

구음 운동 촉진을 위한 개인 맞춤형 TTB(Tongue Tongue Ball)의 Calibration 선행 연구

김우제*, 이진모*, 안유성*, 정규빈*, 김형훈**, 우승탁*

*동서울대학교 전자공학과

**삼성전자

kwj32741@gmail.com, 2204073@du.ac.kr, 1904103@du.ac.kr, ku6219@naver.com, pastelom@gmail.com, stwoo@du.ac.kr

Prior Study on Calibration of Personalized TTB (Tongue Tongue Ball) to Promote the Articulation

Woo-Je Kim*, Jin-Mo Lee*, Yu-Seong An*, Gyu-bin Jung*, Hyung-hoon Kim and Seong Tak Woo*

*Department of Electronic Engineering, Dong Seoul University

**Samsung electronics

요 약

언어장애에 있어 구음 운동 촉진은 구강내 혀를 비롯하여 입 주변 근육 등 다양한 운동 요소가 요구된다. 기존의 구음 운동 촉진 기구들은 단순히 입에 넣어 운동하는 것이 국한되어 있다. 본 연구에서는 기존의 촉진 기구들이 가지는 한계를 극복하고 사용자의 자기 주도적인 운동과 훈련의 척도를 실시간으로 피드백 받을 수 있는 기구를 실험에 적용하였다. 특히, 개개인의 구음 운동 가동범위를 지정하기 위하여 simple moving average filter기반의 개인화 calibration 기능을 구현하였다. 4명의 피험자들의 실험결과를 통해, calibration단계에서의 오차율을 최소화할 수 있는 filter window size와 moving point의 parameter를 도출하였다.

1. 연구 배경

구음 장애란 말을 하는데 필요한 조음 기관의 근육 또는 신경에 병변이 있는 경우 발생하는 언어장애로 이를 치료하기 위해서는 주로 조음 기관의 근육을 재활 운동을 통하여 발달시키는 것이 중요하다[1]. 하지만 현재 상용화되어있는 재활 기구는 단순히 입에 넣고 혀로 움직여 운동하는것에 국한되기에 사용자가 올바른 운동을 하고있는지 스스로 알기 어렵다는 한계점이 있다[2]. 따라서 이런 한계점들을 보완하기 위하여 사용자의 운동량과 훈련의 척도에 대해 피드백을 주고 정확한 동작을 지도해 주기 위한 기구가 요구된다. 본 연구에서는 flexible 센서와 신호처리모듈을 사용하여 측정된 데이터를 기반으로 사용자의 훈련 정도를 수치적으로 반환하도록 하고 전용 어플리케이션을 구현하여 사용자에게 정보를 제공하는 구음 운동 촉진 기기 TTB(Tongue Tongue Ball)를 구현하였다. 구음 훈련 운동은 정해진 동작을 일정한 가동 범위로 유지하여야 하는데 이를 위해서는 운동전 사용자가 혀의 가동 범위를 미리 측정하여 기준점을 잡는 Calibration단계를 거쳐야 한다. Calibration단계에서는 운동 동작을 수축, 이완으로 구분하여 각각의 평균값을 도출한다. 이때, 단순 평균이 아닌 단순이동평균(simple moving average, SMA)을 통해 실제 사용자의 가동범위오차를 최소화할 수 있다.

일반적으로 moving filter는 데이터의 갑작스러운 변동이나 변화를 줄여 데이터 평활화를 할 수 있고 연속적인 데이터를 실시간으로 처리하고 분석하기 유리하다는 장점이 있어 영상 처리 및 주식분석 등의 다양한 분야에서 유용하게 활용되고 있다[3]. Moving filter는 window와 moving point에 따라 오차율이 달라지게 된다. 따라서 본 연구에서는 calibration단계에 적용할 수 있는 SMA filter의 parameter를 변화시켜가며 최적화 요소를 도출하였다.

2. TTB와 Moving Filter의 적용

구현된 구음 운동 촉진 기기인 TTB는 그림 1(a)와 같으며, 저항막방식의 flexible 센서를 생체적합재질의 실리콘(Sylgard184, Dowcorning)으로 코팅하여 제작하였고 신호처리모듈(ESP32, Espressif Systems, China)를 이용하여 신호처리모듈을 구현하였다. 훈련동작은 사용자가 혀를 센서부에 접촉하여 연구개 방향으로 끌어 올리는 동작은 수축운동, 반대로 다시 센서부를 원위치 시키는 동작을 이완운동으로 정의하였으며 실제 피험자가 TTB를 사용하는 실험사진은 그림 1(b)와 같다. 전용 어플리케이션을 통해 센서부에 작용하는 구강운동 가동범위를 게이지 형태로 표현하여 시각적 피드백을 해주게 된다. 기기의 사용훈련 전 Calibration 최적화를 위해 피험자는 수축 및 이완 동작을 각각 15s간 5회씩 수행하였다. 실험에 참여한 피험자들은 언어, 청각적으로 이상이 없는 건강한 그

롭의 남성 4명(24 ±1 세)으로 구성하였다(IRB. no. 1040621-201907-HR-061-02).

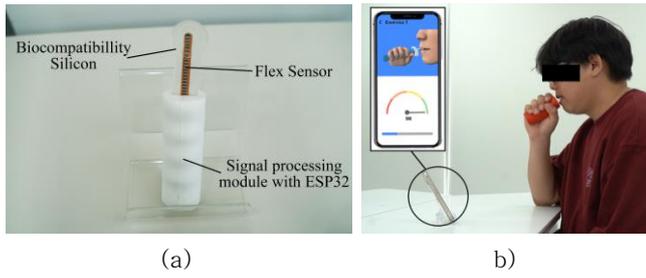


그림 1. (a)구현된 TTB 기기, (b)피험자 실험 사진

Calibration 단계에서 단순 평균을 통한 기준점 도출은 아래의 수식(1)과 같다. 또한 본 연구에서 제안하는 SMA filter기반의 기준점 도출은 아래의 수식 (2), (3)을 추가적으로 적용하여 도출하게 된다.

$$avg_k = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i \dots\dots\dots (1)$$

여기서 N은 윈도우 크기, x_i 는 첫번째 데이터의 값이다.

$$avg_k = \alpha \cdot avg_{current} + (1 - \alpha) \cdot avg_{k+1} \dots\dots (2)$$

여기서 $avg_{current}$ 는 현재 윈도우의 평균, avg_{k+1} 은 새롭게 업데이트되는 데이터들의 평균, α 는 weighting factor 이다.

$$\alpha = \frac{WindowSize - MovingPoint}{WindowSize} \dots\dots\dots (3)$$

Calibration 단계에서 데이터는 10Hz sample rate으로 수축 및 이완 동작 동안 150 sample을 각각 취득하게 된다. Parameter 분석을 위해 Window크기를 10, 20, 30, 40, 50 sample, moving point sample은 window크기 대비 10, 10~20, 25~50% 비율로 구성하여 기준점 평균의 표준편차를 관찰하였다.

3. 실험 결과

Calibration을 위한 피험자의 수축 및 이완 동작에 따른 오차율 결과는 그림 2(a)와 같다. window크기가 10 sample일 때 표준오차는 수축 동작 1.14% 이완동작 0.91%로 가장 낮은 특성을 보였으며, window sample의 크기가 증가하면서 표준오차는 약 2.0% 높아지는 것을 확인할 수 있다. 또한, SMA filter를 적용하지 않는 단순 평균을 통한 기준점 도출시에 표준편차는 수축 및 이완 동작에서 4.10%, 2.79%로 높게 관찰되었다. 또한, window sample 길이를 기준으로 moving point sample의 비율에 따른 오차특성은 그림 2(b)와 같다. 10%, 11~20%, 25% 이상의 구간에서 표준오차는 수축과 이완 동작에서 각각 약 1.70%, 1.42%로 유사한 특성으로 관찰되었다.

4. 결론

본 연구에서는 구음 운동 촉진 훈련을 위해 구현된 TTB를 이용하여 개인화 calibration을 할 수 있도록 SMA

filter를 설계하고 window sample, moving point 와 같은 최적의 parameter를 실험을 통해 검증하였다.

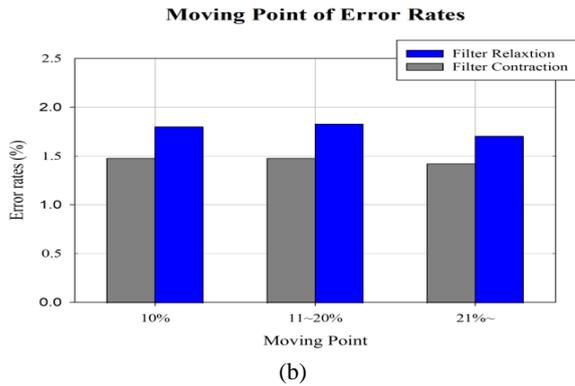
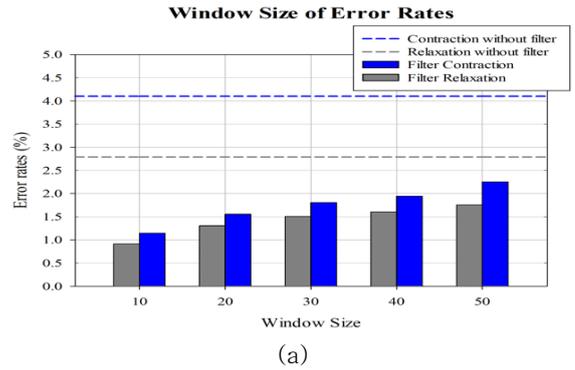


그림 2. (a)SMA filter window에 따른 오차결과 (b)moving point비율에 따른 오차결과

Window sample에 따른 특성에서 SMA filter적용 전, 후를 비교하면 수축 및 이완 동작에서 오차율이 72.2%, 67.38%가 각각 감소하였다. 또한, window sample과 moving point 비율에 따른 실험에서는 수축 및 이완 동작에서 1.70%, 1.42%로 유사한 특성을 확인하였다. 실험을 통해 window가 10 sample, moving point는 25% 이내로 하는 것이 가장 효과적인 parameter임을 확인하였다. 여전히 본 연구에서는 제안된 피험자의 수와 실제 장애를 가지는 실험군의 부재로 한계가 존재한다. 따라서 추가적인 피험자 확보와 SMA filter의 다양한 parameter 변화 실험이 진행될 예정이다.

[Acknowledgements]

본 논문은 과학기술정보통신부 대학디지털교육역량강화사업의 지원을 통한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

[Reference]

[1] 민경철, 서상민, “구강운동촉진기술이 다운증후군 아동의 구강실행기능에 미치는 효과:단일 사례 연구”, *융합정보논문지*, 11(4), pp. 153-160, 2021.
 [2] Robbins, JoAnne, et al. "The effects of lingual exercise on swallowing in older adults." *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(9), pp.1483-1489, 2005.
 [3] 이준연, “주기적 이동평균필터를 이용한 동잡음 제거”, *한국컴퓨터정보학회논문지*, 17(4), pp. 75-82, 2012.