

# 천공부작용 해소용 내시경 Direction Sensor 설계

강상만\* · 박대우\*

\*호서대학교 벤처대학원

## Study on Direction Sensor for reduce perforation risk in Endoscopy

Sang-man Kang\* · Dea-woo Park\*

\*Conversing Technology, Hoseo Graduate School of Venture

E-mail : smgang@dreamwiz.com, prof\_pdw@naver.com

### 요 약

내시경을 이용한 진단 및 시술은 빈번하게 이루어지고 있으며, 대장암의 증가와 정부의 암 조기검진사업의 영향으로 시행건수가 많아지면서 천공 및 출혈 등의 의료사고도 늘어나고 있다. 내시경 장비를 이용한 시술은 시술자의 경험이나 감각, 숙련도에 의존하여 시행된다. 내시경 시술시 내시경 선단부의 수평 및 수직, 압력에 대한 실시간 정보를 제공하면 의료사고를 줄일 수 있다. 본 논문에서는 가속도와 자이로센서를 융합하여 각도 및 자세정보를 얻고 압력센서를 이용하여 선단부가 받는 압력을 시술자에게 제공하여 내시경 시술시 천공 및 출혈 등의 의료사고를 줄일 수 있는 방안을 제시한다.

### 키워드

방향센서(Direction Sensor), 내시경(Endoscopy), 천공(Perforation), 자세추적(Attitude tracking), 압력센서(Force Sensor)

## I. 서 론

인체의 위, 소장, 대장의 내시경 진단 및 시술은 빈번하게 이루어지고 있다. 국내 대장암의 발병률은 전체 암 중에서 세 번째, 아시아에서는 가장 많이 발생하고 있는 질병이다[1-2].

국가에서도 암 조기검진사업을 통해 조기 진단과 예방에 많은 관심을 기울이고 있는 상황이어서 내시경 진단 및 시술은 더욱더 증가할 것이다[3].

이는 환자에게 치명적이고 심각한 결과를 초래할 수 있는 의료사고의 발생빈도를 높일 것이다. 가수 신해철씨의 의료사고 원인은 천공이다. 내시경 장비사용은 시술자의 경험이나 숙련도, 감각에 의존하여 진행되게 된다. 여기에 추가로 내시경장비 선단부의 각도 및 자세, 압력에 대한 실시간 정보를 제공하여 내시경장비를 사용한다면 의료사고를 줄일 수 있다.

따라서 본 논문에서는 내시경 장비 선단부의 각도 및 자세를 측정할 수 있는 가속도와 자이로센서를 융합한 Direction sensor(방향센서)와 압력센서를 이용하여 선단부가 받는 힘을 측정하고 분석하는 연구를 한다.

## II. 관련 연구

### 2.1. 가속도센서(Acceleration Sensor)

지구의 중력가속도(Gravity Acceleration,  $9.8 \text{ m/s}^2$ )가 센서본체의 각 축에 대해서 영향을 미치는 정도를 나타낸다.

1축, 2축 가속도센서도 있지만 일반적으로 x, y, z방향 성분을 갖는 3축 가속도 센서를 사용한다. 정지 상태의 x, y, z성분의 합은 중력가속도와 같다. 평평한 면에 센서가 있다면 z방향으로만 중력가속도가 작용하기 때문에 x, y방향의 가속도 성분은 없다. 센서가 기울어져 있다면 중력가속도는 x, y, z벡터성분의 합으로 나타난다.

이들 성분의 삼각함수 계산으로 각축에 대해 센서 본체가 기울어져있는 각도를 계산하게 된다. 가속도센서는 정지 상태에서는 안정적인 출력을 보이지만, 이동간이나 진동에는 취약한 단점을 가지고 있다[4]. 이를 보완하기 위하여 자이로센서와 같이 사용하여 단점을 극복한다.

### 2.2. 자이로센서(Gyroscope Sensor)

각속도(Angular Velocity, degree/sec)를 측정한다. 이 또한 일반적으로 x, y, z방향에 대한 3축

센서를 사용한다.

각속도를 시간에 대하여 적분하면 각도를 계산할 수 있다. 회전 또는 이동 중인 물체에 대한 각도를 계산할 때 유용하게 사용된다.

그러나 자이로센서는 노이즈도 같이 적분되기 때문에 드리프트(Drift)라는 적분오차가 존재한다. 적분으로 인해 이 오차는 누적되게 되는데 이 오차는 무시할 수 없는 정도로 커지게 된다. 이를 보완하는 방법으로 가속도센서와 동시에 사용하여 이 단점을 보완할 수 있다[5].

### 2.3. 센서 융합(Sensor Fusion)

x, y 좌표계의 정확한 값을 얻기 위하여, 가속도센서가 이동이나 진동에 취약한 단점과 자이로센서의 적분으로 인한 드리프트문제를 해결하기 위하여 두 센서를 융합하여 정확한 각도 값을 찾아낸다[6-7].

본 논문에 사용하지는 않지만 지자기센서(magnetic sensor)의 경우 기울어지지 않은 상태에서는 정확한 z축 값을 표시하지만, 기울어진 상태에서는 정확한 값을 표시하지 못한다.

이 경우 가속도센서와 융합하여 정확한 각도를 얻을 수 있다. 센서간의 융합을 위해서 여러 가지 방법이 사용되고 있다.

### 2.4. 후처리(Post Processing)

정확한 방향 정보를 얻기 위해서는 가속도센서와 자이로센서의 장점은 유지하면서 서로의 단점을 보완하는 후처리가 필요하다.

이러한 용도로 사용하는 일반적인 방법이 칼만 필터(Kalman Filter)와 상보필터(Complementary Filter)이다[8-9].

칼만필터는 시스템이 선형적(Linear)이며 잡음이 정규분포를 따른다는 가정 하에, 바로 이전 시간에 추정된 값을 토대로 해서 현재의 값을 추정하는 방법이다. 실제 시스템은 칼만필터의 가정을 충족하지 않지만 필터의 계수를 조정함으로써 이상적인 결과를 도출해 낼 수 있다. 계수의 조정은 시스템의 특성에 따라 조정되어야 한다.

상보필터는 글자 그대로 서로 보상해 준다는 의미이다. 가속도센서와 자이로센서의 부족한 부분을 서로 보충하여 값을 추출해 내는 방법이다.

### 2.5. 압력센서(Force Sensor)

센서 본체에 가해지는 물리적인 힘을 측정하기 위해서 사용된다. 무게를 재는 로드셀(load cell)도 압력센서의 일종이며 여러 가지 형태의 압력센서가 존재한다.

본 논문에서 사용하고자 하는 압력센서는 박막 필름(thin film)으로 제작된 플렉시블(flexible) 형태의 접촉식 압력센서이며, 가해지는 힘에 따라 저항값(resistance) 변하는 형태이다. 일반적으로 FSR(Force Sensor Resistor) 이라고 부른다.

## III. Direction Sensor 기술 설계

### 3.1. 좌표계 표현 기술 설계

사용하려는 목적에 따라 여러 가지 좌표계가 사용되고 있다. 대표적으로 로테이션 매트릭스(Rotation Matrix), 쿼터니언(사원수, Quaternion), 오일러각(Euler Angle)이 있다.

로테이션 매트릭스는 3차원의 x, y, z축 좌표계에 대한 회전을 3x3 행렬로 표현하며, 3차원 표현을 위해서 9개의 행렬요소를 사용하기 때문에 연산량이 많아지게 된다.

쿼터니언은 3차원 표현을 x, y, z축에 대한 벡터(vector)와 하나의 스칼라(scalar) 값으로 표현하며 연산을 통하여 다른 좌표계의 값으로 변경이 가능하다. 그래픽에서 물체의 이동을 간단한 곱셈과 나눗셈으로 구현할 수 있는 장점이 있지만 개념이 복잡해서 이해하기 어려운 단점이 있다.

Leonhard Euler(1707-1783)가 고안한 오일러각은 물체의 3차원 방향을 표현하기 위해 3개의 독립된 변수를 사용한다. 고정된 x, y, z축에 대한 각도만으로 손쉽게 표현될 수 있으며 현실세계를 표현한다.

본 논문에서는 현실세계의 인간의 인지 좌표계에 가장 유사하고 직관적인 오일러각 좌표계 표현방식을 사용한다.

### 3.2. Direction 표현 기술 설계

항공기, 로봇 등의 움직이는 물체에 대한 방향이나 자세에 대한 표현은 절대 좌표계를 사용하지 않고 물체를 기준으로 한 상대적인 좌표계를 사용한다. 이는 직관적이고 이해를 쉽게 한다.

이때 사용하는 단위가 요(Yaw), 피치(Pitch), 롤(Roll)이다. 항공기를 기준으로 Yaw는 물리적 북쪽(North)과의 각도, Pitch는 항공기의 진행방향 위/아래 방향으로 기울어져 있는 각도, Roll은 날개가 수평방향으로 기울어진 각도를 나타낸다.

현재 일상에서 사용하고 있는 Android 스마트폰과 Microsoft Windows 8 sensor platform에서 사용하는 Roll과 Pitch의 범위는 Roll : -180 ~ +180, Pitch : -90 ~ +90 의 범위이다.

본 논문에서는 가속도센서와 자이로센서에서 획득한 값을 이용하여 Roll과 Pitch를 계산하고, 이를 이용하여 방향을 표현한다.

### 3.3. Direction 설계

정확한 방향 정보를 얻기 위해서는 가속도센서와 자이로센서의 장점은 유지하면서 서로의 단점을 보완하는 후처리가 필요하다.

이러한 용도로 사용하는 일반적인 방법이 칼만 필터(Kalman Filter)와 상보필터(Complementary Filter)이다.

칼만필터는 계수조정을 통하여 다양한 종류의 시스템에 적용이 가능하지만, 연산과정이 복잡하여 많은 시스템 자원(resource)과 처리시간(processing time)을 필요로 한다.

본 논문에서는 천천히 움직이는 내시경 시술의 특징과 간단하면서도 실시간으로 동작하는 시스템의 구현을 위하여 상보필터를 사용한다.

또한 일반적으로 사용하는 가속도센서와 자이로센서의 가중치 비율보다 가속도센서의 가중치를 높게 사용하는 방법을 이용한다.

#### 3.4. 압력 정보 기술 설계

본 논문에서 사용하는 FSR센서는 아날로그(Analog)센서이다. 아날로그 신호를 처리하기 위해서 ADC를 이용하게 되는데 이때 신호의 주파수대역을 고려한 필터(Filter) 및 노이즈처리를 하여야 한다.

본 논문에서는 내시경 시술의 특징과 실시간 처리를 고려한 LPF(Low Pass Filter)를 설계한다.

### IV. 의료용 내시경 Direction Sensor 적용

#### 4.1. 의료용 Direction Sensor 적용

가속도와 자이로센서를 융합하여 얻은 롤(Roll)과 피치(Pitch) 값을 내시경 컨트롤 시스템에 전달한다. 컨트롤 시스템은 이 값을 시각적인 모양으로 변환하여 실시간으로 시스템 모니터에 표시하여 내시경 시술자에게 현재 선단부의 자세에 대한 수평, 수직정보를 제공한다.

압력센서로 부터 얻은 압력값 또한 컨트롤 시스템에 전달한다. 전달된 값이 기준치 이상일 경우 소리와 진동의 형태로 시술자에게 전달하여 기준치 이상의 압력이 피시술자에게 전달되지 않도록 한다.

#### 4.2. Direction sensor 적용에 따른 효과분석

가속도 및 자이로센서를 이용하여 시술자에게 내시경장비 선단부의 수평(좌우방향, Roll)과 수직(위아래방향, Pitch) 정보를 실시간으로 제공함으로써 안전한 시술이 가능하도록 한다.

이 정보에 추가로 압력센서를 이용한 압력정보를 제공함으로써 시술시 피시술자에게 전달되는 압력이 기준치[10] 이상일 경우 소리와 진동의 형태로 알려줌으로써 과도한 압력으로 인한 천공이나 출혈 등의 의료사고 예방에 도움을 준다.

### V. 결 론

기존의 내시경 시술은 시술자의 경험과 감각 및 숙련도에 의존하여 진행이 되기 때문에 천공 및 출혈 등의 의료사고 가능성이 높다.

현재 상용화되어 널리 사용되고 있는 가속도, 자이로, 압력센서를 의료용 내시경 장비에 적용하여 시술자에게 내시경 장비 선단부의 좌우(Roll)/상하(Pitch) 위치를 내시경장비의 모니터에 영상과 같이 표시해 주고, 선단부가 받은 압력이 기준치 이상일 때 소리와 진동으로 경고해 줌으로써 천공 및 출혈 등의 의료사고 가능성을 줄일 수 있다.

### 참고문헌

- [1] Korea Central Cancer Registry, National Cancer Center. "Annual report of cancer statistics in Korea in 2012", Ministry of Health and Welfare, 2014
- [2] World Health Organization, Geneva, Switzerland: "World Cancer Report 2014.", International Agency for Research on Cancer, WHO Press, 2015
- [3] Oh JE, Shim SG, "Colonoscopic Perforation; A 10-year Experience in Single General Hospital", Korean J Gastroenterol. 2009 Dec;54(6):371-376. Korean
- [4] Mark Pedley, Freescale Semiconductor, "Tilt Sensing Using a Three-Axis Accelerometer", AN3461, Rev.6, 03/2013.
- [5] Hyung-Chul Lee, "Real-time endoscopic image orientation correction system using accelerometer and gyrosensor", Biomedical Engineering, Medicine. The Graduate School Seoul National University, 2013
- [6] Min Kim, Gi-Sik Byun, Gwan-Hyung Kim, "Quad-rotor Robust Controller Design for Autonomous Flight", Journal of Korea Institute of Information and Communication Engineering, Spring Meeting, p.539-540, 2012.
- [7] InvenSense Inc., "Motion Sensors Introduction", Rev.1.0 06/26/2012.
- [8] Sudaek Kim, Gyeongdong Baek, Taerim Kim, Sungshin Kim, "Performance Enhancement of Attitude Estimation using Adaptive Fuzzy-Kalman Filter", Journal of Korea Institute of Information and Communication Engineering, vol.15, no.12, p.2511-2520, 2011.
- [9] HK, Min. "Design of Complementary Filter using MEMS-type Gyroscope and Accelerometer", The Graduate School of Changwon University, 2011.
- [10] Appleyard, Mark N. ; Mosse, Charles A. ; Mills, Timothy N. ; Bell, G.Duncan ; Castillo, Fortunato D. ; Swain, C.Paul; "The measurement of forces exerted during colonoscopy", Gastrointestinal endoscopy v.52 no.2, pp.237 - 240, 2000, 0016-5107.