

# 마르코프체인 기반 스마트홈 생활 패턴 추정 모델 및 에너지 최적화 기법

박세리, 말릭 무하마드 사드, 김성현, 마누르 아즈말, 김동균

경북대학교 컴퓨터학부

psr0527@knu.ac.kr, maliksaad@knu.ac.kr, sunghyunkim@knu.ac.kr, mahnoor.ajmal@knu.ac.kr, dongkyun@knu.ac.kr

## Markov Chain based Smart Home Lifestyle Estimation Models and Energy Optimization Scheme

Seri Park, Malik Muhammad Saad, Sunghyun Kim, Mahnoor Ajmal, Dongkyun Kim

Kyungpook National University, School of Computer Science and Engineering

### 요약

IoT(Internet of Things)가 발전함에 따라, IoT 장비를 도입하여 작동의 효율을 향상시키는 스마트팜, 공장의 효율적인 프로세스를 관리하는 스마트팩토리 등 다양한 응용 분야의 발전이 이루어져 왔다. 본 논문에서는 스마트홈 1가구 당 1개의 로컬 서버가 있다고 가정하며 하나의 로컬 서버에서 사용자의 패턴을 쉽게 획득하여 분석할 수 있게 된다. 또한 시간에 따라 변화하는 다양한 시계열 행동을 예측하는데 유용한 마르코프체인 이론을 이용한다. 이로부터 마르코프체인을 기반한 생활 패턴 추정 모델로부터 분석한 데이터를 활용해 절약 가능한 에너지량을 수식으로 제시한다.

### I. 서론

IoT(Internet of Things)가 발전함에 따라, IoT 장비를 도입하여 작동의 효율을 향상시키는 스마트팜, 공장의 효율적인 프로세스를 관리하는 스마트팩토리 등 다양한 응용 분야의 발전이 이루어져왔다. 이러한 분위기에 따라, IoT 장비를 집에 설치하여, 사람의 생활패턴을 기반으로 다양한 편의성을 제공하는 스마트홈에 관한 연구 및 개발이 진행중에 있다.[1]

스마트홈에서 제공할 수 있는 다양한 편의성은 다음과 같다: 1) 조명 센서를 활용하여, 거주자의 이동 패턴을 파악하여 미리 전등을 켜준다. 2) 사용자의 냉장고, 가스레인지 등 활용 패턴을 파악하여, 사용하지 않는 경우 전기를 절약한다. 3) 스마트 CCTV는 집안을 실시간으로 모니터링하고 사용자에게 위험 상황에 대한 신속한 피드백을 제공한다. 이 외에도, 스마트홈에 적용 가능한 기타 센서 노드들을 통하여 스마트홈의 에너지를 절약하는 것이 최근 중요시 여겨지고 있다.[2]

이러한 편의성을 제공하기 위해서 서버가 다양한 센서 노드들로부터 데이터를 수집하여 관리하고, 데이터를 분석하여 사용자의 생활 패턴을 추정하는 것이 굉장히 중요하다.[3] 하지만, 스마트홈 서비스 제공자의 중앙 서버에서, 자신이 제공하고 있는 스마트홈 응용 사용자의 모든 데이터를 수집하여 관리하는 것은 데이터 관리 측면에서 효율적이지 못할 것이라 판단된다. 특히, 스마트 홈에서 중앙 서버로 대량의 데이터가 전송되는 경우, 네트워크 안정성 또한 고려해야하므로, 본 논문에서는 스마트홈 1가구 당 1개의 로컬 서버가 있다고 가정한다. 따라서, 하나의 로컬 서버에서 사용자의 패턴을 쉽게 획득하여 분석할 수 있게 된다.

이때, 수집한 패턴을 분석하기 적합한 방법으로 마르코프 체인 방식이 있다. 마르코프 체인은 상태의 시퀀스를 모델링하는 수학적 모델로, 각 상태의 전이 확률은 오로지 현재 상태에만 의존한다.[4] 이 이론은 거주지 환경 내에서 행동 분석을 위한 확률적 프로세스를 분석하는데 매우 유용하며, 특히 시간에 따라 변화하는 다양한 시계열 행동을 예측하는데 적용

된다.[5] 아래 그림1은 마르코프체인 모델링의 기본 구조를 그림으로 표시한 것이다.

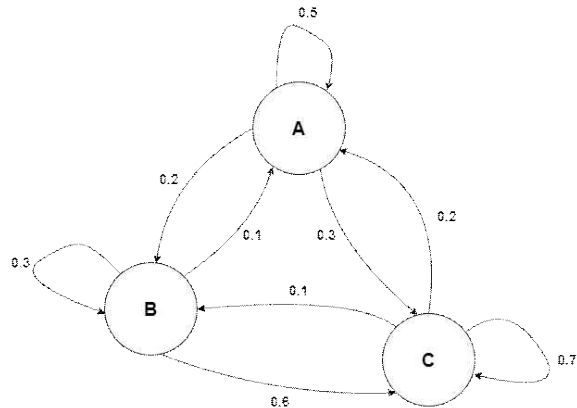


그림 1 마르코프체인 모델링 기본 구조 예시

본 논문에서는 마르코프체인 기반 스마트홈 생활 패턴 추정 모델을 제시한다. 해당 추정 모델은 소리 센서를 활용하여 스마트홈 내부에서 수도가 사용 중인지 여부에 대해 분석하고(싱크대 또는 화장실 등), 조명 센서를 이용하여 어느 위치에서 조명이 사용 중인지(거실, 부엌 등) 분석한다. 또한, 생활 패턴 추정 모델을 기반으로 분석한 데이터에서, 거주자가 절약할 수 있는 에너지량을 수식으로 제시한다.

### II. 본론

본 논문에서 제시하는 마르코프체인 기반 스마트홈 생활 패턴 분석은 다음과 같이 진행된다. 불을 켜고 끄거나 샤워를 하는등의 일상적인 활동 및 에너지 사용, 실내 온도 및 조명 조절과 같은 제어활동들이 마르코프

체인 모델을 통해 분석될 수 있다. 이러한 활동들은 전이 행렬로 표현 된다. 행렬의 (i, j) 항목은 상태 행(i)에서 상태 열(j)로 전이 할 확률을 나타낸다.

$$\begin{bmatrix} P(1,1) & P(1,2) & \cdots & P(1,j) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P(i,1) & P(i,2) & \cdots & P(i,j) \end{bmatrix}$$

그림 2 마르코프체인 행(i), 열(j)

이때, 행렬 생성 시 각 행의 확률 합이 1인지 확인하며, 확률 추정 모델 내에서 항상 다른 상태로 전이 되도록 보장하기 위함이다. 또한, 초기 상태 확률을 지정하여야 한다. 위 행렬에서 j가 3이라고 가정하자.

초기 상태 확률이 [0.2, 0.5, 0.3]인 경우 상태 1에서 시작 할 확률은 20%, 상태 B에서 시작할 확률은 50%, 상태 C에서 시작할 확률은 30%라는 뜻이다. 시간에 따른 변화를 모델링 하기 위해 현재 상태 확률 벡터에 전이 행렬을 반복적으로 곱한다.

$$StateVector\_New = StateVector\_Old * Matrix\_Transition \quad (1)$$

우선 시스템의 가능한 모든 상태에 대한 전이 확률을 포함하는 행렬을 정의한다. 각 행은 현재 상태를 의미하며 각 열은 가능한 다음 상태로의 전이 확률을 나타낸다. 다음으로 시스템이 시작할 때 각 상태에 있을 확률을 나타내는 초기 상태 벡터를 정의한다. 초기 상태에서 시작하여 정의된 전이 행렬을 사용하여 특정 횟수만큼 시스템의 상태 전이를 시뮬레이션한다. 즉, 현재 상태 벡터와 전이 행렬의 내적을 계산하여 다음 시간 단계에서의 상태 벡터를 얻은 후 결과 상태 벡터를 출력한다. 각 반복 후에 얻어진 상태 벡터로부터 모델의 상태 전이를 분석한다. 서술한 일련의 과정들은 상태 전이를 시뮬레이션을 통해 진행된다.

앞서 언급한 0.2, 0.5, 0.3의 확률은 조명의 세기가 될 수 있다. 시계열 데이터와 결합한다면 이는 사용자가 특정 세기의 조명을 얼마나 선호하는지도 판단 할 수 있다. 어떤 행위를 확률 추정 모델에 포함시킬지는 상당한 중요한 문제이다. 전이 행렬에 사용 될 각각의 확률 상태는 생명 영위와 관련된 행위라면 포함한다. 또한 에너지 소모 행위라면 포함한다. 이로부터 사람의 활동을 추적하여 집에 머무는 1인 가구의 위험 상황을 감지 할 수 있다.

마르코프체인을 통해 모델링된 스마트홈에 거주하는 상황을 가정해보자. A는 평일 오전 7시에 집에서 나가 오후 7시에 돌아오는 직장인이다. 여름철 냉방기구를 사용하는 A는 어느날 냉방 기구를 끄지 않고 외출하여 오후 7시까지 냉방 기구를 빈집에 틀어 놓게 되었다. 이 상황에서 마르코프체인이 적용된 스마트홈은 A의 생활 패턴을 알기 때문에 평일 오후 7시까지 돌아오지 않을 것을 알고 있다. 그렇기에 A가 오전 7시에 외출을 하자마자 자동적으로 냉방 중지모드로 전환하였다.

두 상황에서 마르코프체인이 적용된 스마트홈이 기존의 방식보다 얼마나 에너지를 절약하였는지 다음의 수식으로부터 구할 수 있다.

$$E_c[J] = P[W] \times T[s] \quad (2)$$

수식 (2)에서  $P[W]$ 는 기구의 전력 사용량을 나타낸다.  $T[s]$ 는 기구의 사용시간이다. 이로부터 사용한 에너지인  $E_c$ 를 구할 수 있다.

$$E'_c[J] = P[W] \times T'[s] \quad (3)$$

또한  $E'_c$ 는 마르코프체인으로부터 추정된 거주자의 기구 사용 시간인  $T'$ 를 사용한다. A가 나가는 시간을 스마트홈은 인지하고 있기 때문에 스마트홈은 A가 나가는 시간에 맞추어 냉방 기구의 전원을 끌 것이다. 그렇기에 상단에서 설명한 A의 상황에서  $T'$ 는 0초가 된다. 각각 구해진 수식으로부터 절약한 에너지  $E_s$ 를 구할 수 있다.

$$E_s = E_c \times E'_c \quad (4)$$

$E_c$ 는 기존의 에너지,  $E'_c$ 는 절약된 에너지이므로 이 둘의 차를 구하게 된다면 이는 스마트홈으로부터 절약한 에너지양을 구할 수 있게 된다.  $E_c$ 와  $E'_c$ 로부터 구해진 에너지 절약량  $E_s$ 를 거주 국가의 전기 요금과 연결 짓는다면 거주자 입장에서 스마트홈의 파급력을 더 크게 받아들일 수 있게 된다.

### III. 결론

본 논문에서 활용한 마르코프 체인 기반의 에너지 추정 모델은 스마트홈 환경에서 일상적인 생활 패턴을 분석하고, 스마트홈에서 비효율적인 에너지 사용량을 확인할 수 있는 수식을 제안하였다. 이러한 방법을 통하여, 거주자의 평소 행동 패턴에서 크게 벗어나는 행위를 할 시에는 비정상적인 데이터를 식별함으로써 스마트홈 내부에서의 돌발 상황을 감지할 수 있다. 따라서, 본 논문에서 제안하는 방식은 스마트홈 환경에서의 쾌적성 향상뿐만 아니라 사회적으로 취약한 계층의 보호에도 기여하게 되리라 기대한다. 추후, 생활 패턴 추정에 사용될 데이터 수집을 위한 센서의 종류를 확장 및 모델 스테이트를 증가시켜 다양한 상황에 대비 할 수 있는 환경을 구축하고, 실증을 진행할 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문(특허)은 2023년도 정부(과학기술정보통신부) 및 지자체(대구광역시)의 재원으로(재)대구디지털혁신진흥원에서 주관하는 지역 디지털 혁신 거점 조성지원 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. DBSD1-04, 원격 점검정보와 CCTV 출입정보 기반의 독거노인 고독사 대응을 위한 스마트 관리 시스템).

### 참고 문헌

- [1] 신유원, 이현수, 최우혁, 김희평, 정용, 이의진. (개최날짜). 스마트홈 IoT 기술 및 프라이버시 최신 연구 동향. 한국정보과학회 학술발표논문집, 개최지.
- [2] Prakashraj, K., et al. "IoT Based Energy Monitoring and Management System for Smart Home Using Renewable Energy Resources."International Research Journal of Engineering and Technology7.2 (2020): 1790-1797.
- [3] Posada-Quintero, Hugo F., and Ki H. Chon. "Innovations in electrodermal activity data collection and signal processing: A systematic review."Sensors20.2 (2020): 479.
- [4] LOGOFET, Dmitrii O.; LESNAYA, Ekaterina V. The mathematics of Markov models: what Markov chains can really predict in forest successions. Ecological modelling, 2000, 126.2-3: 285-298.
- [5] Yamauchi, Masaaki, et al. "Anomaly detection in smart home operation from user behaviors and home conditions."IEEE Transactions on Consumer Electronics66.2 (2020): 183-192.