



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2017년01월25일  
 (11) 등록번호 10-1700034  
 (24) 등록일자 2017년01월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*A61B 1/04* (2006.01) *A61B 1/00* (2017.01)  
 (52) CPC특허분류  
*A61B 1/041* (2013.01)  
*A61B 1/00009* (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2015-0086793  
 (22) 출원일자 2015년06월18일  
 심사청구일자 2015년06월18일  
 (65) 공개번호 10-2016-0149590  
 (43) 공개일자 2016년12월28일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2004106456 A

(73) 특허권자  
 금오공과대학교 산학협력단  
 경상북도 구미시 대학로 61 (양호동)  
 (72) 발명자  
 신수용  
 경상북도 구미시 고아읍 들성로 126, 105동 805호(원호푸르지오아파트)  
 모하마드 이르판  
 경상북도 구미시 거양길 17, 시동 206호(거의동, 프라임비발디)  
 오카 다닐 사푸트라  
 경상북도 구미시 대학로 61 (양호동)  
 (74) 대리인  
 특허법인이름리온, 특허법인리온

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 이재균

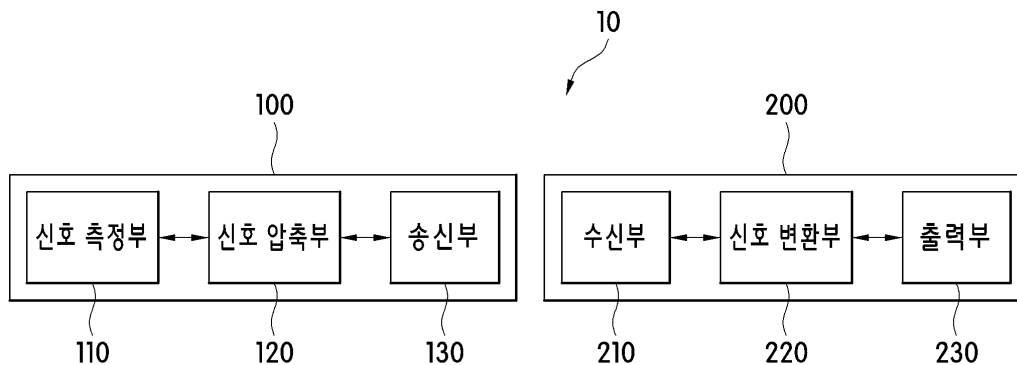
(54) 발명의 명칭 **무선 캡슐 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법**

**(57) 요약**

무선 캡슐 내시경 시스템에 있어서, 무선 캡슐 내시경; 및 체외 센서;를 포함하되, 상기 무선 캡슐 내시경은 압축 센싱을 이용하여 압축된 측정 신호를 상기 체외 센서로 전송하고, 상기 체외 센서는 상기 무선 캡슐 내시경에서 전송된 상기 압축된 측정 신호에 경로 손실 효과 또는 노이즈를 보정하여 보정 신호를 생성하고, 상기 보정 신호를 상기 압축된 측정 신호에 반영하여 신호를 복원하는 것을 특징으로 하는 무선 캡슐 내시경 시스템이 제공된다.

본 발명의 무선 캡슐 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법은, 무선 캡슐 내시경을 이용하여 인체 내의 영상을 촬영하고, 촬영된 영상 신호를 압축할 수 있는 압축 센싱(Compressive sensing; CS) 기술을 이용하여 외부 장치로 영상 신호를 전송할 수 있어, 무선 캡슐 내시경의 소비 전력을 감소시킬 수 있다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

**A61B 1/00016** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NIPA-2014-H7501-14-1002

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신산업진흥원

연구사업명 ICT융합 고급인력과정 지원사업

연구과제명 글로벌 ICT융합 연구개발형 전문 인력 양성

기 여 율 1/1

주관기관 금오공과대학교 산학협력단

연구기간 2015.03.01 ~ 2016.02.28

공지예외적용 : 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

무선 캡슐 내시경 시스템에 있어서,

무선 캡슐 내시경; 및

체외 센서;

를 포함하되,

상기 무선 캡슐 내시경은

N개의 측정 신호를 획득하고, 압축 센싱을 이용하여 상기 N개의 측정 신호를 M개의 신호로 압축하고, 압축된 측정 신호를 상기 체외 센서로 전송하고,

상기 체외 센서는

상기 무선 캡슐 내시경에서 전송된 상기 압축된 측정 신호에 경로 손실 효과 또는 노이즈를 보정하여 보정 신호를 생성하고,

상기 보정 신호를 상기 압축된 측정 신호에 반영하여 신호를 복원하는 것을 특징으로 하는 무선 캡슐 내시경 시스템.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 무선 캡슐 내시경은

ASIC, 전등부, SPAD 및 컨트롤러를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 캡슐 내시경 시스템.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 N은 상기 M보다 큰 것을 특징으로 하는 무선 캡슐 내시경 시스템.

#### 청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 무선 캡슐 내시경은

상기 압축된 측정 신호 전송 시의 전력 사용량, 상기 무선 캡슐 내시경과 상기 체외 센서 사이의 거리를 반영한 전력 사용량, 상기 ASIC의 전력 사용량, 상기 전등부의 전력 사용량, 상기 SPAD의 전력 사용량 및 상기 압축된 측정 신호의 전송에 사용된 전력 사용량 중 적어도 하나를 포함하는 소비 전력을 계산하는 것을 특징으로 하는 무선 캡슐 내시경 시스템.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 체외 센서는 수식을 이용하여 경로 손실 또는 노이즈를 보정하는 것을 특징으로 하는 무선 캡슐 내시경 시스템.

수식

$$y = ya + n$$

( $Y$ 는 보정 신호,  $y$ 는 압축 신호,  $a$ 는 경로 손실 효과,  $n$ 은 AWGN에 의한 노이즈)

### 청구항 6

무선 캡슐 내시경 시스템의 신호 압축 전송 방법에 있어서,

상기 무선 캡슐 내시경에서  $N$ 개의 측정 신호를 획득하고, 압축 센싱을 이용하여 상기  $N$ 개의 측정 신호를  $M$ 개의 신호로 압축하는 단계;

상기 무선 캡슐 내시경에서 체외 센서로 압축된 측정 신호를 전송하는 단계;

상기 체외 센서에서 상기 압축된 측정 신호에 경로 손실 효과 또는 노이즈를 보정하여 보정 신호를 생성하는 단계; 및

상기 체외 센서에서 상기 보정 신호를 상기 압축된 측정 신호에 반영하여 신호를 복원하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 캡슐 내시경 시스템의 신호 압축 전송 방법.

### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 측정된 신호를 압축하는 단계는,

상기  $N$ 은 상기  $M$ 보다 큰 것을 특징으로 하는 무선 캡슐 내시경 시스템의 신호 압축 전송 방법.

### 청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 보정 신호 생성은 하기 수식을 이용하여, 경로 손실 또는 노이즈를 보정하는 것을 특징으로 하는 무선 캡슐 내시경 시스템의 신호 압축 전송 방법.

수식

$$y = ya + n$$

( $Y$ 는 보정 신호,  $y$ 는 압축 신호,  $a$ 는 경로 손실 효과,  $n$ 은 AWGN에 의한 노이즈)

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 무선 캡슐 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법에 관한 것으로, 특히, 무선 캡슐 내시경에서 측정된 신호를 압축하여 전송할 수 있는 무선 캡슐 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 내시경은 본래 수술을 하거나, 부검을 하지 않고서는 직접 병변을 볼 수 없는 장기를 관찰하도록 고안된 인체 삽입형 의료기구이다.

[0003] 그러나, 내시경은 검사에 따르는 고통과 불쾌감 등으로 인하여 많은 환자들이 내시경 검사를 회피하고 있고, 이에 대신하여 약물 치료 등을 받으려는 경우가 있다.

[0004] 특히, 지금까지 내시경은 많은 진단과 검사에 사용되어 왔음에도 불구하고, 도관의 크기 및 강성으로 인하여 환

자와 의료진에게 여러 가지 불편함을 주었다.

- [0005] 이에 따라, 최근에는 내시경의 여러 단점을 보완한 캡슐 타입의 내시경이 개발되어 의료 현장에서 여러 질병들을 진단하는데 사용되고 있다.
- [0006] 캡슐 타입의 내시경 즉, 캡슐 내시경은 복용 가능한 캡슐 크기의 내시경으로서 인체의 구강을 통해 삼켜져 인체의 체강 중 어느 하나인 소화기관의 운동 연동에 따라 이동하면서, 소화기관 이미지를 촬영한 후에 그 촬영된 영상 정보를 무선 통신을 통해 외부 장치에 전송하는 것이다.
- [0007] 그런데 이러한 캡슐 내시경은 초소형이어서 인체 내 소화기관의 연동 운동에 따라 움직이면서 수 만장에서 수십 만장의 피검체 영상을 촬영한다.
- [0008] 이렇게 캡슐 내시경에서 촬영된 영상은 외부 장치로 전송되지만, 이때, 촬영한 영상을 외부로 전송할 때 많은 전력이 사용된다.
- [0009] 따라서, 이러한 캡슐 내시경은 인체 내에 머무는 시간 동안 전력 소비가 커서, 인체 내에 머무는 시간 동안 작동을 위한 충분한 용량의 배터리가 설계될 필요가 있고, 그에 따라 배터리가 대형화되고 캡슐 내시경도 대형화되는 문제가 있게 된다.
- [0010] 따라서 캡슐 내시경에서 촬영한 영상 정보를 외부 장치로 전송시 전력을 덜 사용하는 기술이 요구되고 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0011] 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 무선 캡슐 내시경이 촬영한 영상 신호를 압축하여 외부로 전송함으로써, 무선 캡슐 내시경의 사용 전력을 감소시킬 수 있는 무선 캡슐 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법을 제공하고자 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 위와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 측면에 따르면, 무선 캡슐 내시경 시스템에 있어서, 무선 캡슐 내시경; 및 체외 센서;를 포함하되, 상기 무선 캡슐 내시경은 압축 센싱을 이용하여 압축된 측정 신호를 상기 체외 센서로 전송하고, 상기 체외 센서는 상기 무선 캡슐 내시경에서 전송된 상기 압축된 측정 신호에 경로 손실 효과 또는 노이즈를 보정하여 보정 신호를 생성하고, 상기 보정 신호를 상기 압축된 측정 신호에 반영하여 신호를 복원하는 것을 특징으로 하는 무선 캡슐 내시경 시스템이 제공된다.
- [0013] 상기 무선 캡슐 내시경은 ASIC, 전동부, SPAD 및 컨트롤러를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0014] 상기 무선 캡슐 내시경은 N개의 측정 신호를 M개의 압축 신호로 변환하되, N>M인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0015] 상기 무선 캡슐 내시경은 상기 무선 캡슐 내시경의 소비 전력을 계산하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0016] 상기 체외 센서는 수식을 이용하여 경로 손실 또는 노이즈를 보정하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0017] 수식
- [0018] 
$$y = ya + n$$
- [0019] (Y는 보정 신호, y는 압축 신호, a는 경로 손실 효과, n은 AWGN에 의한 노이즈)
- [0020] 무선 캡슐 내시경 시스템의 신호 압축 전송 방법에 있어서, 무선 캡슐 내시경 시스템의 신호 압축 전송 방법에 있어서, 상기 무선 캡슐 내시경에서 측정된 신호를 압축하는 단계; 상기 무선 캡슐 내시경에서 체외 센서로 압축 신호를 전송하는 단계; 및 상기 전송된 압축 신호에 보정 신호를 적용하여 신호를 복원하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 캡슐 내시경 시스템의 신호 압축 전송 방법이 제공된다.
- [0021] 상기 측정된 신호를 압축하는 단계는, N개의 측정 신호를 M개의 신호로 변환하는 것으로, 이때 N>M 인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0022] 상기 보정 신호 생성은 수식을 이용하여, 경로 손실 또는 노이즈를 보정하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0023] 수식

[0024] 
$$Y = \alpha a + n$$

[0025] ( $Y$ 는 보정 신호,  $Y$ 는 압축 신호,  $\alpha$ 는 경로 손실 효과,  $n$ 은 AWGN에 의한 노이즈)

**발명의 효과**

[0026] 본 발명의 무선 캡슐 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법은, 무선 캡슐 내시경을 이용하여 인체 내의 영상을 촬영하고, 촬영된 영상 신호를 압축할 수 있는 압축 센싱(Compressive sensing; CS) 기술을 이용하여 외부 장치로 영상 신호를 전송할 수 있어, 무선 캡슐 내시경의 소비 전력을 감소시킬 수 있다.

[0027] 또한, 본 발명의 무선 캡슐 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법은 압축된 신호의 복원시 신호대잡음비(SNR; Signal-to-noise ratio), 부가 백색 가우스 잡음(AWGN; Additive white Gaussian noise) 및 인체에 기반한 경로 손실을 감안하여 신호를 복원함으로써, 신호의 복원성이 향상될 수 있다.

[0028] 또한, 본 발명의 무선 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법은 압축 센싱 기술을 이용하여 무선 캡슐 내시경의 소비 전력을 절약할 수 있다.

[0029] 또한, 본 발명의 무선 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법은 신호 복원을 위한 처리 시간이 종래의 압축 센싱이 없는 내시경과 비교하여 무선 캡슐 내시경에서 압축 데이터를 전송하여 신호를 복원하기 때문에 더욱 빠른 처리 속도를 제공할 수 있다.

[0030] 또한, 본 발명의 무선 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법은 압축 신호 복원시 경로 손실 및 노이즈 인자를 감안하여 보상하므로 오리지널 신호에 가까운 신호로 복원할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0031] 도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 무선 캡슐 내시경 시스템의 세부 구성을 나타낸다.

도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 무선 캡슐 내시경의 세부 구성을 나타낸다.

도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 무선 캡슐 내시경과 체외 센서에서 신호 송수신시 전력 소비량을 계산하는 방법을 설명한다.

도 4는 본 발명의 한 실시예에 따른 무선 캡슐 내시경 시스템을 이용한 신호 복원 결과를 나타낸다.

도 5는 본 발명의 한 실시예에 따른 무선 캡슐 내시경 시스템의 신호 압축 전송 방법을 나타낸다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0032] 본 발명의 무선 캡슐 내시경 시스템은 무선 캡슐 내시경에서 측정된 신호를 최소의 크기로 압축하는 신호 압축부, 압축된 신호를 전송하는 송신부, 신호를 전송 받는 수신부 및 상기 신호를 복원하는 신호 복원부를 포함하여 구성된다.

[0033] 본 발명의 무선 캡슐 내시경 시스템은 캡슐 내시경에서 측정된 신호를 압축 센싱을 이용하여 압축한 측정 신호를 체외 센서에 전송함으로써 무선 캡슐 내시경의 전력 소모에 큰 영향을 미치는 데이터 전송에 소비되는 전력을 크게 감소시킬 수 있다.

[0034] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 붙였다.

[0035] 이하에서는 도 1 및 도 2를 참조하여, 본 발명에 따른 무선 캡슐 내시경 시스템(10)을 보다 상세히 설명하도록 한다. 도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 무선 캡슐 내시경 시스템의 세부 구성을 나타낸다.

[0036] 본 발명의 한 실시예에 따른 무선 캡슐 내시경 시스템(10)은 크게 사람의 체내를 촬영하는 무선 캡슐 내시경(100) 및 무선 캡슐 내시경으로부터 영상을 수신 받는 체외 센서(200)로 구성될 수 있다.

[0037] 무선 캡슐 내시경(100)은 인체의 체내 영상을 촬영하기 위해 인체의 구강으로 쉽게 투입될 수 있도록 초소형의

캡슐 형태를 갖고 있다. 즉, 본 실시예에서 무선 캡슐 내시경(100)은 캡슐 형상으로 구성되나, 이에 제한되는 것이 아니며, 원통 형상, 사각형 형상 등의 다양한 형상으로 만들어질 수 있다.

[0038] 즉, 무선 캡슐 내시경(100)은 체내에 삽입될 수 있는 캡슐 형태이면 이에 제한되지 않으며, 환자가 무선 캡슐 내시경(100)을 삼키게 되면 무선 캡슐 내시경(100)은 소화기관을 따라 체내 영상을 촬영하게 된다.

[0039] 이러한 무선 캡슐 내시경(100)은 신호 측정부(110), 신호 압축부(120) 및 송신부(130)를 포함할 수 있다.

[0040] 신호 측정부(110)는 인체 내 장기의 신호를 측정하는 요소로서, 신호를 측정할 수 있는 요소이면 크게 제한되지 않으며, 바람직하게는, 신호의 측정은 인체 내의 영상 촬영을 포함할 수 있다.

[0041] 신호 측정부(110)는, 도 2에 도시된 바와 같이, ASIC(111), 전등부(112), SPAD(113) 및 컨트롤러(114)로 구성될 수 있다.

[0042] ASIC(Application-specific integrated circuit, 111)는 주문형 집적회로로서, 예를 들면, 실리콘, 갈륨 아세 나이드(Gallium arsenide), SiC(Silicon carbide) 그래핀 또는 임의의 유기 반도체 물질과 같은 기판 내에 및/또는 상에 임베딩된 하나 이상의 회로로 구성될 수 있다. 또한, ASIC(111)는 무선 캡슐 내시경(100)에 구성된 충전회로 일 수 있다.

[0043] 전등부(112)는 주기적으로 빛을 출력하여 어두운 인체 내의 영상을 촬영할 수 있게 하며, 이는 LED 등으로 구성될 수 있다.

[0044] SPAD(Single-photon avalanche diode, 113)는 광자 검출기로서, 전등부(112)에서 출력하는 빛 중에서 신체 장기에서 반사되는 빛을 감지하게 된다.

[0045] 컨트롤러(114)는 SPAD(113)에 부딪히는 빛의 계수율을 디지털 신호로 검출할 수 있으며, 이를 특정 x 신호로 검출한다.

[0046] 또한, 컨트롤러(114)는 다음 수식 1을 이용하여 무선 캡슐 내시경(100)에서 사용된 전체 사용 전력  $P_c$ 를 계산할 수 있다.

[0047] 수식 1

$$P_c = P_L + P_A + P_S + P_{CR} + P_t$$

[0048]

[0049] 여기서,  $P_L$ 은 전등의 전력 사용량,  $P_A$ 는 ASIC의 전력 사용량,  $P_S$ 는 SPAD 전력 사용량,  $P_{CR}$ 은 컨트롤러와 무선 결합에 사용된 전력 사용량 및  $P_t$ 는 데이터 전송에 사용된 전력량을 나타낸다.

[0050] 이때,  $P_t$ 는 수식 2를 통하여 계산된다. 수식 3의  $P_t$ 는 데이터 전송 전력  $D$  및 예상 거리 값  $E$  사이의 관계를 나타낸다.

[0051] 수식 2

$$P_t = DE[d^2]$$

[0052]

[0053] 여기서,  $E[d^2]$  은 아래 수식 3을 통해 계산된다.

[0054] 수식 3

$$E[d^2] = \int_0^W \int_0^W \left[ \left( a - \frac{W}{2} \right)^2 + \left( b - \frac{W}{2} \right)^2 \right] \frac{1}{W^2} dx dy$$

[0055]

[0056] 수식 3에서 a, b는 데이터 전송시 무선 캡슐 내시경의 위치이다.

[0057] 수식 3은 무선 캡슐 내시경의 위치를 이용하여 무선 캡슐 내시경(100)과 체외 센서(200)와의 거리를 반영하며, 거리가 멀어질수록 데이터 전송 전력량이 증가한다. 또한, 수식3은 이하 수식 4로 간략화될 수 있다.

[0058] 수식 4

$$E[d^2] = \frac{W^2}{6} \pm 0.5mm$$

[0059]

[0060] 즉, 수식 4를 수식 2에 적용하면 수식 5로 정리될 수 있다.

[0061] 수식 5

$$P_t = \frac{DW^2}{6}$$

[0062]

[0063] 신호 압축부(120)는 신호 측정부(110)에서 측정된 신호를 압축(compressive sensing, 이하 '압축 센싱' 또는 'CS'라고 칭하기도 한다)한다.

[0064] 일반적으로 내시경에서 촬영된 영상은 외부 장치로 전송을 위해 변환되고, 외부 장치에서는 이렇게 변환된 신호를 영상으로 복원하게 되는데, 이러한 영상 복원은 샘플링 이론을 이용하여 이루어진다.

[0065] 즉, 샘플링 주파수는 표현할 수 있는 정보의 양에 비례하는데 신호의 최고 주파수의 2배 이상으로 샘플링해야만 그 신호를 정확하게 다시 복원할 수 있다는 것이다.

[0066] 그러나, 본 발명의 압축 센싱은 일정 조건이 만족하도록 신호를 압축하여 기존의 샘플링률보다 적은 샘플링률로 샘플링 하더라도 원래 영상 신호를 복원할 수 있다.

[0067] 더욱 구체적으로, 신호 압축부(120)의 신호 압축을 자세히 설명한다.

[0068] 신호 압축부(120)는 신호 측정부(110)로부터 측정된 신호를 수신하고, 측정 신호  $x$ 를  $(x_1, x_2, \dots, x_N)$  같이 최대  $N$ 개의 신호가 생성되도록 한다.

[0069] 여기서, 신호 압축부(120)는 신호  $x$ 가 규칙적인 도메인 안에서 최소화하도록, 행렬  $\Phi$ 을  $M \times N$ 으로 구성한다. 이때, 측정 신호  $x$ 의 압축을 위해  $N$ 보다 작은 수가 되도록  $M$ 을 결정한다.

[0070] 이러한, 행렬  $\Phi$ 에 의해 측정 신호  $x$ 로부터 압축된 신호  $y$ 를 얻게 된다.

[0071] 이와 같은 과정을 통해 압축 신호  $y$ 는  $(y_1, y_2, \dots, y_M)$ 와 같이  $M$ 개의 신호가 생성된다.

[0072] 즉, 신호 압축부(120)는 신호 측정부(110)로부터  $N$ 개의 측정 신호  $x$ 를  $M$ 개의 압축 신호  $y$ 로 압축해준다. 이때,  $N$ 보다  $M$ 이 작은 수이므로 행렬  $\Phi$ 를 통해 측정 신호가 결과적으로 압축된다.

[0073] 그리고, 모든 측정 신호  $x$ 가 행렬  $\Phi$ 에 따라 압축 신호  $y$ 에 매핑되므로, 압축 신호  $y$  만으로도 측정 신호  $x$ 를 복원하는데 문제가 없게 된다.

[0074] 송신부(130)는 압축 신호  $y$ 를 체외 센서(200)로 전송한다.

[0075] 한편, 체외 센서(200)는 신호 수신부(210), 신호 복원부(220) 및 출력부(230)로 구성된다.

[0076] 수신부(210)는 무선 캡슐 내시경(100)의 송신부(130)로부터 압축 신호  $y$ 를 수신 받게 된다.

[0077] 신호 복원부(220)는 수신된 압축 신호  $y$ 에 무선 캡슐 내시경(100)의 위치에 따른 경로 손실 효과  $\alpha$  및 노이즈 인자  $n$ 를 고려하여 보정한다.

[0078] 본 발명에서 경로 손실 효과  $\alpha$ 는 경로 손실 값이 이미 알려진 기준 거리  $d_0$ 를 이용하여 계산된다.

[0079] 구체적으로, 신호 복원부(220)는 수식 1에 나타난 바와 같이, 무선 캡슐 내시경(100)으로부터 전송된  $y$  신호, 경로 손실 효과  $\alpha$  및 AWGN의 노이즈  $n$ 를 고려하여 보정 신호  $\hat{y}$ 를 계산한다.



[0080] 수식 6

$$y = y\alpha + n$$

[0081]

[0082] 즉, 보정 신호  $Y$  는 압축 신호  $y$ 에 경로 손실 효과  $\alpha$  를 반영한 후에 AWGN의 노이즈  $n$ 을 보정하여 계산된다.

[0083] 보정 신호  $Y$ 가 도식된 수식 1에서, 경로 손실 효과는  $\alpha = \tau \beta$  와 같이 계산되며, 수식 7을 이용하여 구해진다.

[0084] 수식 7

$$\tau = PL_0 + 10 \delta \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + S, \quad \beta = e^{-j2\pi f_c}$$

[0085]

[0086] 여기서,  $PL_0$ 는 기준 거리  $d_0$ 에서 경로 손실을,  $d$ 는 무선 캡슐 내시경(100)과 체외 센서(200)의 거리를,  $\delta$ 는 경로 손실 지수를,  $\beta$ 는 신호의 위상 이동을,  $f_c$ 는 반송 주파수로서 압축 신호  $y$ 를 반송하는 주파수를,  $S$ 는 음영 효과를 나타낸다.

[0087] 즉, 신호 복원부(220)는 보정 신호  $Y$  값을 계산하여 신호 복원부(220)로 전송한다.

[0088] 신호 복원부(220)는 보정 신호  $Y$ 를 선형 프로그램을 사용하여 복원 신호  $\hat{x}$ 로 복원하는데, 이때 선형 프로그램은 압축 신호  $y$ 에 대해 보정 신호  $Y$ 를 이용하여 복원 신호  $\hat{x}$ 로 복원하게 된다.

[0089] 이하, 도 3을 참조하여 무선 캡슐 내시경(100)에서 전력 소비량을 계산한다.

[0090] 도 3에 도시된 바와 같이, 무선 캡슐 내시경(100)이 신체 내부 ( $a$ ,  $b$ )에 위치해있다면, 무선 캡슐 내시경(100)의 위치는 균일한 분포로서,  $\frac{1}{w^2}$ 로 모델링 될 수 있다.

[0091] 그리고 체외 센서(200)는 인체의 중앙  $\left(\frac{w}{2}, \frac{w}{2}\right)$ 에 위치시킨다.

[0092] 여기서,  $w$ 는 인체의 장기를 도 3에 도시된 바와 같이 표현할 때, 가로 길이 및 세로 길이를 나타내며, 본 발명에서는 편의상 가로, 세로가 동일한  $w$  길이로 규정하였다.

[0093] 그에 따라,  $\left(\frac{w}{2}, \frac{w}{2}\right)$  위치는 인체의 중앙에 해당한다.

[0094] 한편, 본 발명에서 제안된 신호 압축 전송 방법의 성능은 수식 8에 나타난 바와 같이, 절대 오차 평균(MAE; Mean absolute error)을 이용하여 평가될 수 있다.

[0095] 수식 8

$$MAE_{avg} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \left( \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |x_i[j] - \hat{x}_i[j]| \right)$$

[0096]

[0097] 즉, 원래 측정 신호  $x_i$ 에서 복원된 영상 신호  $\hat{x}_i$ 의 절대값 차이를 평균으로 계산하여, 신호 복원의 정확성을 평가하는 것이다. 구체적으로 원래 측정 신호와 복원된 신호의 차이가 작을 수록 절대 오차 평균 값은 작게 계산되며, 차이가 크게 되면 절대 오차 평균 값은 커지게 된다.

[0098] 이하, 도 4를 참조하여, 본 발명의 한 실시예에 따른 무선 캡슐 내시경 시스템의 성능 측정 결과를 설명한다.

[0099] 본 발명에서 제안하는 무선 캡슐 내시경 시스템(10)은 도 3에 도시된 바와 같이, 무선 캡슐 내시경(100)이 인체의 중앙에 위치하고 체외 센서(200)와의 거리가 100mm 인 상태에서 실험하였다.

[0100] 이때, 경로 손실 지수  $\delta$ 는 4.26, 음영 효과  $\sigma_s$ 는 7.85dB, 경로 손실 지수  $PL_0$ 는 47.14dB, 기준 거리  $d_0$ 는

50mm 및 반송 주파수  $f_c$ 는 402MHz 로 하였다.

[0101] 채널 제약 조건에서 조사된 무선 캡슐 내시경(100)의 오리지널 신호와 복원된 신호를 비교하여 도 4로 표시하였다.

[0102] 측정 신호의 개수  $N$  가 1000이고, 압축 신호의 개수  $M$  가 100이며, SNR이 5dB일 때를 측정하였다.

[0103] 실험 결과는 도 4에 도시된 바와 같이, 무선 캡슐 내시경(100)이 전송한 압축 신호  $y$  를 복원 신호  $\hat{x}$  로 복원하면, 오리지널 신호  $x$  와 거의 일치하는 복원 신호  $\hat{x}$  가 출력된다는 것을 알 수 있다.

[0104] 이때, 측정 신호 샘플이 500에서 600사이의 데이터를  $-1 \times 10^{-5}$ 부터  $1 \times 10^{-5}$  의 범위로 확대해보면 미세한 노이즈만이 존재하는 것을 볼 수 있다.

[0105] 즉, 본 발명에 의해 복원된 신호  $\hat{x}$  는 원래 측정 신호  $x$  에 대하여, 매우 작은  $MAE_{avg}$  값만 가지게 되며, 즉, 원래 측정 신호  $x$  와 거의 비슷하게 복원된다는 것을 알 수 있다.

[0106] 표 1에 도시된 바와 같이, 수식 8을 이용하여 본 발명의 무선 캡슐 내시경(100)의 절대 오차 평균  $MAE_{avg}$ 를 계산하면 다음과 같다.

[0107] 표 1

Scheme	Samples	$MAE_{avg}$
Without CS	N=1000	1.1e-6
Proposed	M=100	2.2e-6

[0108] 그리고, 본 발명의 무선 내시경 신호 압축 시스템의 소비 전력 감소를 평가하였다.

[0109] 수식 9는 무선 캡슐 내시경의 감소된 소비 전력의 비율을 계산하는 식을 나타낸다.

[0110] 수식 9

$$P_{CS} = \left( \frac{P_{cN} - P_{cM}}{P_{cN}} \right) \times 100\%$$

[0111] 이때, 본 실시예의 방법에 따라 M번 데이터를 전송할 때 소비전력  $P_{cM}$  을 압축 센싱 없이 N번의 데이터를 전송할 때 소비전력 수행한 신호  $P_{cN}$  를 비교한 결과를 보여준다.

[0112] 즉, 표 2에 도시된 바와 같이, 수식 6 및 수식 9를 이용하여 본 발명의 무선 캡슐 내시경(100)의 소비 전력  $P_c$  및 전력 절약  $P_{cs}$  를 계산하면 다음과 같다.

[0113] 표 2

Scheme	Samples	$P_c$ (mW)	$P_{cs}$ (%)
Without CS	N=1000	$88 \pm 0.5$	0
Proposed	M=100	$28 \pm 0.5$	$68 \pm 0.1$

[0114] 본 실험은 무선 캡슐 내시경의 전체 전력 소비량이 컨트롤러 및 무선 결합이 요구될 때  $150 \mu m$  및 100비트 데이터를 변환하기 위해 즉시 요구되는  $100 \mu m/cm^2$  정도를 동작하기 위한 AISC 소비량 1.76mW, SPAD 소비량  $255 \mu m$  를 기반일 때 실시하였다.

[0115] 이때, 무선 캡슐 내시경(100)의 측정 신호는 10-펄스 신호를 가지는 1000개의 샘플을 가지고, 무선 캡슐 내시경이 커버하는 영역의 길이  $W$ 는 200mm이고, 반복 횟수  $I$ 는 100번으로 하였다.

[0116] 즉, 본 발명의 무선 캡슐 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법은 원래 측정된 오리지널 측정 신호

$x$  를 압축하여 최소한의 전력을 사용하며, 신호 복원시 캡슐 내시경의 위치에 따른 경로 손실 정보와 노이즈 인자를 고려하여 복원 신호  $\hat{x}$  를 복원하는데 이용된다.

- [0120] 이하, 도 5를 이용하여 무선 캡슐 내시경 시스템의 신호 압축 전송 방법(500)을 설명한다.
- [0121] 도 5는 본 발명의 한 실시예에 따른 무선 캡슐 내시경 시스템의 신호 압축 전송 방법을 나타낸다.
- [0122] 무선 캡슐 내시경 시스템(10)의 신호 압축 전송 방법(500)은 무선 캡슐 내시경에서 측정된 신호를 압축하는 단계(S501), 무선 캡슐 내시경에서 체외 센서로 압축 신호를 전송하는 단계(S502) 및 전송된 압축 신호에 보정 신호를 적용하여 신호를 복원하는 단계(S503)를 포함할 수 있다.
- [0123] 먼저, 무선 캡슐 내시경(100)에서 측정된 신호를 압축한다 (단계 S501).
- [0124] 구체적으로, 무선 캡슐 내시경(100)이 인체 내에 들어가게 되면, 신호 측정부(110)가 동작하게 되면서 체내를 영상으로 측정하고, 이를 기반으로 측정 신호  $x$  를 출력하게 된다.
- [0125] 또한, 신호 측정부(110)에서 출력된 측정 신호  $x$  는 행렬  $\Phi$  를 이용하는 압축 센싱 과정을 통해 압축 신호  $y$  로 변환된다.
- [0126] 다음으로, 무선 캡슐 내시경(100)에서 체외 센서(200)로 압축 신호를 전송한다(단계 S502).
- [0127] 구체적으로, 무선 캡슐 내시경(100)은 체외 센서(200)로 압축 신호  $y$  를 전송하기 위해 무선 캡슐 내시경(100)에서 체외 센서(200)와의 떨어진 거리를 측정된 후에 이에 대한 경로 손실 값, 노이즈 인자 및 압축 신호를 체외 센서(200)로 전송한다.
- [0128] 다음으로, 전송된 압축 신호에 보정 신호를 적용하여 신호를 복원한다 (단계 S503).
- [0129] 구체적으로, 무선 캡슐 내시경(100)으로부터 수신된 압축 신호  $y$  에 보정 신호  $\gamma$  를 계산하고, 계산된 보정 신호  $\gamma$  를 압축 신호  $y$  에 반영하여 신호  $\hat{x}$  로 복원하여 출력한다.
- [0130] 이때, 체외 센서(200)에서 보정 신호  $\gamma$  계산시, 신호대잡음비(SNR; Signal-to-noise ratio), 부가 백색 가우스 잡음(AWGN; Additive white Gaussian noise) 및 실제 인체 모델에 기반한 경로 손실을 보정하기 때문에 신호의 복원성이 향상될 수 있다.
- [0131] 이와 같은 방법을 통해, 본 발명의 무선 캡슐 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법은, 무선 캡슐 내시경을 이용하여 인체 내의 영상을 촬영하고, 촬영된 영상 신호를 압축할 수 있는 압축 센싱(Compressive sensing; CS) 기술을 이용하여 외부 장치로 영상 신호를 전송할 수 있어, 무선 캡슐 내시경의 소비 전력을 감소시킬 수 있다.
- [0132] 또한, 본 발명의 무선 캡슐 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법은 압축된 신호의 복원시 신호대잡음비(SNR), 부가 백색 가우스 잡음(AWGN) 및 인체에 기반한 경로 손실을 감안하여 신호를 복원함으로써, 신호의 복원성이 향상될 수 있다.
- [0133] 또한, 본 발명의 무선 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법은 압축 센싱 기술을 이용하여 무선 캡슐 내시경의 소비 전력을 절약할 수 있다.
- [0134] 또한, 본 발명의 무선 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법은 신호 복원을 위한 처리 시간이 종래의 압축 센싱이 없는 내시경과 비교하여 더욱 빠른 처리 속도를 제공할 수 있다.
- [0135] 또한, 본 발명의 무선 내시경 시스템 및 이를 위한 신호 압축 전송 방법은 압축 신호 복원시 경로 손실 및 노이즈 인자를 감안하여 보상하므로 오리지널 신호에 가까운 신호로 복원할 수 있다.
- [0136] 이상에서는 본 발명을 실시예에 기초하여 설명하였으나, 본 발명의 사상은 상기 실시예에 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서, 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 추가 등에 의해서 다른 실시 예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명의 사상범위 내에 든다고 할 것이다.

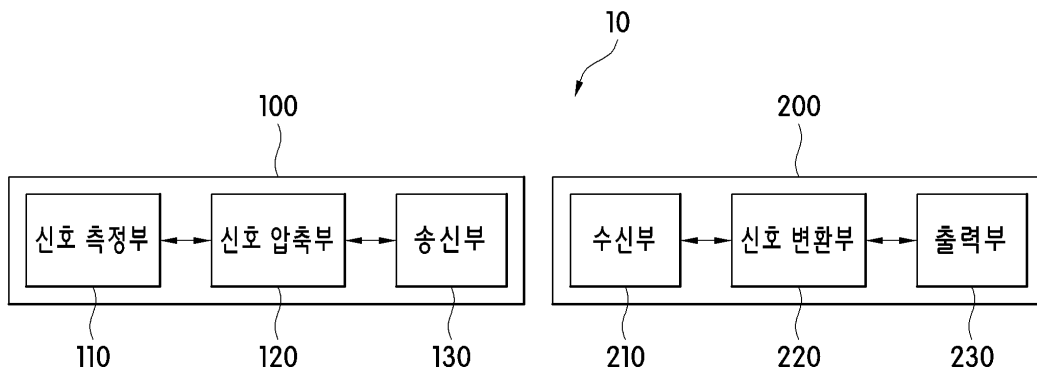
**부호의 설명**

- [0137] 10 : 무선 캡슐 내시경 시스템

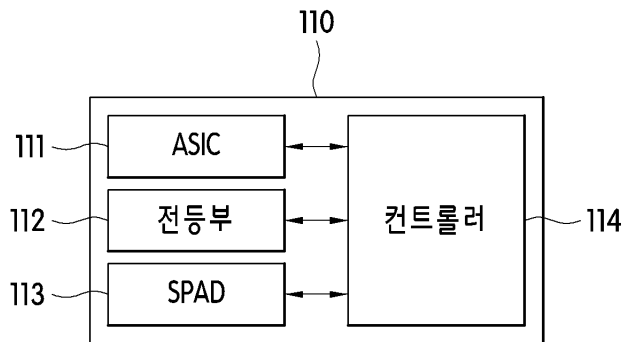
- |                 |              |
|-----------------|--------------|
| 100 : 무선 캡슐 내시경 | 110 : 신호 측정부 |
| 111 : ASIC      | 112 : 전등부    |
| 113 : SPAD      | 114 : 컨트롤러   |
| 120 : 신호 압축부    | 130 : 송신부    |
| 200 : 체외 센서     | 210 : 수신부    |
| 220 : 신호 복원부    | 230 : 출력부    |

도면

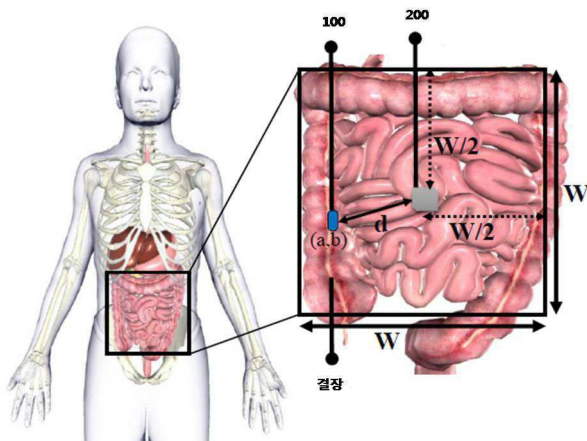
도면1



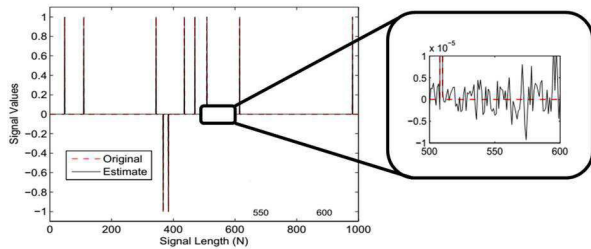
도면2



도면3



도면4



도면5

