

## Home Health Care 를 위한 휴대형 폐활량계 개발에 관한 연구

서호석\*, 강재민\*, 김희찬\*\*, 차은중\*\*\*

\*서울대학교 대학원 협동과정 의용생체 전공

\*\*서울대 의과대학 의공학교실 및 의학 연구원 의용생체공학 연구소

\*\*\*충북대 의과대학 의공학 교실

A Study on the development of spirometry system for Home health care aids

Ho Seok Seo\*, Jae Min Kang\*, Hee Chan Kim\*\*, and Eun Jong Cha\*\*\*

\* Interdisciplinary Program Biomedical Engineering Major, Graduate School and

\*\*Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Seoul National University, 28

YongunDong, JongroGu, Seoul 110-744, Korea, shsglobal@melab.snu.ac.kr

\*\*\* Chungbuk National University, Chungju, Korea

### Abstract

Spirometer is a device that measure the respiratory function by sensing and analyzing respiratory gas flow rate. In this paper, we developed a spirometry system that can be used either by professionals as a portable medical device or by individuals as a home health care aid. The developed system's performance was evaluated by algorithm test using modeled respiratory signal and measurement test using ATS standard respiratory flow rate signal generator.

**keywords:** respiratory function, spirometer, home health care.

### INTRODUCTION

폐활량계는 일반인이나 환자의 호흡기류(respiratory air flow rate)를 감지하여 분석함으로써 호흡량을 측정하고 이로부터 호흡기관(기도, 폐 및 흉곽)의 호흡기능을 평가하는데 사용하는 기구이다. [1]. 보통 종합병원에서 건강 진단과 산업 재해를 평가하기 위해 일반에게도 흔히 수행하는 검사이고 요사이에는, 대기오염과 흡연에 의한 호흡기 질환의 증가 등으로 그 필요성이 더욱 대두되는 장비이기도 하다.[2]

본 논문에서는. 전문가에 의해 임상에서 손쉽게 사용될 뿐만 아니라 가정 내에서도 사용자에 의해 편리하게 측정되고 휴대용으로 장비할 수 있는 스피로미터를 개발하였다.

이 시스템은 기본적으로 임상에서 많이 사용하는 3 가지 테스트 FVC(forced vital capacity), SVC(slow vital capacity), MVV(maximum voluntary ventilation)를 수행하게 된다. 각각의 테스트는 ATS(American Thoracic Society), Standardization of spirometry[3]에 근거하여 정해진 프로토콜에 따라서 검사되고 임상적으로 중요한 FEV1, FEV1/FVC 등의 20 여종의 파라미터와 4 개의 그래프를 출력하게 된다.

### METHOD

#### A. Total System Description

시스템의 구조는 그림 1에서 보듯이 일회용 마우스피스(single use mouth piece)와 본체로 구성되어 있다

일회용 마우스피스는 피검자가 입에 물고 호흡하는 통로를 제공하며, 관 내에 세워진 센싱로드(sensing rod)가 호흡기류를 압력(<12cmH<sub>2</sub>O)으로 변환한다.

본체는 센싱로드의 관을 통해 전달되는 압력을 AD 변환한뒤 측정된 압력 신호를 분석하여 호흡기류신호를 산출하고 호흡기능에 관련되는 제반 매개 변수들의 계산 및 그래프 출력을 담당하고 있다.



그림 1. 개발된 스피로 미터.

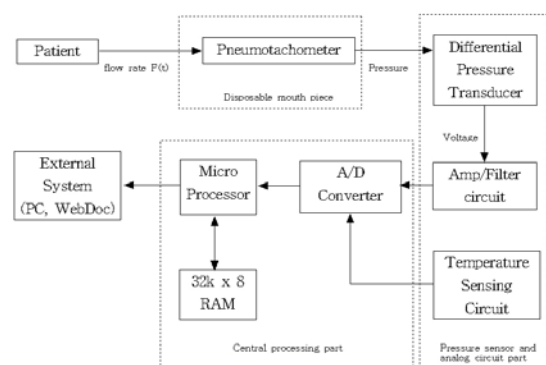


그림 2. 개발된 시스템의 블록 다이어그램

#### B. Principles of Sensing Mechanism

피검자가 호흡할 때 기류는 일회용 마우스피스를 통과하는데 입구에 설치되어 있는 스크린을 우선 통과하며 이 때 유선이 안정된다. 안정된 유선으로 구성되는 호흡기류는 일회용 마우스피스 중앙에 기류

방향과 수직으로 설치된 센싱로드에서 압력으로 변환된다. 센싱로드는 일회용 마우스피스의 원형 단면 중앙에 막대기의 형태로 위치하는데 일정거리의 작고 미세한 구멍이 뚫려 있어(pitot tube) 통과하는 기류가 압력으로 변환된다(베르누이의 법칙). [4]

**C. Analysis Algorithms**

A/D 변환 하여 생성된 신호는 호흡 기류 신호로 각각 테스트별로 정상호흡과 FVC, 정상호흡과 SVC, MVV 호흡으로 이루어져 있으며 각 호흡의 볼륨값과 최대 기류치 및 호흡 시간 등을 구해내게 된다. 각종 신호 처리 알고리즘을 사용하여 임상적으로 의미있는 각종 파라미터와 그래프를 구해내고 이를 통해 피검자의 상태를 진단할 수 있다.

**D. Performance Test**

개발된 기기의 검증은 총 2 가지 방식으로 진행되었다 첫번째로 알고리즘 테스트, 두 번째로 기류 생성 장치를 통한 기류 측정 테스트이다.

첫 번째 테스트를 위하여 그림 3 와 같은 호흡 모델링 신호를 생성해 내었다. 이와 같이 생성된 신호를 이용하여 분석 소프트웨어의 알고리즘 테스트를 수행하였다.

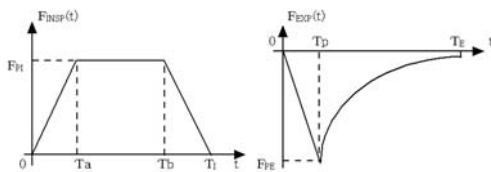


그림 3. 호흡 모델링 신호

두 번째 테스트를 위해서 기류 생성 장치를 개발하였다. 개발된 기류 생성 장치의 블록 다이어그램은 그림 4 와 같고 스파이로 미터를 부착하여 구축한 테스트 환경이 그림 5 에서 보여진다.

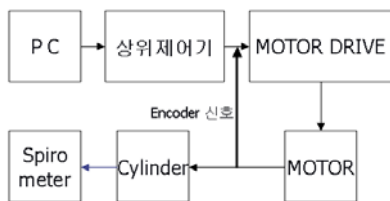


그림 4. 기류생성장치 블록다이어그램

기류 생성장치는 brushless DC motor 와 motor Driver, 그리고 Driver 를 PC 로 제어하기 위한 상위 제어기로 구성되어 있다. 상위 제어기는 ATS 에서 제공하는 26 개의 표준 파형을 PC 로부터 받아, 입력 신호에 상응하는 DAC 출력을 내어 모터 드라이버를 구동하게 된다. 모터 드라이버는 실제로 모터를 구동하게 되고 모터의 작동으로 2 개의 3L 시린지로부터 최대 볼륨 용적 6L 의 기류를 생성해내게 된다.



그림 5. 기류생성장치를 이용한 테스트 환경

**RESULTS**

첫번째 테스트를 수행한 결과 그림 3 과 같은 호흡 모델링 신호로부터 3 개의 정상호흡과 FVC 로 구성된 호흡신호를 생성하였으며 이렇게 생성된 테스트 호흡 파형을 이용하여 알고리즘 테스트를 한뒤에 출력된 PC 프로그램의 결과가 그림 6 과 같다.

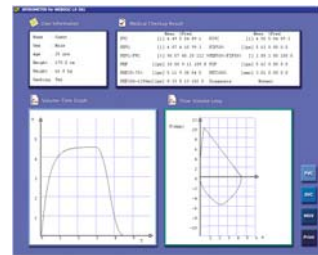
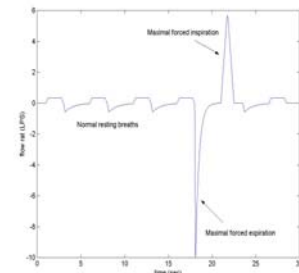


그림 6. 알고리즘 테스트 결과 화면

	Simulation Value	Measured value
$T_I$	1.5sec	1.51sec
$T_a$	0.7sec	No measuring parameter
$F_{PI}$	5.62 LPS	5.62 LPS
$V_{SI}$	4.49 L	4.50 L
$T_E$	3sec	3.01sec
$T_P$	0.1sec	No measuring parameter
$F_{PE}$	10 LPS	10LPS
$V_{SE}$	4.49 L	4.49 L
$\mathcal{T}$	0.4sec	No measuring parameter

표 1. 알고리즘 테스트 파라미터 결과

첫 번째 테스트의 결과, 얻어진 각 측정 파라미터는 표 1 과 같이 나타났으며 모두 정확히 일치하는 값을

보여주었다. 이를 통해 분석 알고리즘은 정확히 작동함을 확인 할 수 있다.

두 번째, 기류 생성장치를 통한 테스트의 결과로 ATS 에서 추천한 26 개의 flow-time wave-form 과 개발된 기기로 측정된 flow-time wave-form 을 비교한 것을 그림 7 에 나타내었다. 25 번 파형의 경우엔 볼륨이 6.3902L 로 시린지 볼륨 6L 를 초과하여 제외하였다. 표 2 는 생성된 기류를 개발된 스파이로 미터로 측정된 결과를 나타낸다.

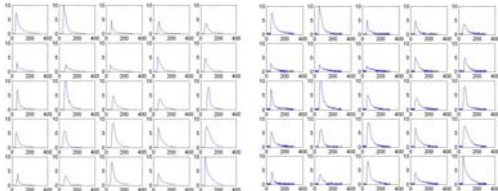


그림 7. 알고리즘 테스트 결과 화면

	fvc		fev1		fev/fvc		rising tir (s)
1	4.11	4.17	3.26	3.22	0.79	0.77	0.18 0.19
2	4.12	4.09	3.93	3.89	0.95	0.95	0.1 0.1
3	1.26	1.33	1.26	1.33	1	1	0.15 0.09
4	1.42	1.5	1.42	1.5	1	1	0.15 0.12
5	1.87	1.88	1.77	1.76	0.94	0.94	0.22 0.21
6	1.2	1.23	1.12	1.16	0.94	0.95	0.08 0.08
7	1.18	1.29	0.99	1.08	0.84	0.84	0.2 0.14
8	0.98	0.99	0.96	0.97	0.98	0.98	0.07 0.06
9	2.21	2.23	2.17	2.19	0.98	0.98	0.09 0.09
10	2.12	2.19	2.02	2.06	0.95	0.94	0.13 0.11
11	2.14	2.18	2.07	2.1	0.96	0.97	0.13 0.12
12	5.17	5.08	4.54	4.36	0.88	0.86	0.24 0.28
13	2.54	2.54	2.24	2.24	0.88	0.88	0.21 0.19

	pef		fef25%		fef50%		fef75%
1	7.398	7.354	6.915	6.52	3.55	3.35	1.518 1.448
2	10.74	10.28	8.593	8.509	6.733	6.525	3.29 3.075
3	4.771	4.802	4.636	4.27	2.4	2.031	1.048 1.065
4	4.388	4.609	4.388	4.448	2.935	2.982	1.483 1.465
5	3.639	3.565	3.617	3.555	2.929	2.808	1.397 1.351
6	3.078	2.947	2.092	2.039	1.25	1.306	0.81 0.887
7	2.477	2.349	1.751	1.66	1.097	0.996	0.698 0.675
8	2.299	2.003	1.449	1.185	1.028	0.931	0.733 0.798
9	5.213	5.079	4.485	4.285	3.207	3.187	2.112 2.044
10	4.74	4.668	4.692	4.492	2.807	2.644	1.63 1.52
11	6.828	6.604	6.593	6.203	3.8	3.388	1.627 1.378
12	10.69	10.42	10.643	10.37	7.104	6.597	2.647 2.764

표 2. 생성된 기류파형으로부터 측정된 파라미터

위와 같은 검증절차를 통해 개발된 시스템을 분석한 결과 ATS 25 가지 표준 파형에 대해 상관계수 0.99 이상의 높은 일치도와 각 측정 파라미터의 오차 및 볼륨 오차가 모두 적정 기준이내에 도달하였다.

DISCUSSION

이 논문에서 개발한 스파이로 미터의 특징을 열거하면 우선 임상적으로 사용되는 고가의 대규모 계측장비가 아닌 소형의 휴대성 장치이며, 저가이다. 또한 ATS 에서 제공하는 각 검증 절차와 분석 알고리즘을 100% 구현하여 성능면에서도 뛰어나다.

개발된 기기를 PC 와 연결하여 실제 피검자로 하여금 측정된 결과가 그림 8 과 같다. 검사결과로 각종 폐활량 지표와 VT(volume-time) 그래프 및 FV(flow-volume) 그래프를 보여주고 또한 현재 폐기능에 대한 진단을 내려주게 된다. 본기기는 가정내에 PC 와 간편히 연결하여 폐활량 측정이 가능하므로 가정내 건강관리 도구로서 적극적으로 활용이 가능하다고 하겠다.

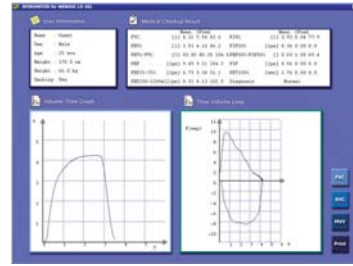


그림 8. 개발된 시스템의 피검자 측정 화면

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 교육부 2002 년도 BK21 의 생명 분야, 한국 과학 재단 지정 생체계측신기술센터 지원으로 이루어짐.

REFERENCES

- [1] Binh Q. Tran, "Pulmonary Function Testing System for Home-Based Rehabilitation", Proceedings of the First Joint BMES/EMBS Conference, 682-683, 1999.
- [2] Eun Jong Cha, "User program for PC to perform clinical spirometric test", Journal of Korean Society of Medical Informatics 5-1, 99~107, 1999.
- [3] American Thoracic Society, "Standardization of spirometry", Am Rev Respir Dis 136:1285~1298, 1987.
- [4] Kyung Ah Kim, Eun Jong Cha, "Non-uniform velocity sampling technique for respiratory air flow measurement", Proceedings of the 24<sup>th</sup> biomedical conference of KOSOMBE , 237~238, 2001.
- [5] Chii-Wann Lin, "Prototype development of digital spirometer", Proceedings of the 20<sup>th</sup> Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Vol 20, No 4, 1786~1789, 1998
- [6] Robert O. Crapo, Alan H. Morris, and Reed M. Gardners, "Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations", Am. Rev. Respir. Dis. Vol.123:659~664, 1991