

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2021.21.3.169>

JIIBC 2021-3-23

병원안전을 위한 입원실 음향패턴 인식 관한 연구

A study on Recognition of Inpatient Room Acoustic Pattern for Hospital safety

류한술*, 안종영**

Han-Sul Ryu*, Jong-Young Ahn**

요약 현재 병원에서의 안전사고가 꾸준히 발생하고 있다. 특히, 요양병원 등 면역력이 약한 고령환자의 안전사고가 지속적으로 발생하고 있으며 이에 대한 대책이 필요하다. 대부분의 사고는 거동이 불편한 환자의 움직임에 의해 일어난다. 이에 환자의 움직임에 따른 입원실 음향을 분석하고 인식하여 관리자가 사전대처 하여 안전사고를 줄이는 방법으로 본 논문에서는 시계열 패턴인식에 적용 가능한 알고리즘인 DTW (Dynamic Time Warping)을 사용하여 병원 입원실 음향인식을 위한 음향패턴을 분류하여 병원 입원실 환경에 적용하여 분석 하였다.

Abstract Currently, safety accidents in hospitals are steadily occurring. In particular, safety accidents of elderly patients with weak immunity, such as nursing hospitals, continue to occur, and countermeasures are needed. Most accidents are caused by patient movement. As a method of reducing safety accidents by analyzing and recognizing the sound of the inpatient room according to the movement of the patient, this paper classifies the sound pattern for sound recognition in the hospital inpatient room using DTW (Dynamic Time Warping), an algorithm applicable to time-series pattern recognition. It was analyzed by applying it to the inpatient room environment.

Key Words : Accidental falls, Accident prevention, Hospital safety, pattern recognition, Sound recognition

1. 서론

요양병원에서는 안전사고가 꾸준히 발생하면서 불안이 가중되고 있다. 요양병원 특성상 면역력이 약한 환자와 고령자가 많으므로 환자안전 사고가 자주 발생하게 되면서 매우 어려운 상황으로 발전하고 있다.¹⁾ 우리나라는 이미 고령사회에 진입하였고, 2026년 초고령사회를 예고하고 있다. 이러한 인구 고령화로 요양병원 입원 노

인은 지속해서 증가하고 있으며, 입원 노인 대부분은 노화로 인해 낙상 위험에 노출되어 있다.²⁾ 병원 안전사고의 예방적 측면으로 볼 때, 환자 이동 공간의 위험 인지 상호작용을 고려하여 안전 계획이 이루어질 필요가 있다. 또한 요양병원 안전사고 예방을 하기 위해서 많은 노력과 투자가 이루어지고 있지만 현실적으로 병원안전 사고율은 줄어들지 않고 있다. 그 이유는 여러 가지 요인이 있으나 그 중 제일 많이 발생하는 사고요인은 환자가 체

*정회원, 송곡대학교 보건의료행정과

**정회원, 디지해븐(DigiHeaven), R&D

접수일자 2021년 4월 21일, 수정완료 2021년 5월 21일

계재확정일자 2021년 6월 4일

Received: 21 April, 2021 / Revised: 21 May, 2021 /

Accepted: 4 June, 2021

*Corresponding Author: ryuhansul@naver.com

Dept. of Health & Medical Administration, Songgok University, Korea

력 저하 등으로 스스로 주의하지 못해 발생하는 낙상사고이다.

국민건강보험공단은 노인증후군 대표 질병 유병률은 낙상관련골절이 2015년도 3.5%에서 2016년도 3.8%로 높아졌고, 65~69세 노인과 75세 이상 노인과 비교 했을 때 3.2배 높았다(국민건강보험공단, 2018). 노인 환자에게 낙상은 안전의 핵심이고,³⁾ 노인은 연령이 높아질수록 낙상에 노출될 위험성이 높다.⁴⁾ 우리나라 인구 고령화를 고려한다면 노인 낙상은 간과할 수 없는 심각한 문제이고, 더욱이 신체적·정신적으로 쇠약하여 자유로운 거동이 쉽지 않은 요양병원 입원 노인의 낙상은 사회적으로 중요한 문제로 대두되어 있다.⁵⁾

이에 낙상 방지를 위한 환자의 이동감지 수단으로 병실에서의 음향인식을 통해 그 방지 방법 대책안을 강구하고자 한다.

음향(음성)인식 알고리즘은 크게 확률론적인 접근방법인 HMM(Hidden Markov Model)이 있고 신경세포를 모델링한 NN(Neural Network)이 있다.

그리고, 데이터가 가지는 그 특징 대표벡터를 추출하여 참조패턴을 만드는 VQ(vector Quantization), DTW(Dynamic Time Warping) 방법 등이 있다.

특히, DTW는 시간 축 상에서의 비선형 신축을 허용하는 패턴매칭 알고리즘으로 정의를 하는데 수행을 통하여 참조패턴을 생성할 수가 있다. 그리고, 생성된 참조패턴과 입력패턴을 비교하여 인식여부를 결정한다. 여기서 참조패턴에 대한 입력패턴 비교 시 유사도 기준을 분류하여 적용이 가능하다.⁸⁾

본 연구에서는 상기 기법 중 동적인 음향패턴을 정규화 가능한 참조패턴 생성 방법으로 DTW를 사용하였다. 음향 인식 시 변화하는 동적 음향패턴을 기존 DTW방식을 사용하여 참조데이터로 활용하여 병원 입원실 음향 패턴 및 그 인식환경을 분석하였다.

II. 본 론

1. DTW(Dynamic Time Warping)^{6,8)}

패턴인식에서 인식의 대상이 되는 패턴은 정적 패턴과 동적 패턴으로 나눌 수 있는데 정적 패턴은 지문, 숫자, 문자와 같이 고정된 영상의 경우 이고 동적패턴은 음성과 같이 시간에 따라서 변하는 패턴에 해당한다.

동적 계획법이 다른 분할-정복(divide & conquer)

알고리즘 등과 구별되는 특징은 메모리에 해당하는 테이블 값과 점화식이 이루는 순환적인 성질을 이용한다는 것이다. 그런데, 모든 문제가 모두 동적 계획법으로 해결될 수 있는 것은 아니다. 어떠한 문제가 동적 계획법을 이용하여 해결 가능하기 위해서는 해당 문제가 최적화의 원리(principal of optimality)가 성립하여야 한다. 최적화의 원리가 적용되는 문제란 「한 문제에 대한 해가 최적이면 그 문제를 이루는 부분 문제들의 해도 최적이다」라는 명제가 성립하는 문제이다. 길이가 다른 두 열에서 어느 한 열을 기준으로 두 열을 비교하기 위해서는 어느 한 열이 신장(늘어남)되거나 축소(줄어듦) 되어야만 한다. 그림 6은 길이가 긴 A열을 길이가 작은 B열을 기준으로 비교하는 경우이다. 이 때 매핑 함수를 통하여 비교가 이루어지는데 이러한 매핑 함수가 직선과 같은 선형적인 경우를 「선형 신축 비교」라고 하고, 곡선과 같은 비선형적인 경우를 「비선형 신축 비교」라고 한다.

DTW 알고리즘을 이용하면 이러한 비선형 매핑 함수를 최적으로 찾아가면서 동시에 비교가 이루어진다. DTW 알고리즘은 일단 두 열의 각 성분에 대한 거리척도 값을 비용으로 설정 한다.

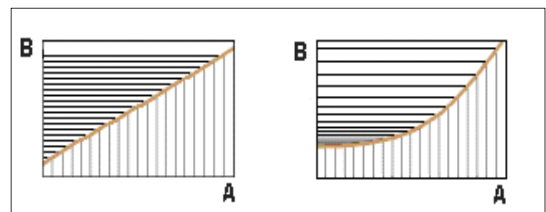


그림 1. 선형과 비선형 매핑
Fig. 1. Linear and Non-Linear Mapping

그리고 두 열이 이루는 격자(lattice)상에서 각 열의 시작 성분에서 시작하여 끝 성분에 이르기까지 비용 테이블에 최소 비용을 순환적으로 택하여 저장하는 점화식을 이용하는 동적 계획법으로 매핑 함수를 찾아가면서 두 열을 비교하는 알고리즘이다. 최종적으로 끝 성분에서 비용 테이블에 저장되는 비용 값이 두 열에 대한 유사도가 된다. 한편, 매핑 함수의 궤적은 앞의 동적 계획법의 최적 탐색패스를 찾는 것과 같이 탐색 과정에서 최소 비용을 택하는 경로를 별도의 경로 테이블에 매 단계마다 저장하고 끝 성분에서 최종 최소 비용을 구한 후에 역추적(backtracking)하여 찾게 된다.

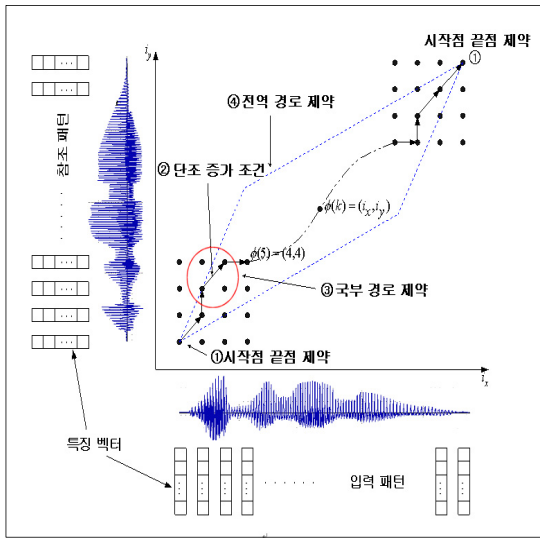


그림. 2. DTW를 이용한 음성인식
 Fig. 2. Voic recognition using DTW

그러므로 DTW 알고리즘은 열의 길이가 일치하지 않는 두 열의 유사도를 측정하는 매칭 알고리즘으로 안정 맞춤이라고 할 수 있다. DTW 알고리즘은 주로 음성 인식에서 많이 이용한다. 비교 루틴이 아주 간결하고 단순하여 단어 단위의 간단한 음성 인식기에 적용 가능한 알고리즘이다.

인식 과정에서는 음성 인식 후보 단어 각각을 이러한 특징 추출 과정을 거쳐 기준 벡터 열로 미리 준비하여 두고, 인식할 단어에 대한 특징을 추출하여 시험 벡터 열을 각 후보 단어와 DTW 알고리즘을 이용하여 비교하여 최소가 되는 후보 단어 카테고리를 인식 결과로 결정하는 비교적 간단한 음성 인식 알고리즘이다.⁸⁾

2. 병원 낙상사고 실태와 원인

2019년 환자안전 통계연보 주요내용에 의하면 낙상 44.3%, 투약 31.8%, 건사 6.0%, 진료재료오염 및 불량 1.8%, 기타 9.4%로 병원을 이용하다가 낙상으로 인한 사고로 사망에 이르는 사례가 많다. 병원안전사고 발생 장소별 보고 현황 통계를 보면 의료사고율(검사실, 응급실, 중환자실, 외래진료실, 수술실, 주사실, 처치실, 회복실)보다도 낙상이 가장 높아 심각한 수준이고 기타나 불명확 부분이 2018년 기타 33.1%, 불명확 7%이고 2019년 기타 38.7%, 불명확 0.2%로 전체 평균의 40%정도로 기타(원무과, 약제실, 물리치료실, 재활치료실, 투석실, 복도, 화장실, 주차장, 휴게실, 옥외정원 등)의 범주이고,

이것은 매우 높은 수치임에도 모두가 외면하고 관심을 가지려하지 않는다. 그런 이유로 사전에 예방하는 것이 불가능하고 낙상사고가 반복되는 원인이 된다.

병원의 낙상은 순간적으로 일어나는 비의도적인 자세 변화로 인해 바닥에 넘어지는 것으로 생리적인 요인, 약물복용, 신체적 질환, 연령, 인지장애, 보행장애, 수면장애, 균형장애 등의 본인의 의사와 상관없이 내재적요인과 어두운 조명, 미끄러운 바닥, 의료기기 조작 미숙 등의 환경적 요인 및 우울증과 같은 정신적요인 의해 복합적인 요인으로 발생하는 낙상사고로 사전에 위험요인을 인지한다면 지식, 태도, 신념을 변화시켜 안전행동을 실천하도록 하여⁹⁾ 예방으로 이어질 수 있으며 사고율에 영향을 준다.

3. 병원 입원실 낙상사고 예방

환자안전 및 낙상에 관련된 요인 연구는 많으나 소리를 이용한 예방적 접근의 선행연구는 없다. 병원의 낙상 발생시간이 주로 저녁이나 밤에 일어나고 입원 첫날에 낙상이 발생할 위험이 크다는 연구(Kim & Suh, 2002) 결과를 보면 야간에 입원실에서 환자 스스로 움직여서 낙상 사고를 발생하고 있다. 그래서 입원실 환경을 분석하고 환자의 움직임을 파악하여 사고 징후에서 예방하는 것이 중요하다.

본 연구는 서울에이스요양병원 입원실을 대상으로 환자의 움직임을 감지하는 소리를 파악하는 실험을 진행하였다.

4. 병실 음향 패턴인식 적용

병실에서의 환자의 이동 소리는 동일음 일지라도 발생 장소, 움직임 형태환경 등에 따라 시간적으로 불규칙하게 많은 차이가 있으며 스펙트럼의 형태도 다르게 나타난다. 통상 음성, 음향 예서의 이러한 시간축의 변동은 정상적인 발성에 비하여 30% 정도의 비선형 신축이 생기며 이것은 특히 패턴 매칭을 이용하는 음성인식에 있어서는 오인식의 원인이 된다. 변동의 최소화를 위해 비선형 시간 정규화가 요구되며 그 방법으로 DTW 알고리즘이 주로 사용 된다.

매칭을 실시하려고 하는 두 개의 패턴은 음향을 인식하기 위한 시험패턴(Test pattern) A와 이와 비교를 위한 구성되어지는 참조패턴(Reference pattern) B를 식(1)와 같은 특징의 시계열로 표현 할 수 있다.

$$A = a_1, a_2, a_3, \dots, a_i \quad (1)$$

$$B = a_1, a_2, a_3, \dots, a_j$$

여기서, 패턴 A, B 사이의 시간적 대응은 i - j 평면상의 격자점 W로 표현할 수 있으며 식(2)와 같이 표현되는 열을 Warping 함수라고 한다.

$$S = W_1, W_2, W_3, \dots, W_L \quad (2)$$

이 함수가 매칭 경로가 되며 일반적으로 이 점열의 변화가 A와 B의 시간 대응의 변화에 해당된다. 특징 벡터 ai와 bj간의 차이를 구하는 척도로서 거리에 대한 개념을 도입하여 국소거리(Local distance) 즉 오차를 다음과 같이 표현한다.

$$d(W) = d(i, j) = |a_i - b_j|^2 \quad (3)$$

여기서의 S 에 대한 누적 거리를 E(S)는 아래 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$E(S) = \frac{\sum_{m=1}^L w_m d(W_m)}{\sum_{m=1}^L w_m} \quad (4)$$

식(4)에서 점열 S를 변화시킬 때 E(S)의 최소치를 A와 B간의 거리로 정의해서 D(A,B)로 나타낸다.

$$D(A, B) = \min E(S) \quad (5)$$

D(A,B)는 패턴 A와 B를 대응시킬 때 1 단계씩 부분적으로 최적인 경로만을 선택해 나가는 동적계획법을 (Dynamic programming, DP)을 이용하면 효율적으로 구할 수 있다.¹⁰⁾

비선형 시간 정규화에 따른 방법에서의 DTW는 훌륭한 알고리즘이다.

병원 내 병실에서의 환자의 이동 소리는 매우 다양하나 침대소리, 발자국 소리, 슬리퍼 소리, 일반음성, 수면소음 등으로 분류할 수 있는데 본 연구에서는 병원 안전과 직결되는 침대소리, 이동 발자국(슬리퍼)소리 등 표 1과같이 정의 하여 참조벡터를 생성 후 그 음향 패턴을 인식 실험 하였다.

표 1. 음향참조벡터

Table 1. Acoustic reference vector

NO	참조벡터
2	침대소리
4	발자국소리
5	슬리퍼소리
1	수면소음
3	링겔대 끄는소리

III. 실험 및 결과

본 논문에서의 음향인식 환경은 25 데시벨(dB) 정도의 비교적 조용한 환경에서 참조패턴을 생성하여 실험하였다.

참조패턴은 병동 조건에 따라 응급실, 일반병실, 중환자실에서 각각 10회의 샘플 참조벡터당 총 30개를 생성하였으며 전체 150개의 참조벡터를 사용하여 사운드 패턴 인식을 수행 하였다.

유사조건을 감안하여 각 음향패턴별 20회 수행하여 비교 실험 하였다. 인식결과는 Table 2 와 같이 나타났으며 수면소음에 대한 인식률이 다소 저조하였는데 이는 환자별 패턴이 다소 불규칙한 결과로 사료 된다.

링겔대 끄는 소리는 비교적 높은 인식률을 보였는데 음향 패턴 노이즈가 고주파로 뚜렷한 특징을 가지는 것으로 분석된다.

표 2. 음향패턴 인식결과

Table 2. Acoustic pattern recognition result(%)

NO	참조벡터	인식률(%)
1	침대소리	65
2	발자국소리	75
3	슬리퍼소리	70
4	수면소음	50
5	링겔대 끄는소리	85

IV. 결 론

본 연구에서는 병원안전(환자낙상예방)을 위한 입원실 환경에서의 음향패턴 인식실험을 수행 하였다.

연구의 목적은 환자의 낙상사고를 미연에 방지하고자 병실에서의 이동소리를 인식하여 관리자에게 사전 인지시켜 줌으로서 사고방지의 방법으로 실험하였다.

음향패턴은 기존의 음성인식에 비해 현저히 떨어지는

결과를 보였으며 이는 병실에서의 소리는 사람의 음성
 비해 소음에 가까운 고주파 부분으로 참조벡터 변별력이
 다소 떨어진다고 추정 할 수 있다.

이를 위한 개선방향으로는 참조벡터 수, 즉 본 실험
 벡터당 30개에서 약 3배(90개)이상 증가 시켜서 패턴매
 칭의 유효화를 통한 인식을 향상이 이루어 질 수 있을 것
 으로 판단된다.

그러나, 환자이동의 주 음향이라고 할 수 있는 링거대
 끄는 소리는 비교적 양호한 인식률을 가져 왔는데 그 주
 요 원인으로서는 다른 패턴과 달리 음향특징이 전체적 고
 주파특성을 인지 하였고 데시벨 레벨 또한 비교적 높은
 편으로 인식을 향상으로 이어진 결과로 사료된다.

그러나, 음향환경은 보다 더 복잡하고 고려해야 할
 사항이 많다. 마이크와 거리 역시 주요한 요인이고 기타
 오인식에 대한 부분도 문제점으로 판단된다. 향후에는
 본 결과를 바탕으로 한 병원안전을 위한 실증 연구가 필
 요 하다고 사료된다.

References

- [1] Ryu Han-sul, Choi In-sook, 『A study on cognitive analysis of safety pictograms in nursing hospitals』, Korean Illustration Society, Illustration Forum, Vol.21 No.65, p. 3. 2020.
- [2] Min Se-hong, The Effects of Fall Experience and Fall Prevention Exercise on Physical Factors for Fall Prediction, Kookmin University graduate school, Doctoral dissertation, 2019.
- [3] Joe choo-yong, A Study on the Effects of Fall Prevention Activities on Safety Awareness of Elderly Nursing Facility Workers in Flower neighborhood: Focusing on the mediating effect of the fallen state map. Social welfare practice and research,13(1), pp.253-284, 2016.
- [4] Lee Seung-yeon, Won Young-shin, Park Hee-kyung, A case study on the development and application of chair gymnastics for the prevention of falls in the elderly. Journal of the Korean Women's Sports Association, 32(4), pp.33-54, 2018.
- [5] Bae Gwi Sook, The Influence of Nursing Hospital Nursing-related Attitudes toward Patient Safety Culture on Preventive Activities of Fall Patient. Daegu Haany University Graduate School, Doctoral dissertation. pp.1-4. 2020.
- [6] Hanhakyong's "Introduction to Pattern Recognition", Hanbit Media. pp418-421
- [7] Leo L. Beranek, "Acoustics", Acoustical Society of America, 1993.

- [8] Ahn Jong-young, A Study on Voice Recognition Using Noise Cancel DTW for Noisy Environment, IWIT(The Korea Internet, Broadcasting and Communication Society), August 2011
- [9] Yoon-hee Park. "A Study on the Perception Analysis and Improvement of Safety and Health Education." The Journal of the Korean Industrial-Academic Technology Association, 21.4 p.347, 2020.
- [10] Ahn Jong-young, Kim Young-seop, Hur Kang-in, ""Design of speech recognition system for vehicle BCM IWIT(The Korea Internet, Broadcasting and Communication Society). A collection of papers for the Autumn Conference. pp.169-171. 2009.

저 자 소 개

류 한 술(정회원)



- 1997년 : 한양대학교 산업대학원 포장디자인전공 이학석사
- 2014년 : 연세대학교 보건환경대학원 보건관리학전공 보건관리학석사
- 2009년 : 강원대학교 일반대학원 디자인학과 시각디자인 박사과정 수료
- 2001-2003 한국폴리텍대학 아산캠퍼스 컴퓨터애니메이션과 전임교수

- 1997-2001 문경대학 산업디자인과 겸임교수
- 2021-현) 경인종합일보 칼럼리스트
- 2020.-현) 병원안전연구소 소장
- 2004.-현) 송곡대학교 부교수
- 주관심분야 : AI, IoT, Big data

안 종 영(정회원)



- 1993년 : 동아대학교 전자공학과 공학사
- 1996년 : 동아대학교 전자공학과 공학석사
- 2011년 : 동아대학교 전자공학과 공학박사
- 1996-2000 : 현대모비스(현) 전임연구원

구원

- 2001-2003 : 한국폴리텍 아산캠퍼스 영상매체과 교수
- 2004-2006 : (주)대성전기 선임연구원
- 2011-2016 : (주)유라 R&D센터 수석연구원
- 현재 : 디지헤븐(DigiHeaven) , 대표
- 주관심분야 : 인공지능, 임베디드 시스템, IoT