

## 광센서 점적계를 이용한 정맥내 주입률 조절기의 개발

°양 윤석, 김 희찬\*

°서울대학교 대학원 협동과정 의용생체공학전공, 서울대학교 의과대학 의공학교실\*

## Development of an IV Infusion Rate Regulator Using Optical Drip Rate Meter

°Y. S. Yang and H. C. Kim\*

°Interdisciplinary Program, Biomedical Engineering Major, Graduate School and  
Department of Biomedical Engineering, College of Medicine\*,  
Seoul National University,

### ABSTRACT

It is necessary to maintain constant intravenous (IV) infusion rate. While infusion pump is able to control infusion rate with great accuracy, its rather large size and weight make it difficult for patients to move around. The most commonly used infusion device is gravity IV infusion set with its administration chamber being clamped according to the observed drip rate. In this case it may be easier and more accurate to maintain IV rate to given value if we automate the drip-counting process and tube-clamping work by electronic devices. We calculated volume infusion rate of specific fluid using optical drip rate meter which we had developed. To regulate fluid flow rate, we equipped the rate meter which we had developed with a miniaturized clamping apparatus using DC motor. Also, we implemented drip detection and clamp control algorithm with PIC16C73  $\mu$ -controller (Microchip). This system provides user interface through LCD display and key buttons.

### 서 론

체내에 일정량의 약물을 지속적으로 투약해야 할 경우 시간당 투입되는 약물의 양을 일정하게 유지하는 것이 필요하다. 아주 정확한 투약량 관리가 필요한 경우 센서를 통하여 투약되는 양을 관찰하고 pump로 직접 박출되는 약물의 양을 제어하는 infusion pump를 사용할 수 있으나, 보통의 경우 gravity를 이용하는 IV 주입 세트 (Intravenous infusion set)를 사용하여 약물을 투입한다. 이 경우 투약 중에 점적실 (administration chamber)내의 drip rate을 관찰하고 약물과 tube의 종류에 따른 투약속도를 계산하여 투약기의 clamp를 사람이 조절하여 간접적으로 투약량을 조절하는 방법이 사용되고 있다. 그러나

장시간 투여되는 약물을 chamber내의 drip을 사람이 직접 계속 관찰하며 투약속도를 유지하기는 어렵다. 이 때 chamber내의 drip을 자동으로 검출하고 투약량과 투약속도를 계산하여 이에 따라 역시 자동으로 tube를 clamp할 수 있으면 장시간 주입속도를 보다 쉽게 유지할 수 있다. 본 논문에서는 광센서를 이용해 제작한 optical IV drip rate meter[1]에 작은 크기로 제작된 electronic clamping device를 추가하고  $\mu$ -controller를 이용하여 미리 설정된 값에 맞추어 투약속도를 조절하는 소형 장치를 개발하였다.

### 본 론

가. 광센서를 이용한 점적계

그림 1에 본 연구에 사용된 점적계의 모습을 나타내었다[1].

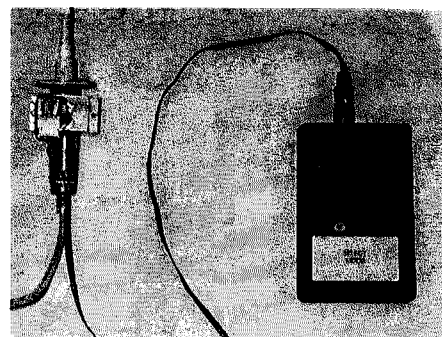


그림 1 광센서 점적계

LED와 photo-transistor를 적절히 배치하고 용액의 drip에 의해 생기는 빛의 산란으로부터 drip을 검출한다[2,3]. 소모 전력과 daylight 간섭을 줄이기 위해 LED를 500 Hz switching pulse로 구동하였다. 이에 따라 출력도 Pulse Amplitude Modulated (PAM)된다[4]. PIC16C73  $\mu$ -controller

(Microchip)로 검출 알고리즘을 적용하여 투약량과 투약속도를 계산하여 LCD에 표시하였다.

$$\begin{aligned} \text{Volume infusion rate (mL/min)} \\ = \frac{\text{Drip rate (drops/min)}}{\text{drip factor (drops/mL)}} \end{aligned} \quad (1)$$

나. 추가된 가동 Clamp

infusion pump에서 fluid를 능동적으로 주입하는 것과는 달리 본 장치에서는 gravity IV set의 약물의 흐름을 그대로 이용하고 주어진 속도에 따라 clamp를 조절하는 방법을 사용하였다. 오차의 보정 시에만 모터를 구동함으로써 소모전력을 줄일 수 있었다. 그림 2와 같이 tube를 가동 clamp에 통과시킨다.

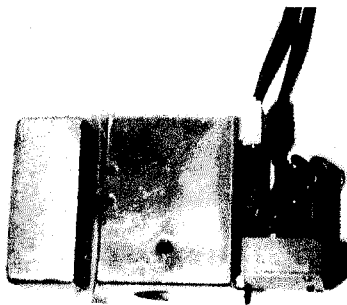


그림 2 가동 Clamp

Clamp장치는 DC 모터의 회전운동을 적당한 cam 구조를 이용하여 선형운동으로 바꾸고 큰 회전 수 비율(1000:1)에 의해 tube를 압축하기에 충분한 힘을 낼 수 있도록 제작하였다. 압축하는 힘이 줄어들면 tube는 스스로의 복원력에 의해 원래모양을 회복하게 된다.  $\mu$ -controller의 PWM 출력을 H-bridge 회로에 연결하여 모터를 양방향으로 회전시킬 수 있도록 하였다. 주어진 투약속도 (Set\_Rate)와 광센서 점적계로 측정된 실제 투약속도 (Measured\_Rate)로부터 모터의 회전수와 방향, 즉 tube를 압축할 힘(변위)의 크기와 방향을 식 (2)와 같이 결정하였다. tube clamping force (displacement)에 대한 유속의 관계가 선형적인 특성을 보이지 않을 뿐 아니라, tube의 종류에 따라 다르므로 식 (2)에서 K는 일정한 상수가 아니라 가변적으로 하였다.

$$\text{Clamping\_Force} = K(\text{Set\_Rate} - \text{Measured\_Rate}) \quad (2)$$

K: 비례상수

Control algorithm은 광센서 점적계를 구동하고 있는  $\mu$ -controller내에 구현하였다. 모터는 점적계와 같은 전원(+5V)을 사용하여 구동하였다.

다. 전체 장치 구성

그림 3과 같이 optical drip rate meter에 가동 clamp를 추가하여 close-loop을 구성하였다. LCD에는  $\mu$ -controller에서 계산된 투약량과 투약속도에 대한 정보를 표시하고, 사용자는 key button으로 LCD에 투약속도를 설정할 수 있도록 하였다. 보통 사용하는 gravity IV drip set의 투약량과 투약속도에 맞추어 다음과 같은 사양으로 제작하였다.

- 총 투약량 : 0 ~ 999 mL
- 평균 투약속도 : 0 ~ 99.9 mL/min
- drop당 투약속도 : 0 ~ 99.9 mL/min

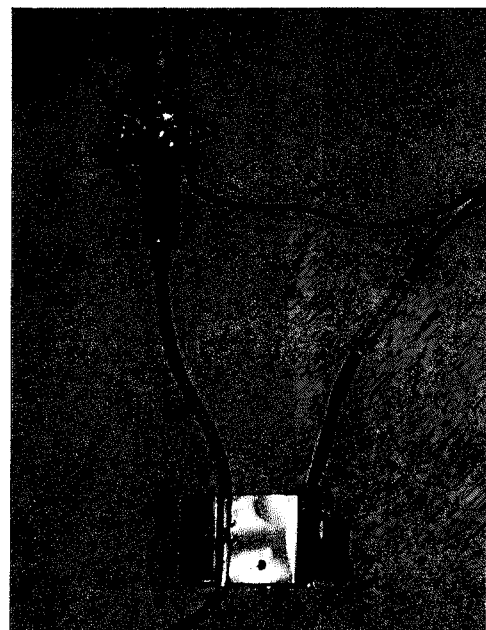


그림 3 광센서 점적계와 가동 Clamp로 구성된 전체 장치

결 론

이전에 개발한 광센서 점적계에 작은 크기의 가동 clamp 장치를 추가하고 동일한  $\mu$ -controller를 사용하여 투약속도를 장시간 관찰할 뿐 아니라 일정한 값으로 유지할 수 있도록 한 정맥내 주입률 자동조절 시스템을 개발하고 그 성능을 평가하였다. 안전장치의 확보와 신뢰성 향상 등을 통해 저가형의 약물주입 시스템으로 일상에 널리 쓰일 수 있을 것으로 기대 된다.

참고문헌

[1] 양윤석, 김희찬. "광센서를 이용한 정맥내 점적계의 제작", 대한의용생체공학회 춘계학술대회논문집, 20권, 1호, pp. 345-346, 1998  
 [2] A.S.Sedra et al. *Microelectronic Circuits* 1987  
 [3] J. G. Webster. *Medical Instrumentation 1998*  
 [4] S.Haykin. *Communication Systems* 1994