

자동 위치 검출을 이용한 지능형 칫솔 시스템 개발

이강휘*,이정환,이영재,김경섭,김동준,윤대호,양희경

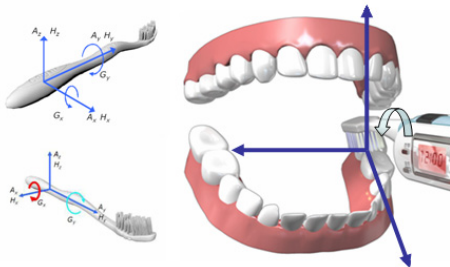
Smart Toothbrush System Development Using Auto Tooth brushing Position Detection

Kang-Hwi Lee*,Jeong-Whan Lee,Young-Jae Lee,Kyeong-Seop Kim,
Dong-Jun Kim,Tae-Ho Yun and Heui-Kyung Yang

Abstract - The design of an intelligent toothbrush, capable of monitoring brushing motion, orientation through the grip axis, during toothbrushing is described. Inappropriate Toothbrushing styles, even in adults, sometimes cause dental problems, cavities, gingivitis, etc. This smart system provides user to monitor his or her brushing pattern using accelerometer and magnetic sensors for evaluation of toothbrushing style. Directional information of toothbrush with respect to earth's magnetic field and activity data were measured by a miniaturized low-power micro-controller, MSP430 and transmitted to personal computer by 2.4GHz radio transmitter, nRF2401. A personal computer provides an on-line display of activity and orientation measurements during toothbrushing. The signal trace is then analyzed to extract clinically relevant measurement. This preliminary study showed that the proposed monitoring system was conceived to aid dental care personnel in patient education and instruction in oral hygiene regarding brushing style.

1. 서 론

치아의 질병은 전통적인 관점의 질환 치료에서 건강한 상태의 지속적인 관리라는 보다 적극적인 개념으로 발전하고 있다. 또한 고령화 및 삶의 질 향상의 욕구증대로 인하여 구강보건에 대한 관심이 지속적으로 증대 되고 있다[1]. 이는 올바르게 양치 습관이 유년기의 치아 관리가 노년기의 치아 건강에 상당한 영향을 미칠 수 있다는 점을 말해주며 올바른 양치 습관은 많은 부분 치주 질환의 예방이 가능하다는 것을 말해 준다. 시중에서는 편리한 양치질을 위한 전동칫솔을 많이 볼 수 있다. 하지만 전동 칫솔은 그 효과와 안전에 있어서 올바른 양치 습관에 도움을 주지 못한다.[2] 그리고 그 외의 칫솔 방법에 관한 근래의 연구 [3-5]에서도 보다 효율적이고 적극적인 방법이 구현되고 있지 못하다. 따라서 본 연구에서는 효율적인 올바른 양치습관을 모니터링 하기 위하여 저전력 마이크로컨트롤러(MicroControllerr)를 사용하여 3축 가속도(Accelerometer)센서와 3축 지자계(Magnetic) 센서로부터 위치와 방향에 관련된 정보를 받아 2.4GHz 무선 통신을 통해 사용자 컴퓨터에서 신호를 분석하였다. 양치 중 칫솔의 상태를 자동으로 패턴에 따라 분류하여 대상에게 칫솔질 습관을 교정할 수 있게 하는 지능형 칫솔 시스템(Smart toothbrush)을 개발하였다.[6]



<그림 1> 구강 내 칫솔 방향에 따른 3차원 좌표

2. 본 론

2.1 칫솔의 운동 검출

치아를 닦기 위한 방법에는 치열궁(齒列弓)의 좌측, 우측 그리고 전면으로 나눌 수 있다. 그리고 나누어진 부위에 따라 칫솔의 방향이 치아면의 내면, 외면, 상면이 있으며 면의 수평 방향의 칫솔질과 수직 방향, 그리고 잇몸에서 칫솔모를 쓸어내는 회전 운동이 있다. 이러한 치아에 대한 반복동작은 3축 가속도 센서(MMA7260Q,Freescale)에 의해 측정할

수 있다. 이 가속도 센서의 민감도는 800mV/g로서 3축(x,y,z-axis) 방향으로 가속도 값을 측정할 수 있으며 데이터는 0v~3v 사이의 아날로그(Analog)신호로 출력된다. 또한 지구 중력 가속도에 대해서도 작용을 하기 때문에 수평방향에 따른 기울기 값도 측정 할 수 있다. 가속도 센서의 기울기 값을 통해 칫솔의 기울어짐을 알 수 있어 회전에 대한 움직임을 측정 할 수 있다.

2.2 칫솔의 방향에 따른 위치 검출

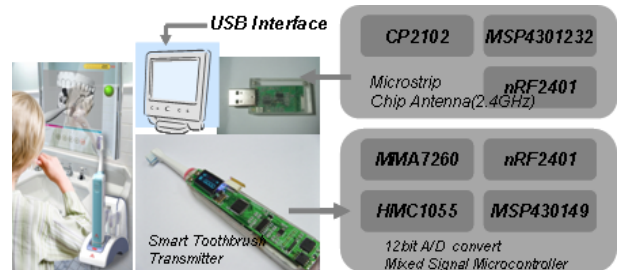
칫솔의 기준점에 대한 위치는 지자계 센서(HMC1052,HMC1051Z Honeywell)를 이용하여 검출 할 수 있다. 지자계 센서는 이방성 자기저항(Anisotropic Magnetoresistance,AMR)의 구조를 가지며 지구의 자계에 대해 반응하여 칫솔 몸체의 ϕ (Roll), θ (Pitch)을 이용하여 방위각(Azimuth, ψ)를 구할 수 있다(1). 일반적으로 GPS와 같은 텔레메틱스(Telematics) 장치에 사용되며 각각의 축은 1.0mV/V/gauss의 민감도를 가진다. 이 센서를 나침반으로 활용하기 위해서는 지구 자계를 기준으로 각각의 축을 캘리브레이션(Calibration)하는 작업이 필요하다.

$$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{-Y \cos \phi + Z \sin \phi}{X \cos \theta + Y \sin \theta \sin \phi + Z \sin \theta \cos \phi} \right) \quad (1)$$

칫솔의 위치를 추적하기 위해 센서의 축을 지구 자계에 대한 위치를 분석함으로써 좌측에서 전면과 전면에서 우측으로의 상대적 변위를 구할 수 있다.

2.3 시스템 구현

가속도 센서와 지자계 센서로부터 수집된 데이터는 저전력 프로세서인 Texas instruments사의 MSP430F149에 의해 아날로그 신호에서 디지털 신호로 50Hz의 샘플(Sample rate)로 변환된다.<표1> 각각의 채널에 실린 데이터는 1개의 패킷(Packet)으로 통합되어 2.4GHz의 주파수로 모듈의 수신부로 전송한다. 저전력 무선 통신을 위해 2.4GHz GFSK 방식의 Nordic사의 nRF2401 칩(Chip)이 사용되었으며, 칩 안테나(Antenna)와 마이크로스트립(Microstrip) 패턴을 사용해 임피던스를 매칭하였다. 전송된 신호는 USB를 통해 시리얼(Serial) 프로토콜(Protocol)로 변환되어 분석 알고리즘에 의해 위치와 동작을 알 수 있게 된다.(그림2) 제작된 모듈의 제원은 다음 <표1>과 같다. 분석 알고리즘은 실험적 환경에 적합하고 지정된 모듈(Module)에 이식이 용이 하기 위해 C언어를 기반으로 구현 되었으며 실시간 신호 분석 및 위치 검출이 가능하도록 컴퓨터의 비주얼 스튜디오(Visual Studio)6.0의 MFC 자원을 사용하였다.



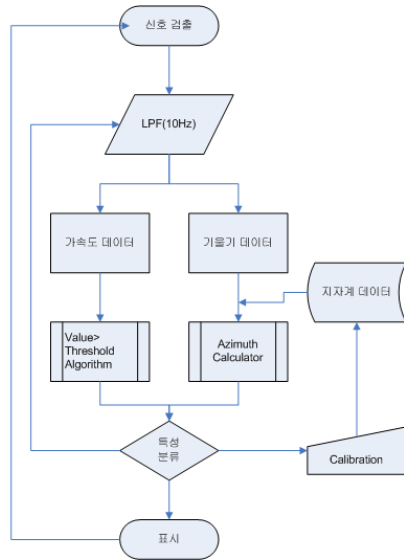
<그림 2> 지능형 칫솔(Smartbrush) 시스템

〈표 1〉지능형 칫솔의 제원

| | | Specification |
|------------------------------------|-----------------|------------------------|
| Degree of Freedom (DOF) | | 6 |
| Accelerometer (MMA7260, Freescale) | | 3-axis (800mV/g) |
| Magnetic Sensor (HMC1055) | | 3-axis (1.0mV/V/gauss) |
| A/D converter (MSP430F149) | Resolution | 12bits |
| | Sample rate | 50Hz |
| | Carrier Freq. | 2.4GHz |
| Wireless Comm. (nRF2401,Nordic) | Modulation | GFSK |
| | Date Tx/Rx rate | 1Mbps-Shock-burst |
| Power | Battery-pow. | Coin-cell(3.3V) |

2.4 알고리즘

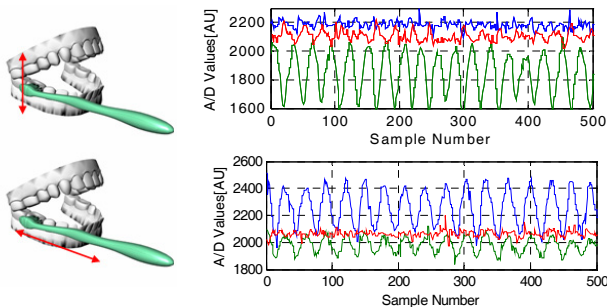
저역통과 필터(Low-pass-Filter)에 의해 가속도 센서의 신호로부터 분리된 가속도 데이터(AC성분)와 기울기 데이터(DC성분)는 각각 운동 검출과 위치 검출에 이용되고, 지자계 센서의 방향에 대한 정보가 더해지면서 칫솔의 위치와 방향정보가 표시된다.



〈표 2〉 지능형 칫솔 알고리즘 흐름도

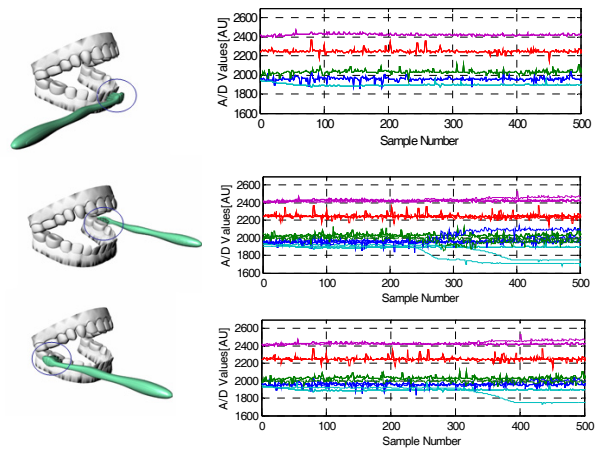
3. 결 론

지능형 칫솔은 가속도 센서 3축과 지자계 센서 3축으로부터 모두 6개의 채널에서 데이터를 수집하게 되고 각각의 채널은 위치와 운동을 판별 하는 알고리즘을 통과하게 된다. 실험은 전동 칫솔 사용자가 아닌 일반 칫솔 사용자를 대상으로 3분간 5회씩 10명에게 수행하였으며 오른손잡이를 기준으로 측정하였다.



〈그림 3〉 운동 판별 알고리즘

〈그림 3〉은 칫솔을 Z축 방향(상하)과 X축 방향(앞뒤)방향으로 운동할 때의 가속도 센서 신호를 나타낸다. 3개의 축은 각각의 축으로 가해지는 힘의 크기이며 이는 칫솔의 운동이 어느 방향으로 이루어지고 있는지를 알 수 있다. 또한 방향에 대한 힘의 크기와 횟수를 검출할 수 있다. 위치 판별은 가속도 센서의 기울기 데이터와 지자계 센서의 기저선 변화에 의해 검출된다. 가속도 센서의 Z축은 지구 중력 가속도에 대한 방향을 알 수 있기 때문에 칫솔의 좌우 위치를 판별 한다. 지자계 센서는 AMR 구조에 의해 지구 자계에 대한 절대적인 값이 발생하지만 시작점을 기준으로 칫솔이 움직이는 동선을 방위각으로 변환하여 상대적인 위치에 대한 정보를 판단할 수 있다.〈그림 4〉는 가속도 센서와 지자계 센서 전체 값을 나타낸다. 그래프의 중간 위치에서 칫솔의 이동이 일어났을 때 기저선이 변하는 것을 볼 수 있으며 이는 곧 칫솔의 방향이 바뀌었다는 것을 의미한다. 실험치 결과에서는 총 10명의 데이터 중 운동 판별은 97% 위치 판별은 80%의 정확성을 보였다. 특히 좌에서 우로 칫솔 모가 이동했을 때 변화가 크게 나타나는 반면 전면에서 좌,우 면으로 이동했을 때의 변화 값이 적어 알고리즘 판별에서 생긴 오차로 보인다. 그리고 한 방향으로의 고정된 시선을 유지해야 하는 알고리즘의 논리에 따라 칫솔질을 하면서 고개를 돌리거나 칫솔을 반대 손으로 잡는 등의 행위에 대처하지 못하는 문제점이 발생하였다. 따라서 칫솔의 위치변화를 추적 할 수 있는 알고리즘이 보완되어야 하며 여러 가지 칫솔질 상황에 대처 할 수 있는 시스템이 추가 되어야 한다.



〈그림 4〉 위치 판별 알고리즘

[참 고 문 헌]

[1] 지경용 외 14인, “유비쿼터스 시대의 보건의료”, u-Health 서비스와 솔루션, 35p-84p, 2005.
 [2] M.J. Cronin, W.Z. Dembling, M.A. Cugini, M.C. Thompson, and P.R.Warren, “Three-month assessment of safety and efficacy of two electric toothbrushes,” J. Dentistry, vol.33, Suppl.1, pp.23-28, 2005.
 [3] S.L. Yankel, and R.C. Emling, “Laboratory interproximal access efficacy comparison of bi-level and flat bristled toothbrushes,” J. Clinical Dentistry, vol.4, no.4, pp. 128~130, 1994.
 [4] D.W. Volpenhein, M.E. Walsh, P.A. Dellerman, and T.A. Burkett, “A new method for in-vitro evaluation of the interproximal penetration of manual toothbrushes,” J. Clinical Dentistry, vol.5, no.1, pp.27-33, 1994.
 [5] H.R. Rawls, D.L. Lentz, G.W. Cobb, M.S. Bailey, J. Spencer, D.A. Williams, D. Walley, and J. Vidra, “Interproximal penetration of commercial toothbrushes as determined by static and dynamic brushing techniques,” J. Clinical Dentistry, vol.4, pp.88-95, 1993.
 [6] J.Lee,K.Lee,D.Kim, and K.Kim,“Development of Smart Toothbrush Monitoring System for Ubiquitous Healthcare”,Proceeding of the 28th IEEE EMBS Annual Conference, New York,pp.6422-6425,Sept. 2006.