

전립선 진단을 위한 특징 파라미터 추출 프로그램 Feature Extraction Program for Prostate Parameters

최환용* · 이대종* · 차은종** · 조영임*** · 전명근**
Hwan-Yong Choi*, Dae-Jong Lee*, Eun-Jong Cha**,
Young-Im Cho*** and Myung Geun Chun**

* 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부

** 충북대학교 의학과

*** 수원대학교 IT대학 컴퓨터학과

요 약

전립선 비대증은 고령 남성의 대표적 만성질환으로서 간단하면서도 비침습적인 방법인 요류검사를 수행하여 진단한다. 이러한 전립선 비대증을 진단하기 위한 제품들이 사용되고 있으나, 기존 제품은 특징되는 파라미터의 결과만 제공할 뿐 시간에 따른 요류의 변화, 데이터베이스 기능 등 환자의 정보를 제공하지 못하는 단점이 있다. 이에 본 논문에서는 유비쿼터스 환경을 고려한 무선모뎀과 LabVIEW 기반의 윈도우 프로그램을 이용하여 전립선 진단을 위한 특징 파라미터 추출 프로그램의 개발뿐만 아니라 환자 정보의 데이터베이스가 가능한 시스템을 개발하였다.

키워드 : 전립선 비대증, 요류검사, 특징 파라미터 추출, 유비쿼터스

Abstract

Uroflowmetry is a non-invasive and easily performed method to diagnose the benign prostate hypertrophy(BPH) which is frequently found in the aged men. There are some manufactures to provide a diagnosis tool for the benign prostate hypertrophy. Conventional products, however, render only the result of parameters related with prostate hypertrophy, not additional information such as the uroflowmetry variation and related personal information. In this paper, we developed an effective system for feature extraction of prostate hypertrophy as well as online program for wireless networked database management which can be used under ubiquitous environments and Labview based Window program.

Key Words : prostate hypertrophy, uroflowmetry, feature extraction, ubiquitous

1. 서 론

전립선(prostate)은 남성 생식기에서 요도가 시작되는 부위를 고리 모양으로 둘러싸고 있는 장기로 방광 바로 밑에 위치해 있으며 그 가운데로 요도가 관통하고 있어 배뇨기능에 관계된다. 전립선 내부에 비대성 병변이 생기거나 염증이 생기는 질환을 전립선비대증(BPH, benign prostate hypertrophy)이라 하는데, 전립선비대증의 주요 발생인자로는 아직 정확히 밝혀진 것은 없지만 노화와 성호르몬의 불균형에 따른 세포 고사와 증식의 불균형으로 보고 있다[1]. 전립선의 조직학적 변화는 대부분 35세부터 시작되는데, 점진적으로 요도 폐쇄를 일으켜 요의 흐름을 방해하게 되어 배뇨에 이상이 나타난다. 50대 남성의 50%, 60~70대는 60~80% 이상에서 발병하며, 80대 남성의 경우 90% 정도가 증상을 겪게 되는 고령 남성의 대표적 질환이다[2, 3]. 또한

최근 경제성장과 과학기술의 발달에 따른 평균수명의 연장으로 고령인구가 증가하고 있는 바, 전립선비대증 환자 역시 증가 추세에 있다. 전립선비대증의 진단은 국제 전립선 증상지수(IPSS, International Prostate Symptom Score)를 결정하는 설문지를 작성하여 그 점수에 따라 경도, 중증도, 고도 증상으로 분류한다. 임상적으로는 전립선특이항원(PSA, prostate specific antigen), 직장수지검사, 방사선검사, 요류검사(uroflowmetry) 등을 수행하여 진단한다. 이러한 검사들 중에서 비침습적인 요류검사법이 간편하여 유용하게 사용된다[4,5].

요류검사란 환자가 배출하는 요의 용적과 요류속도(urine volume and flow rate)를 비침습적으로 관찰하고 잔뇨와 함께 해석하여 배뇨의 효율성을 판단하는 가장 빠르고 경제적인 도구이며 요류검사 이상시 정밀검사를 수행하게 된다. 기존제품은 원보드 형태로 DB의 관리에 한계가 있으며, 체계적이지 못한 한계가 있다. 이에 본 논문에서는 기존의 제품의 한계를 무선 모듈과 윈도우 프로그램을 통해 환자상태를 판단할 파라미터를 추출하고 개인의 정보관리가 실시간으로 관리되도록 LabVIEW 기반의 윈도우 프로그램을 개발하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 요류검사에 의한 전립선 진단방법에 대하여 설명하고, 3장에서는 요량계

접수일자 : 2008년 8월 8일

완료일자 : 2008년 10월 10일

+ 교신 저자

본 논문은 2008년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음

측을 통한 파라미터 추출 알고리즘에 대하여 설명하며, 4장에서는 시스템 구성 및 LabVIEW 프로그램 구현에 대해 설명하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 요류검사에 의한 전립선 진단방법

요류검사란 전립선의 이상유무를 비침습적으로 관찰하고 잔뇨와 함께 해석하여 배뇨의 효율성을 판단하는 가장 빠르고 간편하여 유용하게 사용된다. 그림 1에서는 요류검사에서 전립선 진단을 위해 사용되는 5개의 인자(배뇨량, 최대유속, 평균유속, 최대유속까지의 경과시간, 총 배뇨시간)들을 나타냈다.

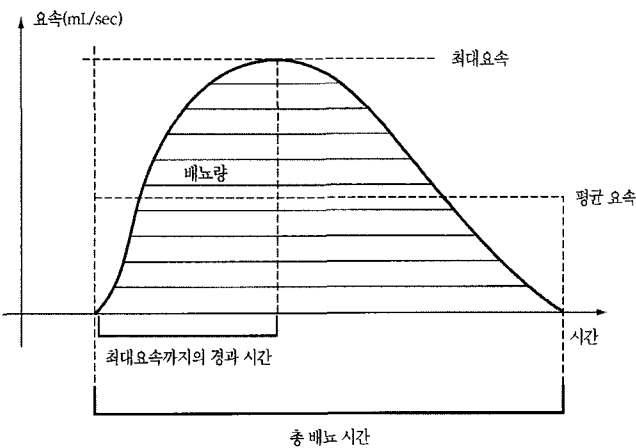
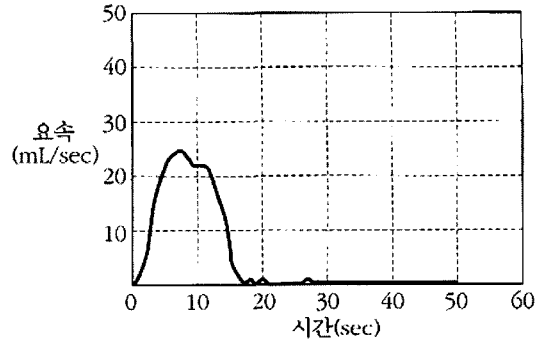


그림 1. 요류검사를 위한 진단 인자들.
Fig. 1. Diagnostic factors on uro-flow signal

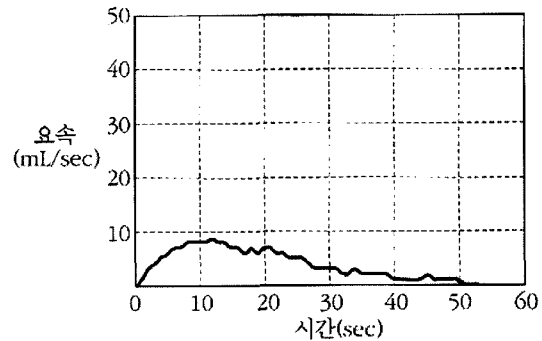
우선, 배뇨량(V_u)은 통상 150mL 이상이 되어야만 진단을 수행할 수 있다. 요류검사에서 가장 중요한 고려인자인 최대유속(F_{max})은 초당 요배율이 최대인 때로 곡선의 최고점에 해당된다. 요류검사 시 가장 유용한 단일지수는 최대유속이다. 최대유속은 남자의 경우 20~25mL/sec이며 배뇨량에 따라 최대유속이 바뀌며, 나이가 증가함에 따라 배뇨속도도 줄어든다. 최대유속이 15mL/sec 이하이면 방광출구 폐색을 의심하며, 10mL/sec 이하이면 폐색의 확률이 더 높아진다. 평균 유속(F_{mean})은 총 배뇨량을 배뇨 시간으로 나눈 것으로, 최대유속의 시간적 증감이 많아 해석이 어려운 경우에 참고한다. 최대유속까지의 경과 시간(T_{max})은 최대유속까지 경과한 시간을 말하며 배뇨의 유효성을 판단하기 위해 사용된다. 마지막으로, 총 배뇨시간은 배뇨의 시작에서 끝까지 걸린 시간으로 배출장애가 있는 경우 길어진다. 일반적으로 정상인 경우는 요류곡선의 모양이 그림 2(a)에 나타난 바와 같이 종 모양의 대칭형으로 나타나며, 방광출구 폐색의 경우에는 그림 2(b)에 나타난 바와 같이 최대유속이 정상에 비해 급격히 낮아지고 배뇨시간이 길어지는 특성을 보인다.

요류검사에서 단일 성능지표로 고려하는 최대유속은 여러 가지 요인들에 의해 영향을 받는다. 즉, 남성은 나이가 들수록 최대유속이 감소하지만, 여성은 나이의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 남성의 경우에 약 40% 정도가 배뇨할 때마다 평균 2mL/sec의 최대유속 차이가 나타나며, 배뇨량이 최대유속에 가장 많은 영향을 주는 것으로 보고되

고 있다. 일반적으로 150mL 이하의 배뇨량은 최대유속을 판정하기에 부정확한 것으로 간주한다. 이에 관련하여 전립선비대증 국제자문회의에서는 요류검사를 할 때에 적어도 2회 이상 시행하고 1회 배뇨량은 150mL 이상일 것을 권장하고 있다.



(a) 정상
(a) normal



(b) 방광출구 폐색
(b) blockade of the urinary exit

그림 2. 요류 파형의 특성
Fig. 2 Characteristics of uro-flow waveform

비정상적으로 낮은 유속은 방광출 폐색 뿐만 아니라 방광수축력저하로 인해서도 나타날 수 있기 때문에 요류검사에 의한 방광출구 폐색으로 알려진 전립선의 이상을 예측할 수 있는지에 대해서는 논란의 여지가 있다. Schafer 등은 요류검사에서 폐색으로 간주되는 환자의 75%에서만 폐색이 확인되었다고 하였고[6], Reynard 등도 요류검사로 폐색을 진단할 수 없다고 하였다[7]. 그러나 최근에는 최대유속을 고려하면 전립선수술에 대한 결과를 예측할 수 있다는 보고가 있다. 최대유속이 15mL/sec 이하이면 그 이상인 경우에 비해 수술 후 결과가 좋으며[8], 최대유속이 12mL/sec 이하이면 수술을 하더라도 실패율이 3%에 지나지 않는다고 보고되고 있다. 따라서 이들은 전립선수술 전에 압력요류검사를 반드시 할 필요는 없으며, 그 대신 요류검사에서 최대유속이 12mL/sec 이상인 경우에 한하여 압력요류검사를 할 것을 주장하였다. 전립선비대증 환자의 약 7%에서는 최대유속이 15mL/sec 이상이고 이때의 배뇨압이 100cmH₂O 이상인 높은 요류의 폐색 (high flow obstruction) 이 존재하며, 이 같은 높은 요류의 폐색 환자에게는 수술이 효과적이며, 수술 전에 폐색의 진단을 위하여 압력요류검사가 필요한 것으로 나타났다.

3. 요량계측을 통한 파라미터 추출 알고리즘

3.1 요량계측 원리

요량 계측원리는 그림 3에서 보는 바와 같이 로드셀 위에 위치하는 요 수집용기 내로 배뇨하면 수집용기의 무게는 요량이 증가함에 따라 비례하여 증가한다. 수집용기 내의 요 무게는 식 (1)과 같이 질량(m)과 중력가속도(g)의 곱이며 질량은 용적(V)에 밀도(ρ)를 곱하여 얻어지므로, 요 무게는 요량, 즉 요의 용적에 비례하는 값을 가진다.

$$W = mg = \rho g V \quad (1)$$

where W = weight

ρ = density

g = gravitational constant

V = volume

요류검사시 필요한 요속(요의 유량)은 요량의 시간 미분 함수로 정의되므로 요의 무게변화를 연속적으로 측정하여 시간에 대해 미분함으로써 쉽게 산출할 수 있다[6]. 그림 3에서 수집용기의 단면적이 A로 일정한 원통형 용기라면 수집용기 바닥에서의 압력은 요의 수면 높이에 비례하게 된다. 수집용기 내에서 요의 수면 높이가 h인 경우 요량은 단면적(A)과 수면 높이(h)의 곱이므로 요량에 의한 용기 바닥에서의 압력은 식 (2)와 같이 요량에 비례하는 값을 가진다.

$$P = \rho gh = \frac{\rho g}{A} \cdot V \quad (2)$$

where h = height

V = Ah = volume

A = cross-sectional area

배뇨시 수집용기 바닥에서의 압력 변화를 연속적으로 측정하면 요량의 변화를 알 수 있다.

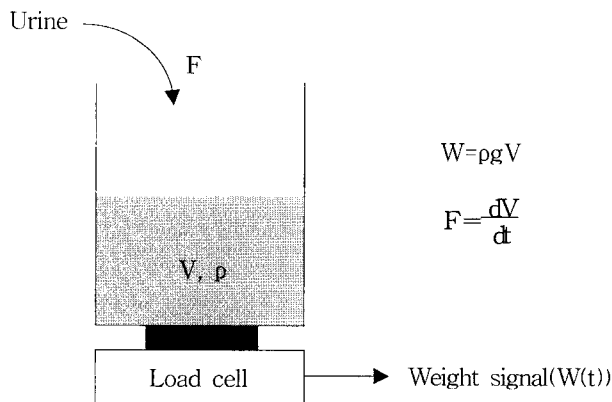


그림 3. 요 무게를 측정하는 기존의 요량 계측원리.

Fig. 3. Uroflowmetry principle by weight measurement.

3.2 요속 신호 및 진단매개변수 추출 방법

배뇨시 축적한 무게 요량신호의 잡음을 제거하기 위해 식 (3)과 같이 각각 11-점 이동평균(10msec 샘플링 간격)을 수행하였다. 요량신호로부터 요류신호를 산출하기 위해

식 (4)와 같이 2초 간격으로 미분 한 후 다시 식 (5)와 같이 11-점 이동평균을 수행하여 요류 신호를 산출한다.

$$V_{11}(n) = \frac{\sum_{k=n-5}^{n+5} V(k)}{11} \quad (3)$$

where V = volume, n, k = data index

$$F(n) = \frac{V_{11}(n+1) - V_{11}(n-1)}{2} \quad (4)$$

$$F_{11}(n) = \frac{\sum_{k=n-5}^{n+5} F(k)}{11} \quad (5)$$

식 (5)에서 산출한 요류신호로부터 임상적으로 중요한 진단매개변수 5개를 그림 4와 같이 설정하였다. 총 배뇨시간 (T_u)은 배뇨 종료시점(t_e)과 시작시점(t_s)의 차이로써 배뇨가 진행되는 시간이며, 배뇨량(용적, V_u)은 식 (6)과 같이 총 배뇨시간 동안의 요류신호를 적분하여 산출하였다. 평균요류(F_{mean})는 배뇨량을 총 배뇨시간으로 나누어 계산한다.

$$V_u = \sum_{k=t_s}^{t_e} F_{11}(k) \quad (6)$$

$$F_{mean} = \frac{V_u}{T_u} \quad (7)$$

where $T_u = t_e - t_s$

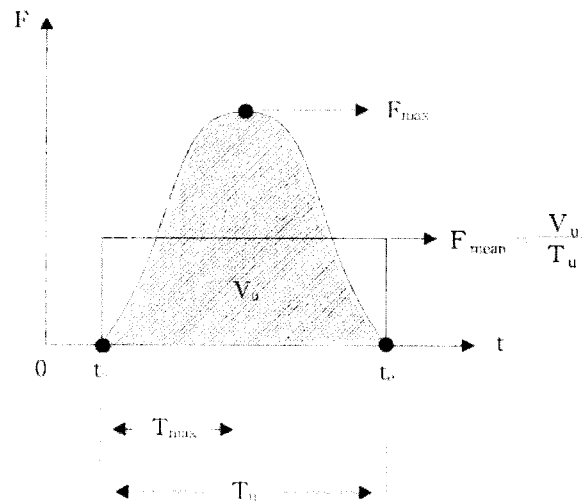


그림 4. 요류검사 진단매개변수의 정의

Fig. 4 Mathematical definition of the diagnostic parameters on uroflow signal

배뇨 시작시점부터 요류신호가 최대값을 나타내는 시점까지 걸린 시간을 산출하여 최대요류 시간(T_{max})으로 설정하였으며, 최대요류(F_{max})는 식 (8)에서와 같이 최대요류시점(T_{max})에서 $\pm 0.5\text{sec}(t_M)$ 동안의 요류신호를 평균하여 산출한다.

$$F_{\max} = \frac{1}{2t_M} \left(\sum_{k=t_{\max}-t_M}^{T_{\max}+t_M} F_{II}(k) \right) \quad (8)$$

4. 전립선 진단 프로그램 구현

4.1 생체신호를 무선 전송하는 모듈

무게측정방식에 의한 오류검사를 수행하기 위해 그림 5 과 같이 무선모듈 장치를 설계 및 제작하였다. 우선, 요량 계측을 위한 수집장치는 플라스틱 재질로 직경 70 mm, 높이 300 mm의 원통형 요 수집용기를 제작하였으며, 측면에 구멍을 뚫어 압력 측정관을 바닥으로 삽입한 후 저가 범용 압력센서(MPX10DP, Freescale, U.S.A.)를 연결하였다. 이때, 상부에 위치시키는 요 수집용 깔때기의 입구 구조를 변경하여 요가 용기의 벽면을 타고 흘러내리도록 함으로써 용기에 가하는 충격효과를 최소화하였다. 또한, 요량 증가에 따라 차이가 발생하는 압력신호는 각각 12 bits, 100 Hz로 A/D 변환한 후 블루투스 방식의 무선모듈에 의해 데이터를 전송한다. 그림 6에서는 실험장치의 구성도를 나타냈고, 그림 7에서는 제작된 무게측정방식에 의한 데이터 취득 및 무선통신 모듈을 나타냈다.

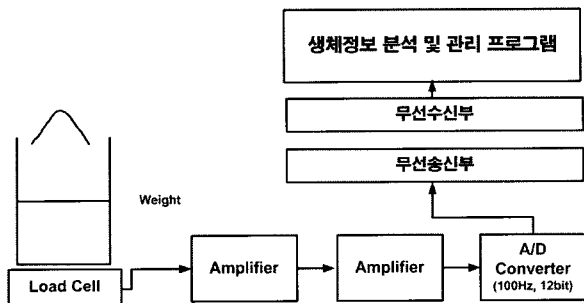


그림 5. 개발프로그램의 구성도
Fig. 5. Composition of developed system

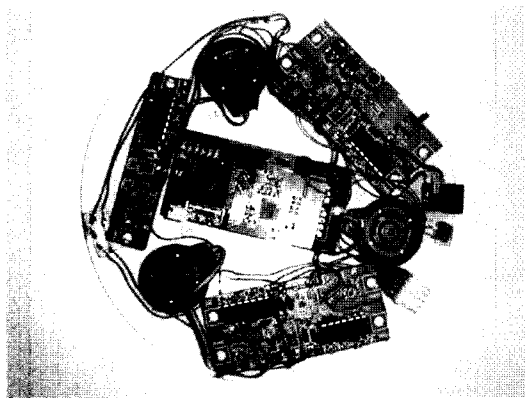


그림 6. 데이터 취득용 무선통신모듈
Fig. 6. Wireless network module for data acquisition

4.2 시스템 구성

개발된 생체정보 분석 및 관리프로그램은 그림 7에서 보는 바와 같이 블루투스 무선 설정부, 무선통신 에러검사부, 무선통신에 의한 데이터 취득부, 평균필터 적용부, 미분적용 후 평균필터 적용부 및 최종적으로 파라미터 추출부로 각각

의 프로그램을 모듈화하여 개발하였다. 또 측정 데이터와 파라미터를 텍스트파일로 저장하고, 저장한 데이터를 서버로 전송 할 수 있게 모듈화하여 개발하였다. 각각의 모듈에 대해서 설명하면 다음과 같다.

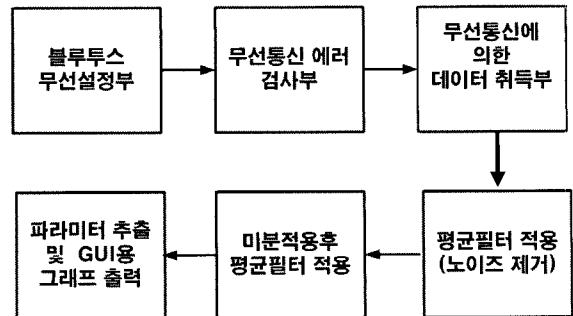


그림 7. 요류정보 분석을 위한 개발 프로그램 구성도
Fig. 7. Program scheme for uro-flow diagnosis

무선통신을 이용하여 전립선 비대증 진단을 위한 파라미터 추출을 위해 우선 그림 8에서 보인 바와 같이 보레이트, 데이터 비트, 패리티, 정지비트 등 블루투스 무선 통신을 위한 기본 파라미터를 설정한다.

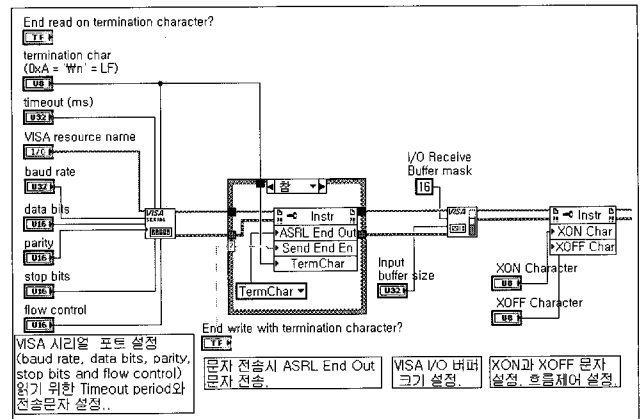
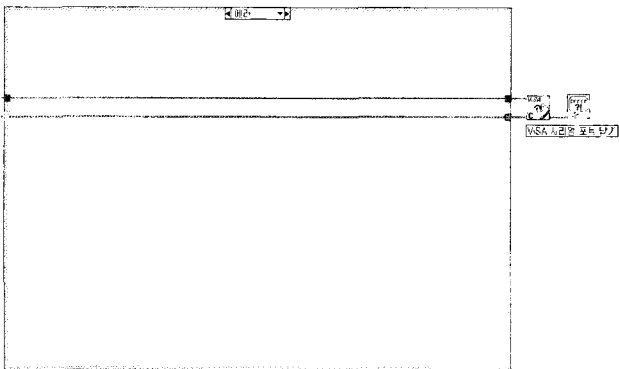


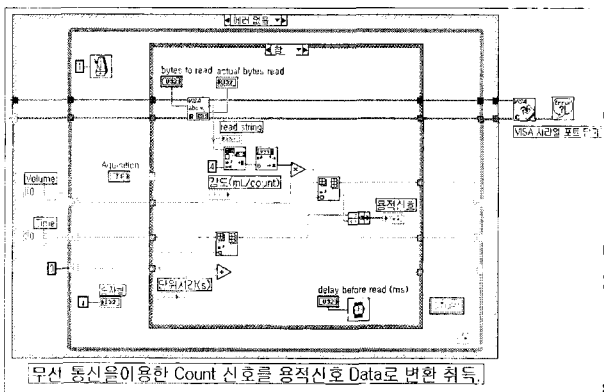
그림 8. 무선통신을 위한 파라미터 설정
Fig. 8. Parameter setting for wireless communication

다음 단계로, 무선 통신 에러를 검사하여 에러가 발생하면 오류 메시지를 모니터에 전송하고, 에러가 없다면 그 다음 단계인 무선통신에 의해 수신된 데이터를 취득한다. 그림 9에서는 이를 위한 무선통신 에러 검사부 및 데이터 취득부에 관련된 부분을 나타냈다.

배뇨측정을 하기 전에 그림 10에 나타낸 “Calibration”을 통해 배뇨 시작과 배뇨 종료를 알 수 있게 역치값을 구하고, 용적신호의 0점 보정을 위해 평균 RMS 값을 구한다. “Calibration”을 배뇨시작 전에 한번 실행하여 측정할 당시의 환경에 따라 역치값과 0점 보정을 위한 평균(RMS)값을 자동으로 구하게 되고, 요류그래프 및 파라미터를 구할 때 이 값들이 적용된다. “Calibration”이 끝나면 배뇨측정 시작을 알려주는 음성 메시지가 나오며, 그 후 측정을 시작하면 된다.



(a) 에러 검사부
(a) Error detection



(b) 데이터 취득부
(b) Data acquisition

그림 9. 통신 오류 검사 및 데이터 취득부
Fig. 9. Error detection for communication and data acquisition

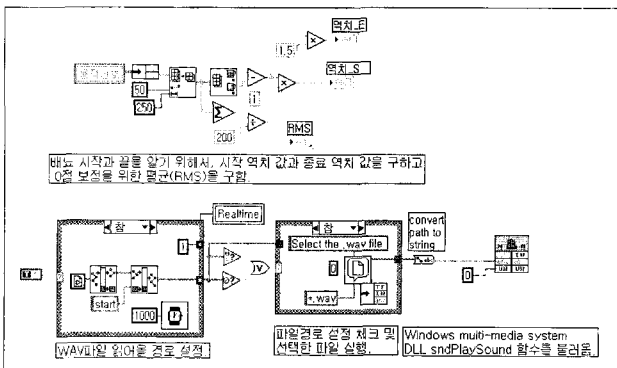


그림 10. Calibration 및 측정 시작 메시지.
Fig. 10. Calibration and Message to start measurement.

그림 11에서는 수신된 데이터의 0점 보정과 노이즈를 제거하기 위해 11 포인트 평균필터를 적용한 부분을 나타냈다. 0점 보정에는 "Calibration"에서 구한 평균(RMS)값이 적용된다.

또한, 그림 12에서는 오류 검사용 파라미터를 추출하기 위한 전 단계로 미분을 적용한 후 노이즈를 제거하기 위한 평균필터를 적용하는 부분을 나타냈다.

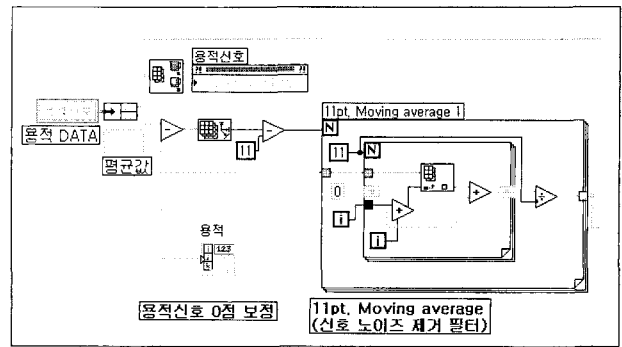


그림 11. 0점 보정 및 평균필터
Fig. 11. Zero Revision and Mean filter

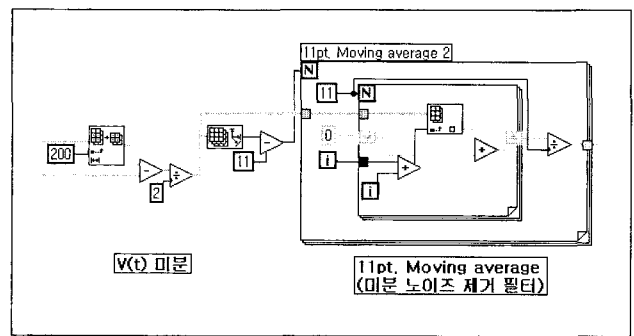


그림 12. 미분 적용 후 평균필터
Fig. 12. Mean filter after differential operation

그림 13에서는 측정된 데이터 중 배뇨 시작과 끝을 찾아서 요류 Data와 시간을 구하고, 그림 14에서는 구한 요류 Data와 시간을 통해 전립선 검사에 요구되는 특징 파라미터를 추출한 후 그 결과를 모니터에 출력하는 파라미터 추출 및 GUI용 그래프 출력부를 나타내었다.

그림 15에서는 추출한 파라미터와 용적, 요류 그래프 데이터 및 사용자 정보는 텍스트 파일로 저장하고, 그림 16에서는 저장한 Data를 FTP 서버로 전송한다.

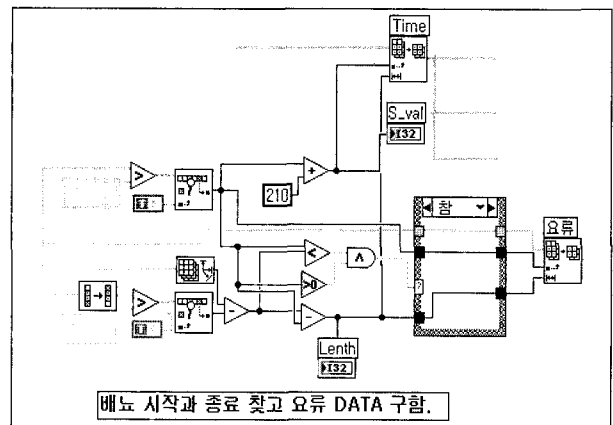


그림 13. 요류 데이터 취득
Fig. 13. Uroflowmetry Date Acquisition

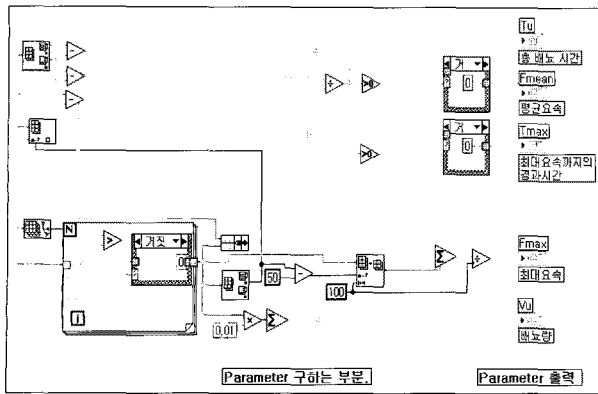


그림 14. 파라미터 추출 및 GUI용 그래프 출력
 Fig. 14. Feature extraction and GUI based graphic display

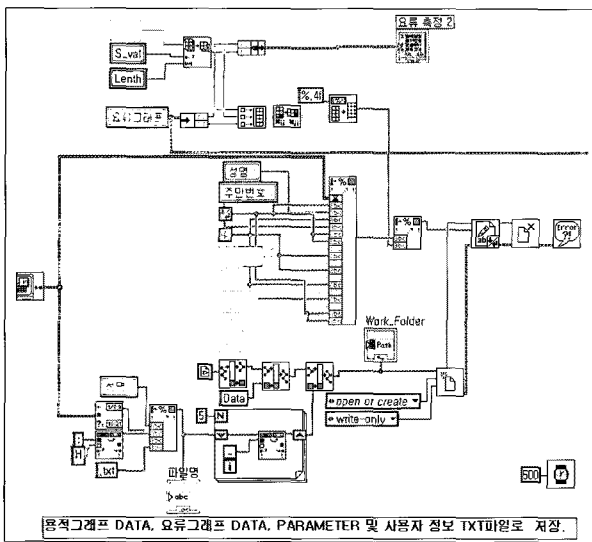


그림 15. 측정 데이터 Text 파일로 저장.
 Fig 15. Save Text-File of Acquisition Data.

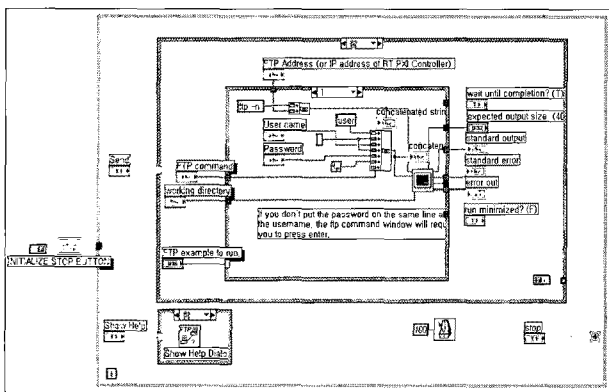


그림 16. 텍스트 파일 FTP 서버로 전송
 Fig 16. Send text-file to FTP Sever.

그림 17에서는 개발된 프로그램의 실행결과를 나타냈다. "ACQUISITION" 버튼을 클릭하면 우측 상단에 배뇨 측정

을 시작하고, "Calibration"버튼을 클릭하면 측정 시작을 알리는 음성 메시지가 나온다. 이 후 배뇨 측정을 시작하면 되며, 유류 그래프는 배뇨시작을 자동으로 인식하여 실시간으로 유류 그래프와 화면의 좌측에 전립선 비대증 진단에 필요한 핵심 파라미터들이 실시간으로 산출된다. 측정이 끝나면 "ACQUISITION" 버튼을 눌러 측정을 멈추고, "SAVE"버튼과 "SEND"버튼을 통해 저장하고 서버로 전송할 수 있다. 이 외에도 좌측 상단에 환자의 정보가 입력되도록 프로그램이 구성되었다.

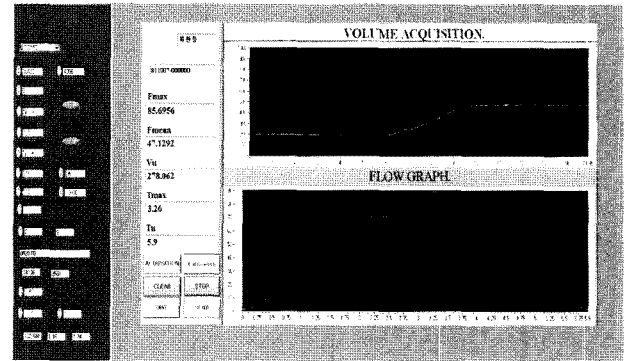


그림 17. 개발된 프로그램 실행결과
 Fig. 17. Execution result of developed program

5. 결 론

본 논문에서는 무선모듈과 LabVIEW 기반의 윈도우 프로그램을 이용하여 전립선 진단을 위한 특징 파라미터 추출 프로그램의 개발뿐만 아니라 환자의 개인이력 정보의 데이터베이스화가 가능한 시스템을 개발하였다. 개발된 프로그램은 모의실험장치를 이용하여 실험한 결과 실시간으로 유류용 신호의 검출과 전립선비대증 진단에 핵심요소인 파라미터의 추출이 효과적으로 실행됨을 확인하였다. 상기의 시스템은 급속한 인구의 고령화와 더불어 지속적으로 증가하고 있는 전립선 관련 질환의 조기 진단과 체계적 관리를 위하여 유용하게 사용될 수 있으리라 기대 된다.

참 고 문 헌

- [1] 이영구, "전립선의 분자생물학," 전립선비대증, 대한전립선학회 편, 일조각, 서울, pp.16-27, 2004.
- [2] 노충희, "미국비뇨기학회 진료지침," 전립선비대증, 대한전립선학회 편, 일조각, 서울, pp. 119-126, 2004
- [3] 나용길, '전립선비대증의 역학과 자연경과,' 배뇨장애와 요실금, 대한배뇨장애 및 요실금학회 편, 일조각, 서울, pp. 321-327, 2003.
- [4] 김민의, "필수검사와 기타 중요검사, 전립선 비대증, 대한전립선학회 편, 일조각 서울, pp.127-146, 2004.
- [5] G. D. Webster and M. L. Guralnick, the neuro-uro-logic evaluation. In: Walsh PC, Retik AB, Vaughan ED Jr, Wein AJ, eds. *Campbell's urology*. 8th ed., Saunders, Philadelphia, pp.

저 자 소 개

900-930, 2002.

[6] Schafer W, Noppeney R, Rubben H, Lutzeyer W. The value of free flow rate and pressure/flow studies in the routine investigation of BPH patients. *Neurol Urodyn*, pp. 219-221, 1988.

[7] Reynard JM, Yang Q, Donovan JL, Peters TJ, Schafer W, de la Rosette JJ, et al. The ICS-BPH study: uro-flowmetry, lower urinary tract symptoms and bladder outlet obstruction. *Br J Urol*, pp. 619-623, 1998.

[8] Jensen KM, Jorgensen JB, Mogensen P. Urodynamics in prostatism. II. Prognostic value of uroflowmetry. *Scand J Urol Nephrol*, pp. 63-71, 1988.

[9] McLoughlin J, Gill KP, Abel PD, Williams G. Symptoms versus flow rates versus urodynamics in the selection of patients for prostatectomy. *Br J Urol*, pp. 303-305, 1990.



최환용(Hwan-Yong Choi)
 2007년 : 청주대학교 컴퓨터공학과, 반도체 공학과(학사)
 2007년~현재 : 충북대학교 제어계측공학과 석사과정

관심분야 : 3차원 측정, 조명제어 시스템, 임베디드 프로그래밍, 패턴인식

이대종(Dae Jong Lee)

2008년 제18권 1호 참조

차은종(Eun-Jong Cha)

2007년 제17권 5호 참조

조영임(Cho Young Im)

2008년 제18권 1호 참조

전명근(Myung Geun Chun)

2008년 제18권 1호 참조