

논문 2007-44SC-5-5

초음파 거리를 이용한 캡슐 내시경의 위치 및 자세각 추정

(Position and Attitude Estimation of a Capsule Endoscope based on Ultrasonic Ranging)

김은정*, 김명유*, 김덕기*, 김용대**, 유영갑**

(Eunjong Kim, Myungyu Kim, Deokki Kim, Yong-dae Kim, and Younggap You)

요약

본 논문은 초음파 거리를 이용하여 캡슐 내시경의 3차원 위치 추정 방법과 자세각을 측정하는 방법을 제시하였다. 인체의 불규칙한 초음파 전달 특성들에 의해 발생하는 측정 에러를 줄이기 위해서 제안된 트래킹 시스템은 초음파센서들을 사용하였다. 캡슐 내시경과 바인더 시스템까지의 거리 정보를 이용하여 캡슐 내시경의 3-D 위치 정보와 자세 정보를 추적하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 Matlab으로 랜덤 오차를 포함하여 시뮬레이션 하였다. 3-D 위치 추정 결과는 평균오차 0.8mm, 자세 추정 결과는 평균 오차 0.2°의 결과를 얻었다. 캡슐 내시경의 위치 정보와 자세 정보를 이용하여 의사들이 정확한 발병 위치를 진단 할 수 있도록 하였다.

Abstract

This paper presented a location and attitude estimation scheme of a capsule endoscope based on ultrasonic ranging. The scheme comprised eight on-capsule ultrasonic sensors to alleviate measurement errors due to irregularities in human body ultrasonic characteristics. It calculated the coordinate values and angles in a Cartesian coordinate system. The Matlab simulation reflecting random errors yielded the average deviations of 0.8mm in the location and 0.2° in the attitude angle. These values are far smaller than normal intestine movement ranges inside human body, and will contribute accurate diagnosis of intestine.

Keywords: capsule endoscope, localization, orientation, ultrasonic sensor

I. 서론

캡슐 내시경은 소장내의 질병 여부를 진단할 수 있다^[1-2]. 캡슐 내시경은 고통 없이 식도를 지나 소장까지 도달할 수 있고, 전체 내장을 이동하면서 사진을 찍어 내장 벽면의 이미지 데이터를 전송한다^[3-5].

캡슐 내시경을 이용한 진단을 완전하게 하기 위한 많

은 방법들이 연구되어왔다. S. Pongnumkul은 캡슐 내시경진단에 걸리는 시간을 단축시키기 위해 캡슐 내시경에서 촬영된 데이터들을 2차원 평면 이미지로 재구성하는 방법을 제안하였다^[6]. 캡슐의 위치 및 각도 추적을 정확한 발병 위치를 확인하기 위해 필요하다. 캡슐 이미지 자체만으로 캡슐의 위치를 추적하기는 어렵다. 첫 번째 상용 캡슐 내시경인 M2A는 캡슐의 2차원 위치 좌표를 제공한다^[7]. 대부분의 내시경 위치추적 방법은 캡슐내에 임베드된 전자석을 사용하여 자기장의 세기를 이용한다^[7-8]. 마그네틱 위치 추적 방법은 캡슐 내시경의 pitching와 yawing의 값을 정확하게 구할 수 있으나 rolling 값을 추정하기 어렵다는 단점을 갖는다^[7-8].

본 논문은 초음파를 이용한 캡슐 내시경 위치 추적 방법을 제안한다. 이 방법은 캡슐 내시경의 위치를 3차

* 학생회원, ** 정회원, 충북대학교 정보통신공학과 컴퓨터정보통신 연구소
(Dept. of Computer and Communication Engineering and Research Institute for Computer and Information Communication, Chungbuk National University)

※ 이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임
접수일자: 2006년9월26일, 수정완료일: 2007년7월18일

원으로 추적할 뿐만 아니라 캡슐 카메라의 자세각까지 추적 가능하다. 제안된 캡슐 내시경의 위치 추적 시스템은 인체 외부의 바인더시스템, 호스트 PC 시스템 그리고 캡슐 내시경으로 구성된다. 캡슐 내시경은 바인더 시스템으로부터 초음파를 수신하면 RF 신호로 응답한다. 두 신호들간의 차이를 이용하여 초음파 신호의 수신거리를 결정한다. 이 수신거리를 이용하여 캡슐 내시경의 위치와 캡슐 카메라의 각도를 결정한다. 제안된 위치 추적 방법은 자기장의 크기를 이용한 위치 추적 방법에 비해 정확한 질병의 위치를 추적할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장은 초음파센서를 이용한 트래킹 시스템의 구조를 설명한다. III장은 인체내의 캡슐 내시경의 3차원 위치추적 방법을 기술한다. IV장은 캡슐 내시경의 이동을 고려하여 캡슐 카메라의 앵글을 구하는 방법을 기술한다. V장은 실험결과를 보이며 이 결과를 통해 VI장에서 결론을 내린다.

II. 초음파 센서를 이용한 트래킹 시스템 구조

본 장은 초음파센서를 이용한 트래킹 시스템의 구조를 설명한다. 제안된 시스템은 인체내의 캡슐로부터 인체 외부의 바인더 시스템까지의 거리를 측정한다. 캡슐 내시경의 위치 데이터는 캡슐 카메라에 의해 촬영된 이미지와 링크된다. 이 링크된 데이터는 질병의 정확한 진단을 가능하게 한다.

인간의 소장은 그림 1에서 나타난 것처럼 십이지장, 공장, 회장으로 구성되며 약 6미터 길이에 이른다. 성인의 경우 소장의 평균 직경은 약 20mm이다. 소장은 소화와 흡수작용을 위해 끊임없이 움직인다. 이 움직임은 캡슐 내시경의 이동에 영향을 미치게 된다. 초음파 센서는 캡슐 내시경의 위치와 캡슐 카메라의 자세각을 측정한다.

제안된 시스템은 그림 1에서 보여지듯이 온-보드 트래킹 모듈, 인체외부의 바인더시스템 그리고 호스트 컴퓨터로 구성된다. 바인더 시스템은 8개의 초음파 발생기를 가지며 1번 초음파 발생기로부터 순차적으로 초음파를 발생시킨다. 온보드 트래킹 모듈은 바인더 시스템으로부터 초음파신호를 받자마자 RF 신호를 출력한다. 바인더시스템은 캡슐 내시경으로부터 RF 신호를 받아 캡슐 내시경의 수신기와 바인더 시스템의 초음파 발생기까지의 거리를 계산한다. 계산된 거리정보는 호스트 컴퓨터로 전송된다. 호스트 컴퓨터는 각 초음파 발생기로부터 캡슐 내시경까지의 거리 정보를 받아 캡슐 내시

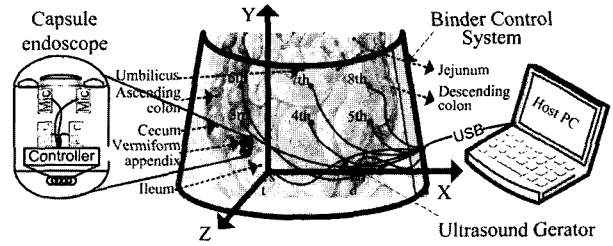


그림 1. 캡슐 내시경과 바인더 시스템의 구조
Fig. 1. The architecture of the capsule endoscopy and the binder control system.

경의 3차원 위치 좌표 및 캡슐 카메라의 각도를 결정한다. 이 정보는 캡처된 이미지 정보와 링크시켜 진단에 사용하도록 한다.

III. 위치추정 방법

본 절은 캡슐 내시경의 위치를 추적할 수 있는 방법을 제시한다. 트래킹 모듈에 있는 각 초음파 센서는 바인더 시스템에서 보내진 초음파 신호를 사용해 거리를 측정한다. 호스트 PC는 각 센서의 거리를 사용해 캡슐의 위치를 추정한다. 바인더 시스템은 순차적으로 초음파 신호를 보내주고 동시에 카운터를 동작 시킨다. 캡슐 내시경의 초음파 수신기는 ID와 감지 여부를 RF신호를 통해 바인더 시스템에 알려준다. 바인더 시스템은 RF신호를 감지하여 메모리상의 해당 위치에 카운터의 값을 저장한다. 바인더 시스템은 1~8번 초음파 발생기까지 신호를 보내주면 1 frame의 카운터 데이터가 갖게 된다. 카운터 데이터를 이용하여 거리를 측정한다. 초음파를 이용한 3D 위치 추적 방식은 측정하는 거리 값에 의존한다. 식(1)처럼 거리의 값은 초음파의 속도에 비례하는 값을 갖는다. 초음파의 속도는 주변의 온도, 밀도, 압력의 크기에 영향을 받는다. 인체 내의 환경 조건에서, 초음파 속도는 1625m/s로 S. G. Patil[9]에 의해 연구되었고, 초음파 거리 측정 방법은 G. Hueber^[10-11]와 M. S. Park^[16]에 의해 연구되었다. 초음파를 이용하여 거리 측정은 송수신 분리형 초음파 거리계를 이용한다. 거리 측정 방법을 식(1)로 정의한다.

$$L = t \times v_{uv} (v_{uv} = \sqrt{KP/\rho} [m/s] = 1625m/s) \quad (1)$$

T=초음파 지연시간, v_{uv} =인체내 초음파 속도,

K=비열율, P=압력 ρ =밀도

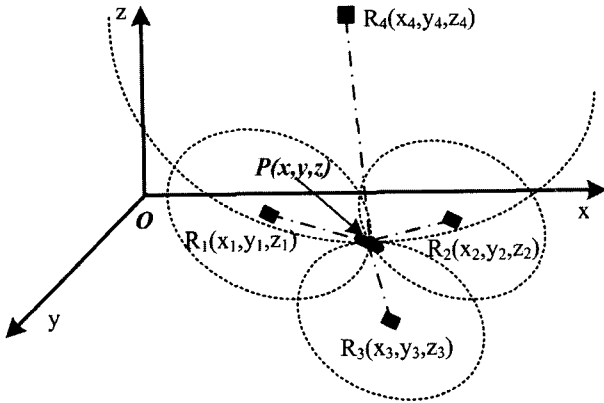


그림 2. 네 개의 수신기를 이용한 3차원 위치 추정 방법

Fig. 2. A three dimensional location method using four receivers.

캡슐의 3차원 위치를 추적하기 위해서는 그림 3과 같이 4개의 수신기가 필요하다. 식 (1)에 의해 나온 거리 측정 값을 이용하여 캡슐 내시경의 3D 위치를 계산한다.

3D좌표 값을 구하기 위해 구의 방정식 식(2)을 이용하였다. (x_i, y_i, z_i) 의 값은 초음파를 발생한 발신기의 좌표를 의미한다. $r_i - r_{ie}$ 의 값은 실제 측정된 값으로 r_i 는 i 번째 초음파 발생기로부터 캡슐까지의 거리를 나타내며, r_{ie} 는 측정 시 오차 값을 포함한 값이다. 4개의 발신기에서부터 1개의 수신기까지의 거리를 이용하여 4개의 구의 방정식을 구할 수 있다.

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 = (r_i - r_{ie})^2 \quad (2)$$

$$(i = 1, 2, 3, 4)$$

이 4개의 방정식을 연립하여 계산하면 식(3)의 결과와 같다. 캡슐의 3D 위치 값을 식(3)을 이용하여 계산한다. 4개의 구의 방정식은 바인더 시스템의 발신기 4개 좌표와 캡슐 내시경의 수신기 하나의 관계를 이용하여 얻어진다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} (x_2 - x_1) & (y_2 - y_1) & (z_2 - z_1) \\ (x_3 - x_2) & (y_3 - y_2) & (z_3 - z_2) \\ (x_4 - x_3) & (y_4 - y_3) & (z_4 - z_3) \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} (T_2 - T_1) \\ (T_3 - T_2) \\ (T_4 - T_3) \end{bmatrix} \quad (3)$$

여기서

$$T_i = (r_i - r_{ie})^2 + x_i^2 + y_i^2 + z_i^2, \quad (i = 1, 2, 3, 4)$$

IV. 자세각 추정 방법

본 절은 캡슐의 자세각을 추정하는 방법을 제시한다. 캡슐은 삼켜진 후 검사하는 동안 1초에 2장의 영상을 촬영한다. 촬영된 영상은 소장의 연동운동으로 인해 캡슐 내시경이 기울거나 움직여 불규칙적인 카메라 자세를 갖는다. 캡슐의 자세정보는 이미지를 보정하기 위해서 없어서는 안될 정보이다. pitching, yawing, rolling의 값을 측정하기 위해 그림 3과 같이 좌표축을 정의한다. 자세 정보가 0°인 경우는 수신기의 x, y, z의 좌표가 각각 1번부터 4번 수신기까지 (0, 0, 0), (20, 0, 0), (0, 0, 20), (0, 20, 0)이다. 1번 수신기와 2번 수신기를 연결한 직선을 n축, 1번 수신기와 4번 수신기를 연결한 직선을 o축, 1번 수신기와 3번 수신기를 이은 a축으로 정의한다.

식(4)는 xyz-직각좌표계를 기준으로 n, o, a의 좌표축을 표현하는 방식이다. 'F' 벡터의 n, o, a 성분은 xyz-직각좌표계에서 n, o, a 좌표축의 방향을 표시한 단위 방향 벡터이다. P성분은 translation 양으로 스칼라 벡터이다.

$$F = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & P_x \\ n_y & o_y & a_y & P_y \\ n_z & o_z & a_z & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

그림 4에서는 rolling, pitching, yawing를 정의하였다. Rolling은 \bar{a} -축을 기준으로 회전한 각도를 의미한다. Pitching은 \bar{o} -축을 기준으로 회전한 각도를 의미한다. Yawing은 \bar{n} -축을 기준으로 회전한 각도를 의미한다.

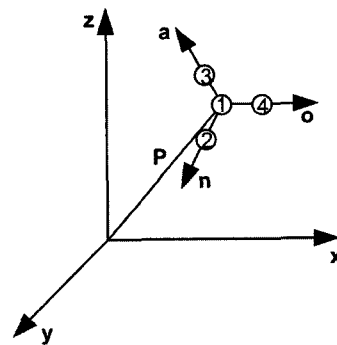


그림 3. 공간 속에 움직이는 좌표계의 표현
Fig. 3. Representation of a frame in a fixed frame.

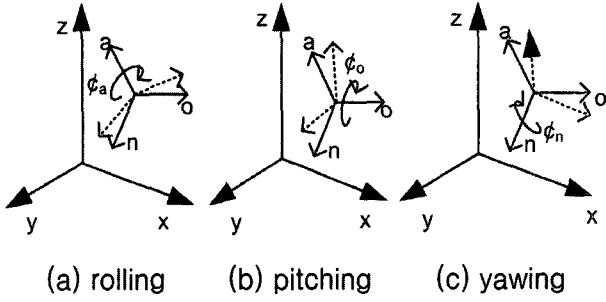


그림 4. 캡슐 내시경의 자세각
Fig. 4. The capsule attitudes: (a) rolling; (b) pitching; (c) yawing.

식 (5)는 캡슐 내시경이 Rolling, Pitching 그리고 yawing 값을 (ϕ_a, ϕ_o, ϕ_n) 값을 때 3D 공간에서 각 축에 대한 회전변환의 곱과, 원점에서 (P_x, P_y, P_z) 의 위치 값을 갖을 때 행렬의 조합으로 만들어 졌다. 앞으로 식(5)는 $F[n,m]$ 으로 표시한다, n과 m은 식 (5) 행렬의 행과 열을 각각 의미한다. C는 코사인을 의미하고, S는 사인을 의미한다.

$$\begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & P_x \\ n_y & o_y & a_y & P_y \\ n_z & o_z & a_z & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C\phi_a C\phi_o & C\phi_a S\phi_o S\phi_n - S\phi_a C\phi_n & C\phi_a S\phi_o C\phi_n + S\phi_a S\phi_n & P_x \\ S\phi_a C\phi_o & S\phi_a S\phi_o S\phi_n + C\phi_a C\phi_n & S\phi_a S\phi_o C\phi_n - C\phi_a S\phi_n & P_y \\ -S\phi_a & C\phi_a S\phi_n & C\phi_a C\phi_n & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

우리는 $F[n,m]$ 을 이용하여 Rolling, Pitching 그리고 yawing의 관계식을 유도하기 위해 다음 식과 같은 역행렬의 성질을 이용하였다.

$$RPY(0, \Phi_o, \Phi_n) = Rot(\Phi_a)^{-1} \cdot RPY(\Phi_a, \Phi_o, \Phi_n)$$

Rolling, Pitching 그리고 yawing 계산식은 inverse kinematic 방식을 이용하여 식 (5)를 정리하여 얻는다 [12]

$$Rolling(\phi_a) = -\arctan\left(\frac{F[1,2]}{F[1,1]}\right) = \arctan\left(\frac{n_y}{n_x}\right) \quad (6)$$

$$Pitching(\phi_o) = -\arctan\left(\frac{n_x C\phi_a + n_y S\phi_a}{-n_z}\right) \quad (7)$$

$$yawing(\phi_n) = -\arctan\left(\frac{o_y C\phi_a + o_x S\phi_a}{-a_y C\phi_a + a_x S\phi_a}\right) \quad (8)$$

Rolling, Pitching 그리고 yawing 값은 식(4)의 모든 성분 값을 알아야 적용 가능하다. 1번 수신기의 좌표는

translation의 값이다. 식(9)를 이용하여 남은 3개의 수신기의 좌표를 translation한다.

$$\begin{bmatrix} P'_x \\ P'_y \\ P'_z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -P_{ax} \\ 0 & 1 & 0 & -P_{ay} \\ 0 & 0 & 1 & -P_{az} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

변환한 1번 수신기 좌표는 xyz 직각 좌표계의 원점과 일치한다. 원점으로 이동한 평면의 벡터 성분은 임의의 크기와 방향을 갖는다. 우리는 이 벡터 성분의 크기로 벡터를 나누어 단위 벡터를 얻을 수 있다.

V. 실험

본 절은 앞에서 제안한 위치 추정 및 자세각을 추정하는 방법을 시뮬레이션 하였다, Matlab 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션의 조건은 표1과 같다. 시뮬레이션 환경에서 캡슐 내시경 크기, 측정 시 거리 오차는 실제 모델에 비해 크게 가정하였다. Tx I는 i번째 초음파 송신기를 나타낸다. 실제 캡슐 내시경에서 생긴 오차는 시뮬레이션 환경에서 크기가 크게 가정된 캡슐 내시경으로부터 얻어진 오차를 초과하지 않는다.

그림 5는 캡슐 내시경의 3D 위치 측정 결과이다. 실제 캡슐 내시경의 위치는 (500, 250, 350)이다. 시뮬레이션 결과, x,y,z의 좌표는 (500, 250, 350)의 주변에서 최대 오차 (-11.82, -18.13, -1.75)의 결과를 얻었다. 평균 오차는 (0.63, -0.76, -0.06)의 결과를 얻었다.

그림 6은 캡슐 내시경의 자세 정보를 시뮬레이션 하였다. Pitching, yawing, rolling의 실제 값은 (45°, -60°,

표 1. 실험 환경

Table 1. Simulation condition (unit : mm).

Simulation parameter	x maximum scale : 1000 y maximum scale : 1000 z maximum scale : 1000
Ultrasonic Transmitter coordinates	Tx 1 : (0,0,0) Tx 2 : (300, 150, 250) Tx 3 : (650, 400, 750) Tx 4 : (1000,600,500)
Capsule Endoscope size	Radius : 70
Absolute distance error	±10

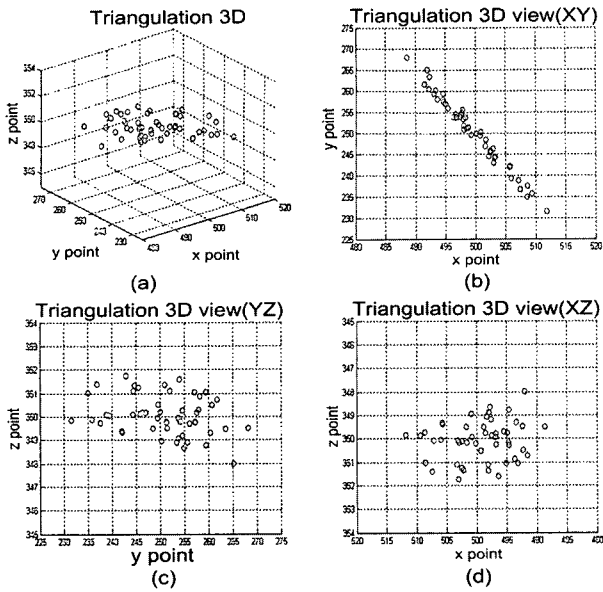


그림 5. 캡슐 내시경의 3차원 위치 추정 시뮬레이션 결과 (단위: mm)

(a) 3차원에서의 위치 (b) x-y 평면에서의 위치 (c) y-z 평면에서의 위치 (d) x-z 평면에서의 위치

Fig. 5. The simulation results on the capsule location (unit: mm): (a) position axis in the 3D space; (b) position axis in the x-y plane; (c) position axis in the y-z plane; (d) position axis in the x-z plane.

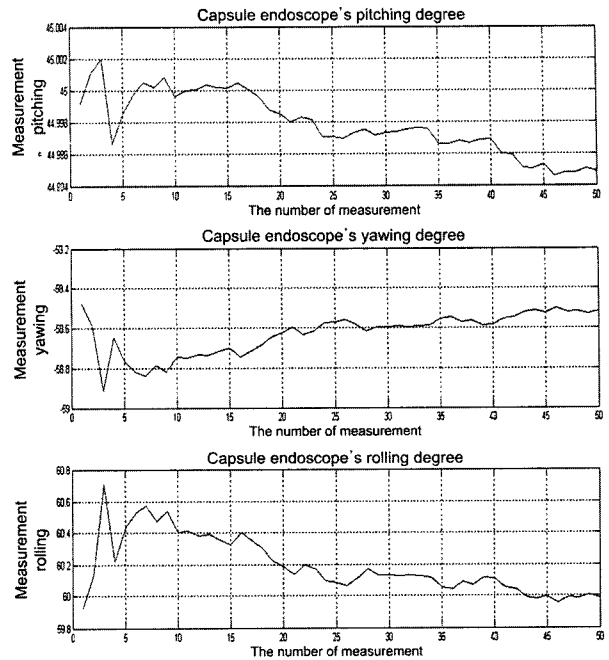


그림 7. Pitching, yawing, rolling의 평균값

Fig. 7. Average of pitching, yawing and rolling.

표 2. 측정 횟수에 따른 자세각의 평균값

Table 2. Average attitude data based on the number of measurement.

Content	Real Angle	Number of measurement			
		5	10	15	20
Pitching	45°	45°	45°	45°	45°
Yawing	-60°	-58.76°	-58.70°	-58.70°	-58.62°
Rolling	60°	60.44°	60.41°	60.33°	60.19°

수 5회의 평균오차는 0.2°이내의 값을 갖는다. 표2는 측정 횟수에 따른 자세각의 평균값을 나타낸다.

VI. 결 론

본 논문은 초음파 센서를 이용하여 인체내의 캡슐 내시경의 3차원 위치 측정 및 자세를 측정하는 방법을 제시하였다. 제안된 방법으로 캡슐 내시경의 3-D 좌표 및 자세각 정보인 pitching, yawing, rolling의 값을 구할 수 있다. 실제 캡슐 내시경보다 약 7배 정도 큰 캡슐 내시경 Mock-up을 이용하여 실험하였다. 제안된 방법으로 캡슐 내시경의 위치 측정시 최대 오차는 x, y, z 각각 -11.82, -18.13, -1.75이었다, 자세각 pitching, yawing, rolling 측정시 최대 오차는 0.07°, 2.12°, 3.06°

그림 6. 자세각 추정 시뮬레이션 결과

Fig. 6. The simulation results on the attitude angles.

60°)이다. 우리는 거리에 대한 오차를 절대 오차로 ±10mm일 때의 값으로 가정하여 자세 정보를 측정하였다. 시뮬레이션 결과 그림6과 같이 pitching, yawing, rolling의 최대 오차는 pitching의 경우 0.07°, yawing의 경우 2.12°, rolling의 경우 3.06°으로 나타났다.

그림 7의 시뮬레이션 결과는 pitching, yawing, rolling의 평균값을 나타낸다. 시뮬레이션 결과 측정 횟

이었다. 자세각 측정시 정확성을 높이기 위해 5회의 측정 후 평균값을 구하였다. 0.2°이내의 정확한 결과 값을 얻을 수 있었다. 정확한 위치 및 각도의 예측은 정확한 질병 위치를 알 수 있고, 약물 투여 및 샘플 채취의 역할도 수행 가능하게 한다. 또한, 카메라의 촬영 포즈를 예측할 수 있기 때문에 캡슐 내시경에서 촬영한 사진을 이용하여 좀 더 빠른 진단을 위한 영상 재구성이 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] G. Iddan, G. Meron, A. Glukhovsky, and P. Swain, "Wireless capsule endoscopy," *Nature*, vol. 405, pp. 417-420, May 2000.
- [2] G. G. Ginsberg, A. N. Barkun, J. J. Bosco, G. A. Isenberg, C. C. Nguyen et al. "Wireless capsule endoscopy," *Gastrointestinal Endoscopy*, vol. 56, no. 5, pp. 621-624, Nov. 2002.
- [3] T. B. Tang, E. A. Johannessen, L. Wang, A. Astaras, M. Ahmadian, A. F. Murray, J. M. Cooper, S. P. Beaumont, B. W. Flynn, and D. R. S. Cumming, "Toward a miniature wireless integrated multisensor microsystem for industrial and biomedical application," *IEEE Sensors Journal*, vol. 2, no. 6, pp. 628-635, Dec. 2002.
- [4] H. J. Park, J. C. Park, J. H. Lee, Y. K. Moon, B. S. Song, C. H. Won, H. C. Choi, J. T. Lee, and J. H. Cho, "New method of moving control for wireless endoscopic capsule using electrical stimulus," *Proc. of Int'l Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Comm.*, pp. 7E1L-1-1-7E1L-1-4, 2004.
- [5] R. Shahidi, M. R. Bax, C. R. Maurer, J. A. Johnson, E. P. Wilkinson, B. Wang, J. B. West, M. J. Citardi, K. H. Manwaring, and R. Khadem, "Implementation, calibration and accuracy testing of an image-enhanced endoscopy system," *IEEE Trans. on Medical Imaging*, vol. 21, no. 12, pp. 1524-1535, Dec. 2002.
- [6] S. Pongnumkul, R. Sagawa, T. Echigo, and Y. Yagi, "Deformable registration for generating dissection image of an intestine from annular image sequence," *CVIBA 2005 LNCS 3765*, pp. 271-280, 2005.
- [7] C. Hu, M. Q. Meng, M. Mandal, "Efficient magnetic localization and orientation technique for capsule endoscopy," *Intelligent Robot and System*, pp. 628-633, Aug. 2005.
- [8] X. Wang and M. Q. H. Meng, "Study of a position and orientation tracking method for wireless capsule endoscope," *Int'l Journal of Information Acquisition*, vol. 2, no. 2, pp. 113-121, 2005.
- [9] S. Patil and Y. Zheng, "Measurement of ultrasound speed in articular cartilage under variable conditions," *Proc. 26th Annual International Conference of IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS)*, pp. 1341-1344, Sept. 2004.
- [10] T. T. R. and R. "New approach of ultrasonic distance measurement technique in robot applications," *Proc. 5th International Conference on Signal Processing*, pp. 2066-2069, Aug. 2000.
- [11] M. S. Sang, S. Y. Na, "A study on the temperature compensation in distance measurement using ultrasonic sensors," *The Journal of IEEK*, vol. 10, no. 1, pp. 25-28, Jan. 1995.
- [12] A. Chaehoi, N. Dumas, F. Mailly, L. Latorre, P. Nouet, "Absolute pitch, roll and yaw measurement on CMOS," *Proc. IEEE Sensors 2005*, pp 133-136, Oct .2005.

저 자 소 개



김 은 정(학생회원)
 2005년 충북대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.
 2007년 충북대학교 정보통신 공학과 석사 졸업.
 2007년 현재 코아로직 (주) 연구원.

<주관심분야 : 디지털 회로설계, 컴퓨터 비전, 의 공학, 의학영상처리>



김 덕 기(학생회원)
 2006년 충북대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.
 2007년 현재 충북대학교 정보통신 공학과 석사과정.

<주관심분야 : 디지털 회로설계, 컴퓨터 비전, 의공학, 의학영상처리, Location tracking>



김 명 유(학생회원)
 2006년 충북대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.
 2007년 현재 충북대학교 정보통신 공학과 석사과정.

<주관심분야 : Computer arithmetic, ASIC 설계, 암호 시스템>



김 용 대(정회원)
 1990년 충북대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.
 1993년 충북대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업

1989년~1998년 신홍기술연구소 팀장.

2006년 충북대학교 정보통신공학과 박사 수료.
 2006년~현재 임베디드 솔루션 (주) 연구 팀장.
 <주관심분야 : Computer arithmetic, ASIC 설계, 암호 시스템>



유 영 갑(정회원)
 1975년 서강대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1975년~1979년 국방과학연구소 연구원.

1981년 Univ. of Michigan, Ann Arbor 전기전산학과 공학석사 졸업.

1986년 Univ. of Michigan, Ann Arbor 전기전산학과 공학박사 졸업.

1986년~1988년 금성반도체 (주) 책임 연구원.
 1993년~1994년 아리조나 대학교 객원교수.
 1998년~2000년 오레곤 주립대학교 교환교수.
 1988년~현재 충북대학교 정보통신공학과 교수.
 <주관심분야 : VLSI 설계 및 테스트, 고속인쇄회로 설계, 암호학>