽게 표현할 수 있다. 예를들면 "고혈압 증상을 가지면 뇌졸중 환자이다(30)"라는 규칙에서 고혈압 증상을 가지면 뇌졸중 환자일 확률이 30%이라는 의미이다.

3. 진단용 전문가 시스템의 구성

본 논문에서는 제약의학이라는 특정 분야에 관한 지식을 수집, 공식화하여 지식의 완전성 및 일치성을 검사하고 이상보행 진단 지식 체계에 적절한 표현 방법을 사용한 전문가 시스템을 구성한다. 이상보행 진단을 위한 전문가 시스템

개발과정은 그림 3.1과 같다.

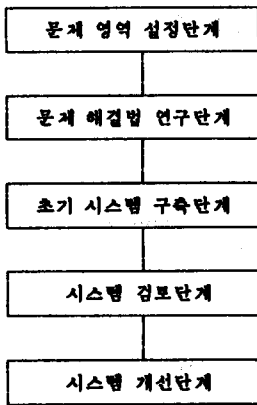


Fig. 3.1 Process of the development for expert system

3-1 문제 영역 설정단계

전문가 시스템이 인간의 사고 능력을 대체 또는 보조하는 역할을 하지만 현재 가능한 지식공학의 기술로서는 인간의 능력에 준하는 전문가 시스템을 기대할 수 없다. 그러므로 전문가 시스템을 이용해 해결하고자 하는 문제의 영역을 국한 시키는 단계가 필요하며, 이 단계를 문제 영역 설정단계라 한다.

본 논문에서는 의사의 경험적 지식을 공식화 하기 쉬운 재활의학 분야를 선택, 재활의학 환자 중에서도 많은 비중을 차지하고 있는 이상보행환자를 진단하는 전문가 시스템을 설계한다. 본 시스템은 13가지의 이상보행증상의 원인이 되고 있는 14가지 질병을 자동 진단하는 시스템이다.

3-2 문제 해결법 연구단계

재활의학을 전공한 전문가가 이상보행을 하는 환자가 왔을 때 어떠한 과정을 거쳐 진단하는지 각 단계별로 자료를 수집, 분석하였다. 그림 3.2는 이상보행 환자의 진단 과정이다.

3-2-1 환자에 대한 정보 수록

환자의 이름, 성별, 주소, 직업등을 기록한다. 본 과정은 진단하는데 직접적으로 기여하지 않으나 환자에 대한 정보를 보관하는 역할을 한다.

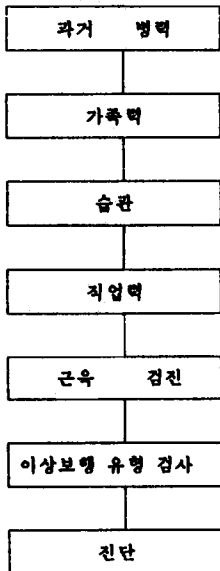


Fig 3.1 Process of the diagnosis for abnormal gait

3-2-2 과거 병력

환자의 과거 병력을 기록하는 과정으로서, 환자에게는 중요하지 않게 생각 되었던 일들이 중요한 자료가 되기도 한다. 과거 병력의 유형은 다음과 같다.

- *사고(accident)유무
 - Head
 - Spinal cord
 - Pelvis
 - Lower extremity

- *고혈압(hypertension)유무
- *주사(Injection)에 의한 하지 증상 유무

3-2-3 가측력

신체 장애의 원인 유전에 의한 것인가를 조사하는 과정이다.

- *가족중에 PMD 소견을 보이는 자의 유무

3-2-4 습관

환자의 일상적인 습관을 조사하여 장애 원인이 될 수 있는 것들을 알아 낸다. 조사 내용은 다음과 같다.

- *흡연 습관 유무
- *음주 습관 유무
- *지방성 음식물 과다 섭취 습관 유무

3-2-5 직업력

환자의 직업을 조사하여 환자의 직업 환경을 파악한다.

- *목구름 공장에 근무한 경력의 유무

3-2-6 근육 검진

손상을 받은 근육의 힘을 평가하는 것은 장애 진단에 중요하다. 때문에 임상적 가치가 정확한 검사방법이 실질적으로 필요하다. 근육 검진 방법에는 여러가지 방법이 제시되었으나 정도가 다른 저항을 근육에 인가하여 그 저항을 이겨내는 힘에 따라 단계를 분류한 LOVETT의 도수적 근육 검진법(manual muscle testing)이 현재 가장 많이 사용되고 있다. 근육 검진 사항은 다음과 같다.

- *Dorsal flexor muscle과 Plantar flexor muscle의 근력 강도 비교
- *Foot evorter와 inverter의 근력 강도 비교
- *Quadriceps muscle의 근력 강도 측정
- *Hip adductor muscle의 근력 강도 측정
- *Gluteus maximus muscle의 근력 강도 측정

3-2-7 이상보행 형태

환자가 어떤 형태의 이상보행을 하고 있는지를 조사하는 단계로써, 그 유형별로 구분하면 다음과 같다.

- *Equinus gait
- *Calcaneus gait
- *Vaigus gait
- *Varus and equinovarus gait
- *Hyperextended gait
- *Flexed knee gait
- *Scissors gait
- *Gluteus maximus limp
- *Gluteus medius limp
- *Waddling gait
- *Hemiplegic gait
- *Drunken gait
- *Propulsion gait

3-2-8 임의의 진단

이상보행의 원인이 되는 질병중 가장 많이 발생하는 질병 14가지를 취급했다.

- *Polyomelitis
- *Neuritis
- *Peroneal nerve injury
- *Tibia nerve injury
- *Progressive muscular dystropy
- *Peripheral neuropathic lesion
- *Cerebral palsy
- *Spina bifida
- *Cauda equina lesion
- *Cerebral vascular accident
- *Multiple sclerosis
- *General paresis

◆Brain tumor
◆Paralysis agitan

3-3 초기 전문가 시스템 구현단계
문제 해결법 연구단계에서 얻어진 결과를 이용하여 소규모의 초기 시스템을 실제로 구성해 보는 단계이다. 본 시스템의 구성은 3.3과 같다.

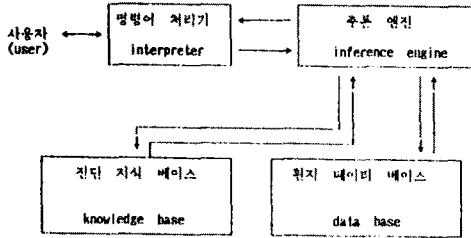


Fig. 3.3 Basic structure of system

3-3-1 진단 지식 베이스

진단 지식 베이스는 규칙처리 방식 (rule-based representation)을 사용한 80개의 규칙 (rule)들과 각 규칙들의 확신계수가 기록되어 있다. 모든 규칙들은 함수형 표현이 가능한 LISP 언어를 사용하였다. 과거 병력에 관한 규칙들의 한 예를 들면 표 3.1과 같다.

환자가 과거 병력을 가지고
과거 병력이 사고이고
사고 당한 부위가 머리이면
환자의 질병은 Cerebral palsy(50)이다.

Fig. 3.1 Rule of the past medical history

3-3-2 환자 데이터 베이스

환자 데이터 베이스 파일내에는 진단 지식 베이스로부터 추론된 질병과 그 질병의 확신 계수들을 모아 사용이 끝나면 환자에 대한 파일을 구축하게 된다.

3-3-3 추론 엔진

추론 방법에는 순방향 추론과 역방향 추론이 있으며 각각의 추론은 다시 깊이우선 탐색 (depth first search)과 폭우선 탐색 (breadth first search)으로 구분된다. 본 논문에서는 순방향 깊이우선 추론 방식을 이용하여 알고리즘을 구성하였다. 깊이우선 탐색 방법은 처음 생성된 마디로부터 차례 차례로 다음 마디를 전개해 가는 방법이다. 깊이우선 탐색의 알고리즘은 다음과 같다.

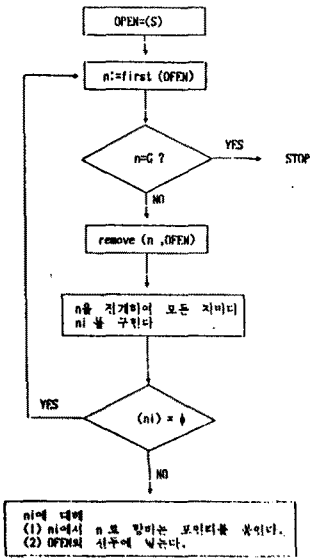


Fig. 3.4 Algorithm of depth first search

3-4 시스템 검토단계

입단 만들어진 시스템의 성능을 검토하는 단계이다. 완성된 지식의 양, 추론속도등 제한 사항에 관하여 의견을 듣는다.

3-5 시스템 개선단계

초기 시스템 구축과 검토 과정에서 얻은 경험과 지식울 토대로 초기 시스템을 완전한 규모의 시스템으로 확장시키는 단계이다. 본 단계에서는 진단 지식 베이스에 지식의 양을 확장시켰으며, 확신 계수가 50이하인 질병이 추론되었을 때는 진단 과정의 각 단계별로 확신 계수를 증가시켜 다시 한 번 추론하게 했다.

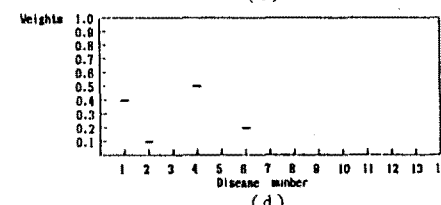
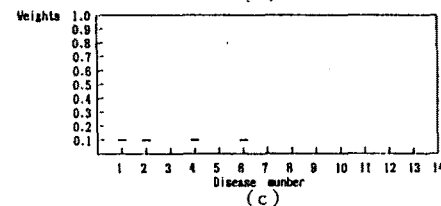
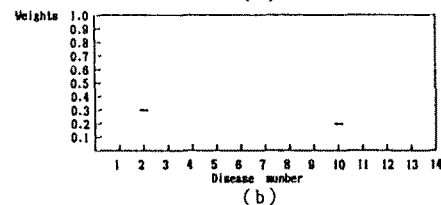
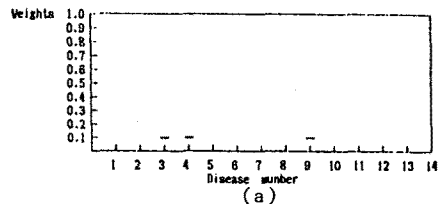
5. 결과및 고찰

본 논문에서 제시한 알고리즘을 이용하여 임의의 환자에 대한 추론 결과, 그림 4.1 과 같은 결과를 얻었다. 표 4.1 은 임의의 환자에 대한 예이다.

Table 4.1 Example of the tentative patient

Past medical history :	YES
Accident :	Pelvis
Family history :	NO
Habbits :	YES
Drunken :	YES
Vocational history :	NO
Muscle testing :	YES
PFM > DFM :	YES
Abnormal gait pattern:	YES
Calcaneus :	YES

그림 4.1은 임의의 입력에 대한 각각의 질병이 추론될 확률을 나타낸 것으로서, 새로운 질병의 확률이며 가토측은 질병들을 나타낸 것이다. 질병의 순서는 앞에서 언급한 질병들과 동일 하다.



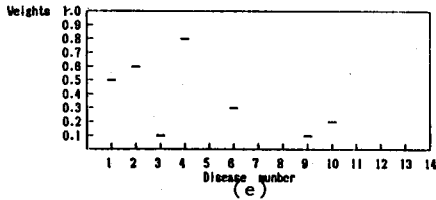


Fig. 4.1 (A) Analysis of medical past history.
 Accident : PELVI
 (B) Analysis of habits. Drunken habits
 (C) Analysis of muscle testing. PFM>DFM
 (D) Analysis of abnormal gait pattern. Calcaneus gait
 (E) Result

그림 4.1 (A)는 환자의 과거 병력이 사고이고, 사고를 당한 부위가 골반일 때 추론한 결과로서, Personal nerve, Tibial nerve, Cauda equina등이 추론 되었다.

그림 4.1 (B)는 환자의 음주 습관에 대한 추론 결과로서, Neuritis, Cerebral vascular가 추론 되었다.

그림 4.1 (C)는 환자의 근육 검진 결과 PFM>DFM 일 때 추론 결과로서 Poliomylitis, Neuritis, Peripheral Neuropathic, Tibial nerve가 추론 되었다.

그림 4.1 (D)는 환자의 이상보행 형태가 Calcaneus gait 일 때 추론된 결과로서, Poliomylitis, Neuritis, Peripheral neuropathic, Tibial nerve가 추론 되었다.

그림 4.1 (E)는 표 4.1과 같은 환자의 데이터를 입력시켰을 때 추론된 결과로서, Poliomylitis, Neuritis, Peripheral neuropathic, Tibial nerve, Peroneal nerve, Cauda equina, Cerebral vascular가 추론되었으며, 이 중에서도 Tibial nerve가 가장 높은 확율을 가지고 있다.

본 시스템을 이용하여 40개의 임의의 환자 예를 입력한 결과 22개는 재활의학 전문의가 진단한 결과와 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

5. 결론

본 논문은 이상보행 환자의 진단을 위한 전문가 시스템의 구현에 관한 연구로서, 재활의학 전문의의 경험적 방법에 의해 형성된 진단 방식을 근거로하여 지식표현 및 추론 알고리즘을 구축했다.

본 시스템을 이용하여 각종 질병을 추론한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) Progressive muscular dystrophy, Cerebral vascular accident, Peripheral neuropathic lesion, Peroneal Nerve injury의 경우는 추론의 정확도가 전문의가 진단한 결과와 100% 일치하였다.

2) Neuritis, Paralysis agitan, Brain tumor의 경우는 추론의 정확도가 전문의가 진단한 결과에 비하여 50% 미만이다.

이상의 결과를 고찰하여 보면 몇몇의 질병에 대한 지식 표현은 비교적 정확하지만, 완벽한 이상보행 진단용 전문가 시스템이 되기 위해서는 문제해결 방법과 일부 규칙의 수정 및 확장이 요구된다.

참고문헌

- (1) Winston Patrick Henry, "LISP", Addison-Wesley, PP.269-283. 1984.
- (2) Guy.L, Steel.J.R., Scott.Fahlman, Richard P.Gabriel, David A.Moon, Daniel L.Weinreb, "Common LISP", Addison-Wesley, 1984.
- (3) Shortliffe E H, "Computer-Based Medical Consultation", MYCIN. American Elsevier, 1976.
- (4) Eugeno Charnick, Drew Mc Dermolt, "Introduction to Artificial Intelligence", Addison-Wesley, 1984.
- (5) Shortliffe E H, "Rule-Based Expert System", Addison-Wesley, 1984.
- (6) 정정태, 박민용, 이상배, "임상 진단을 위한 전문가 시스템 설계", KIEE. 하계 학술대회 논문집, VOL.9.NO.1, PP.345-347. 1986.
- (7) Matsumura. Y, Matsunaga. T, "Consultation System for Diagnosis of Headache and Facial Pain", RHINOS. In Proc 4th Jryojohog-Rengotaikai. Tokyo. Japan, 1984.
- (8) Hayes Roth. F, "An Inference Matching Techniques for Inductive Abstractions", CACM. PP.401-410. 1978.
- (9) Duda, R.O. Buchanap. B, "Principle of the Rule Based Expert System", Advances in Computers 22. Academic Press, 1983.
- (10) Fikes. R, Hendricks. G, "A Network Based Representation and its Natural Dedution System", IN Proc. IJCAI-77. PP.235-245, 1977.
- (11) Jon Sticklen,, B. Chandrasekaran, J. W. Smith, John Sveirbely, "A Comparison of the Diagnostic Subsystems of MDX and MYCIN", Workshop on principles of knowledge Based Systems. IEEE. PP.205-212, 1984.
- (12) M. D. Levine, "A Knowledge Based Computer vision System", New York. Academic Press. PP. 335-352, 1978.
- (13) Shortliffe. E. H, Buchanan. B. G, Feigenbaum. E. A, "Knowledge Engineering for Medical Decision Making", A Review of Computer Based Clinical Decision Aids. Proceeding of IEEE. 67. PP.f1207-1224.
- (14) Lindsay. R. K, Buchanan. B. G, Feigernbaum. E. A, "Applications of Artificial Intelligence for Chemical Inference : The DENDRAL Project", New York. McGraw-Hill, 1980.