

이중모드 주사기형 약물자동주입장치의 개발에 관한 연구

홍수용, 엄기현, 김익근, 이경중, 윤형로, 김은기, 엄대자**

연세대학교 보건과학대학 의용전자공학과, 원주의과대학 홍부의과학교실*, 마취과학교실**

Development of the Dual Mode Syringe Type Infusion Pump

S. Y. Hong, K. H. Um, I. K. Kim, K. J. Lee, H. R. Yoon, U. K. Kim, D. J Um

Dept. of Biomedical Eng., College of Health Science, Yonsei Univ.

Dept. of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Wonju College of Medicine, Yonsei Univ.*

Dept. of Anesthesiology, Wonju College of Medicine, Yonsei Univ.**

Abstract

The purpose of this study is to design and develop the circuit of the dual mode syringe pump. Syringe pump is used in intensive care unit, delivery room, pediatric room, operating theater and other fields of hospital at present. Normally the syringe pump delivers one medicine in one case, but in case of intensive care unit, it is necessary to deliver more than two kinds of medicines at a time. Therefore we have designed dual mode syringe pump. We used RISC type microcontroller, PIC17C44 as master controller, and PIC16C73 as slave cpu using for the low power consumption. The performance of system is evaluated by analysis of the linearity and accuracy which is the most important factors in application. While the proposed system shows a acceptable linearity and accuracy, a further research about reducing the error r should be done.

1. 서론

이중모드 주사기형 약물자동주입장치란 일정량의 약물을 주사기를 이용하여 안전하고, 정확하게 환자에 주입하는 의료장비로 1개의 제어회로를 이용하여 2종류의 약물을 동시에 주입할 수 있다. 약물자동주입기는 과거에는 당뇨병 환자에게 인슐린을 투여하거나 통증치료를 위한 진통제를 투여하기 위해 정확한 약물주입에 대한 연구가 진행되었다. 현재는 중환자실, 분만실, 소아병실, 수술실 등에서 다양한 용도로 이용되고 있으며 컴퓨터의 발달로 멀티프로세서 및 RS232 또는 RS485를 이용한 serial 통신을 통해 원격감시 및 제어기능을 갖춘 다중모드에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있다. 이에 본 연구에서는 시스템의 성능을 향상시키기 위하여 저전력, 고성능 마이크로컨트롤러인 PIC17C44를 주제어기로 사용하고, PIC16C73을 부제어기로 채택한 이중모드 약물장치를 설계하려고 한다.

2. 시스템 구성

이중모드 주사기형 약물자동주입기는 디지털 하드웨어부, 시스템 동작상태를 감지하는 시스템 정보 검출부, 약물주입을 실행하는 약물주입 구동부, 전원부, 키입력부와 표시부, 이중모드 제어부로 구성되어 있다.

1) 디지털 하드웨어부

마이크로프로세서는 PIC17C44를 사용하였으며 11.0925 MHz 수정발진기와 주파수 분주기 4020BP를 이용하여 스테핑 모터를 구동하는 클럭을 만드는데 이용되는 CPU 내부 타이머 구동주파수 375KHz와 키입력부의 샘플링 주파

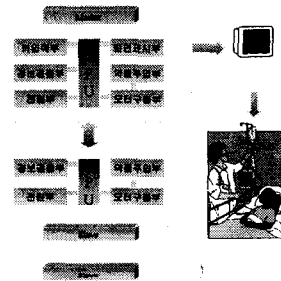


그림 1 시스템 구성도

수 46.8KHz를 만들었다. 키입력부에서 들어오는 정보와 아날로그 신호처리부에서 들어오는 정보를 동시에 CPU의 같은 포트에 연결하여 CPU의 사용 포트 수를 줄였으며 이로 인하여 생기는 데이터 충돌을 피하기 위해 74LS541 3-state buffer를 이용해 multiplexing 하여 데이터를 읽어 오도록 설계하였다. 아날로그 신호처리부는 Nearly empty 경보회로, Low battery 경보회로, Syringe type 검출회로, Occlusion 경보회로에서 들어오는 아날로그 신호를 ADC0809를 이용하여 디지털 신호로 변환하여 CPU로 데이터를 전송하며 CPU는 읽어온 데이터를 가지고 프로그램에 의해 계산하여 허용범위를 넘을 경우 해당하는 경보의 표시 및 상태를 LCD에 표시한다. PIC17C44의 포트C와 포트D는 16bit의 어드레스 제어를 위한 버스로 이용하였으며 포트C는 또한 8bit 데이터 버스로도 사용되며 데이터 버스와 어드레스 버스의 데이터 충돌을 피하기 위해 74LS373 3-state latch를 이용하여 설계하였다.

2) 시스템 정보 검출부

Nearly empty 경보회로와 Syringe Type 경보회로, Low Battery 경보회로, Occlusion 경보 회로로 구성된다. Nearly empty 경보회로와 Syringe type 경보회로는 slide volume을 이용하였으며 Nearly empty 경보회로의 경우 주사기 장착부에 주사기를 밀어주는 부분이 slide volume을 밀고 들어가다 일정지점에 도달하면 위치를 검출하여 경보를 발생하며 Syringe type의 경우 주사기의 지름을 slide volume을 이용해 측정하여 종류를 판별한다. Low battery 경보회로는 battery 출력단의 전압을 직접 측정하여 일정전압 이하로 떨어지면 경보를 발생한다. Occlusion 경보회로는 모터의 회전수를 encoder를 이용하여 측정하여 기준 압력 이상으로 과부하가 발생하여 모터 회전에 이상이 생기면 경보를 발생한다.

3) 약물주입 구동부 및 제어 알고리즘

약물주입을 위한 구동원으로 스테핑 모터를 사용하였으며 스테핑 모터 구동 드라이버인 UCN5804를 이용하여 제어하였다. 스테핑 모터 구동 클럭은 CPU에 내장된 내부타이머를 이용하여 사용자가 입력한 약물주입속도에 따라 0.1ml/h부터 299.9ml/h까지 타이머의 카운트 값을 조정하

여 구동 클럭을 발생시켰다. 스텝핑 모터의 최대 rpm은 20ml 주사기인 경우 최대 속도 300ml/h 일 때 75 rpm로 측정되었고 이때의 모터의 최대 구동 클럭은 Step Angle 을 1.8° 로 보았을 때 250 Hz로 결정되었다. 약물주입의 제어는 사용자가 약물 주입속도를 직접 입력 하거나 4가지 parameter를 입력하면 식(1)에 의해 CPU가 약물주입속도를 계산하여 모터를 구동시킨다.

$$ml/h = \frac{(ug/kg/min) \times kg \times ml \times 60}{mg \times 1000} \quad \text{식(1)}$$

- ◆ml/h : 약물주입속도
- ◆ug/kg/min : Dose rate
- ◆kg : 몸무게
- ◆ml : Solution Volume
- ◆mg : Drug Volumn

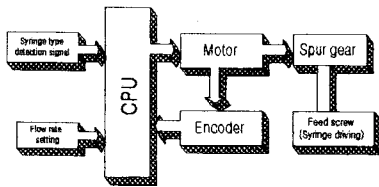


그림 2 약물주입 알고리즘 및 메카니즘

4) 전원부

전원부는 AC-DC Power supply와 Battery 충전회로 DC-DC converter 부분으로 구성되었다. AC-DC Power supply의 입력단자는 110V, 220V 겸용으로 사용이 가능하며 최대출력은+15VDC/2A까지 가능하다. Battery 충전회로는 NiCd(Nickel Cadmium) 12V/1.2Ah battery를 사용하였으며 MAX713CPE를 사용하여 5시간 충전을 시켜 AC 전원이 차단되었을 때 응급으로 4시간 정도 사용할 수 있게 구현하였다. DC-DC converter 부분은 디지털회로에 쓰이는 +5VDC 전압과 화면표시에 쓰이는 LCD 구동전압 -10VDC 전압, 스텝핑 모터를 구동하는데 쓰이는 +6VDC 전압을 만든다.

5) 키입력부 및 표시부

사용자로부터 입력받을 수 있는 키는 8개로 구성되어 있으며Tr-array인 MC1413과 MC14419를 이용하여 8개 각 키에 대한 고유번호를 부여할 수 있었으며 키 입력을 받을 수 있는 샘플링주기는 46.8KHz로 설정하였다. 표시부는 사용자에게 필요한 모든 정보를 알려주며 경보의 종류, 주사기의 종류, 약물의 주입속도, 주입된 약물의 누적된 양을 표시하며 Graphic LCD(240by64)를 이용하였다.

6) 이중모드 제어부

이중모드 제어를 위하여 Slave CPU로 PIC16C73을 이용하여 약물의 주입속도를 Master CPU인 PIC17C44로부터 전달받아서 독립적으로 내장된 약물주입 구동부를 제어하여 약물을 주입하며 독립적으로 내장된 경보 검출회로를 이용해 약물을 주입하는 동안에 발생하는 경보를 검출하여 경보의 종류와 장착된 주사기의 종류를 Master CPU로 전달하며 PIC17C44는 이 정보들을 표시부에 표시한다. 또한 RS232 포트를 이용한 serial 통신을 통해 약물주입 속도와 현재까지 주입된 약물의 양, 그리고 시스템의 상태등의 정보를 CNS(Central Nurse Call System)모니터로 전송하여 장비가 설치된 주변에 가지 않아도 CNS 모니터로 관찰할수 있도록 GUI (Graphic User Interface) 및 통신 알고리즘을 설계중에 있다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 개발된 이중모드 약물자동주입장치의 정확성

과 연속성을 평가하기 위해 infusion pump analyzer를 이용하여 실험하였다. 그림3은 flow rate를 50ml/h로 설정하고 약 8분동안 시간에따른 flow rate의 변화를 측정한 것이다. 초기 3분동안 flow rate는 설정된 값과 비교하여 많은 차이를 보이다 서서히 증가하며 약 5분후부터 정확한 설정값에 도달하는 것을 볼 수 있다. 이러한 현상의 원인은 모터구동 초기에 발생하는 과부하와 주사기 내부의 압력변화로 추정된다. 따라서 초기 3분 동안 발생하는 오차의 값을 최소화시키는 것이 이상적인 약물자동주입기의 주안점이 된다. 그림4는 flow rate를 10.5ml/h로 설정하고 약 9분동안 시간에 따른 flow rate의 변화를 측정한 것이다. 그림3에 비해 빠른 시간내에 설정값에 도달하는 것으로 나타난다. 그러나 설정된 값에 도달한 후 정확성에 있어서는 그림4에 비해 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이러한 현상의 원인은 spur gear의 회전운동을 feed screw의 전진운동으로 변환하는 과정에서 발생하는 치차비의 오차로 추정된다. 이상의 실험을 통해 정확한 약물주입을 위해서는 설정된 값을 일정하게 유지하는 정확성과 설정된 값에 빠른 시간내에 도달하는 연속성이 매우 중요함을 알 수 있다.

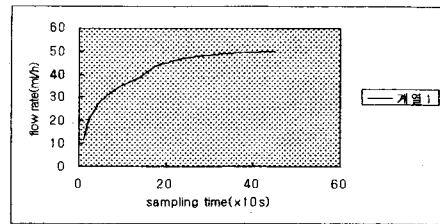


그림 3 정확성 분석도-B

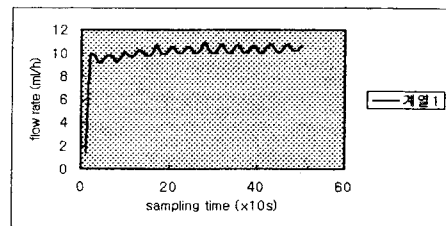


그림 4 정확성 분석도-A

참고문헌

1. White PF: Clinical use of intravenous anaesthetic and analgesic infusion. *Anesthe Analg* 1989; 68: 161-71.
2. Maroof M, Khan RM: One syringe total intervenous anaesthesia. *Br J Anesth* 1995; 74(suppl1):84-5
3. Ray E.Johnson et.al : Cardioplegic infusion. *J Thorac Cardiovasc Surg* 83: 813-823, 1982
4. J.B.Slate and L.C.Sheppard: Automatic control of blood pressure by drug infusion. *Proc.Inst. Electr. Eng.* 129: 639-645, 1982
5. 이경중, 이윤선, 최경훈, 윤형로: 의료용 Infusion Pump 개발에 관한 연구. *의공학회지*, 5: 63-67, 1984.
6. Stephen B. Connor, Timothy J. Quill, James R. Jacobs : Accuracy of Drug Infusion Pumps Under Computer Control, *IEEE*, VOL.39. NO.9. 980-982, 1992

Acknowledgement

본 연구는 보건복지부 의료공학기술개발사업 연구지원비 (HMP-96-G-1-16)로 이루어졌음.