

# HMM 을 이용한 충격질량 측정

## Mass estimation of impact using hidden markov models

전형섭† · 손기성\* · 박진호\*\* · 이정환\*\*\*

Hyeong-Seop Jeon, Ki-Sung Son, Jin-Ho Park and Jeong-Han Lee

### 1. 서 론

원자력 발전소에서 LPMS(Loose Part Monitoring System)는 원자로 냉각재 계통내의 금속파편 충격을 감시하는 시스템으로 금속파편 충격 발생시 충격의 위치 및 파편의 질량을 추정하는 시스템이다. 파편의 질량을 추정함으로써 원자로 냉각재 계통에 미치는 영향을 분석하여 발전소의 기동정지를 판단하는 중요한 요소 중 하나이다. 따라서, 금속 파편의 질량을 정확히 추정하는 것은 매우 중요하다. 본 논문은 이러한 금속파편의 질량을 추정하기 위한 방법을 제안한다. HMM(Hidden Markov Models)을 이용하여 질량을 측정하는 방법으로 전처리 과정을 통하여 특징벡터(입력변수)를 추출하고, Baum-Welch or EM method를 통하여 학습과정을 거쳐서 HMM을 구성한다. 이렇게 구성된 HMM을 이용하여 질량을 추정할 수 있다. 실험실에서 평판을 이용하여 가능성을 확인 하는 실험을 하였다.

관찰되어진 관측열  $O = \{O_1, O_2, O_3, O_4 \dots\}$  과 모델  $\lambda = (A, B, \pi)$ 에 대하여 주어진 HMM에서 관찰되어진 순서의 확률  $P(O|\lambda)$ 를 계산하는 문제

- 전향(Forward)과 후향(backward)알고리즘을 이용하여 해결

(2) Path decoding problem(최적 상태열 결정 문제)

관측열  $O = \{O_1, O_2, O_3, O_4 \dots\}$  과 모델  $\lambda = (A, B, \pi)$ 이 주어져 있을 때 관측열을 가장 잘 설명하는 최적 상태순서를 찾는 문제  
- 비터비(Viterbi)알고리즘을 이용하여 해결

(3) Model training problem(파라미터 추정 문제)  
 $P(O|\lambda)$ 를 최대화하는 모델  $\lambda = (A, B, \pi)$ 의 파라미터를 결정하는 문제

- 바움 웰치(Baum-Welch) 알고리즘을 이용하여 해결

### 2. Hidden Markov Models

HMM은 통계학적 분석 방법으로써 모델링하는 시스템이 미지의 파라미터를 가진 Markov process일 것이라고 가정하고 그 가정에 기초하여 관측된 파라미터로부터 숨겨진 파라미터를 확률적 관계를 통하여 결정한다. HMM으로 해결할 수 있는 문제는 세가지이다.

(1) Model evaluation problem (확률평가문제)

† 교신저자; 정회원, 세안기술㈜

E-mail : jhs200@sae-an.co.kr

Tel : 042-868-2074 , Fax : 042-868-8313

\* 세안기술㈜

\*\* 한국원자력연구원

\*\*\* (주)엑트

### 3. 충격질량 측정

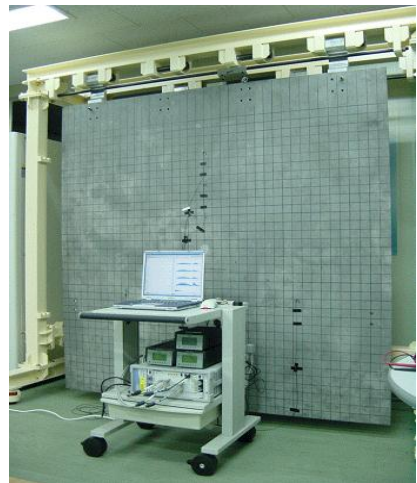


Fig. 1 Experimental setup

실험을 위하여 Fig. 1과 같이 가로 2m, 세로 2m, 두께 0.01m의 평판을 이용하였다.

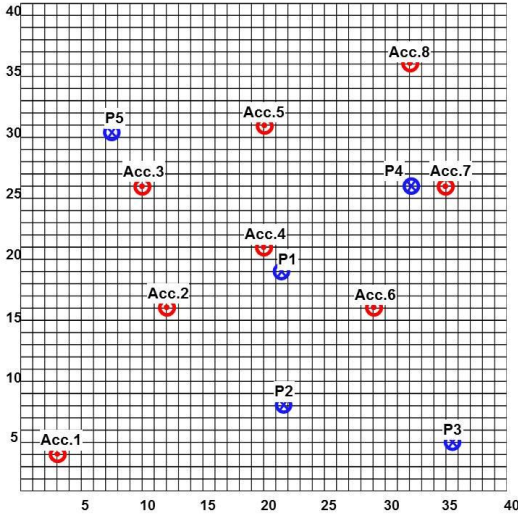


Fig. 2 Positions of accelerometers and excitation points

Fig. 2와 같이 평판에 8개의 가속도 센서를 이용하여 충격신호를 취득하였다. 1.9g~112.0g의 14개의 강구를 사용하였다. 강구당 25개의 신호를 혼련 데이터로 사용하였다.



Fig. 3 Feature vector for input of the HMM

Fig. 3은 HMM을 사용하기 위하여 시계열 데이터를 이산기호로 변환하는 전처리과정을 보여준다.

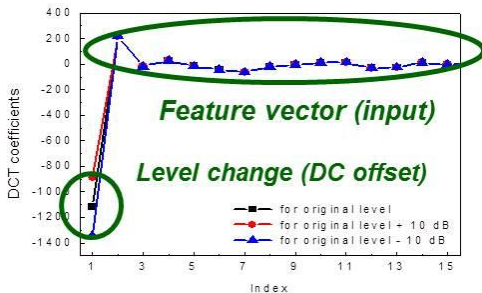


Fig. 4 Feature vector (DCT)

먼저 가속도 센서에서 취득한 신호를 APSD(Auto-power spectrum density)를 구하고 Smoothing을 거쳐 DCT(Discrete Cosine Transform)를 하여 Fig.4와 같이 특징 벡터(입력변

수)를 추출하였다. 이 특징벡터를 Baum-Wlech알고리즘을 이용한 학습과정을 거쳐서 HMM을 구성하였다.

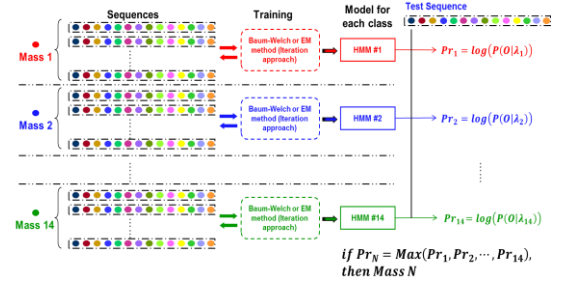


Fig. 5 Mass estimation using HMM

학습과정을 거친 HMM을 이용하여 Fig. 5와 같이 질량추정을 하였다. 검증데이터는 10개의 강구를 이용하여 115개의 신호를 취득하여 질량을 추정할 결과를 Fig.6에서 보여준다.

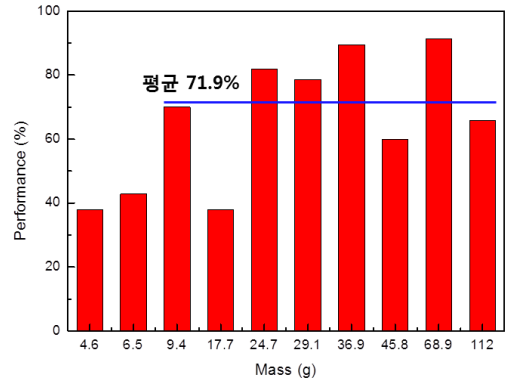


Fig. 6 Experimental result of mass estimation

상대적으로 가벼운 질량(10g)에서 낮은 성능을 보였지만 HMM을 이용하면 질량을 추정할 수 있는 가능성을 보여주었다.

#### 4. 결론

충격에 의한 질량을 추정하는 방법으로 HMM을 이용하였다. 실험을 통하여 가능성을 보여주었으나 더 정확한 질량을 추정하기 위하여 연구가 진행되어야 할 것이다.