

의료용 Infusion Pump 개발에 관한 연구

이경중 · 이윤선 · 최경훈* · 윤형로

= Abstract =

A Study on the Microcomputer Based Infusion Pump

Kyung-Jung Lee, Youn-Sun Lee, Kyung-Hoan Choi*, Hyung-Ro Yoon

The Infusion pump that is widely used in hospital has been designed. This system consists of microcomputer system, stepping motor control part and mechanical part for syringe driving.

It has 450mmHg maximum pressure and $\pm 0.5\%$ accuracy, and especially keep the accent on the electrical and functional safety.

1. 서 론

ICU, 소아과, 산부인과, 수술실 및 방사선과등 임상각과에서는 장시간 동안 균일한 속도로 약물을 생체에 주입시켜야 하는 경우가 종종있다. 이러한 경우에 사용되어지는 기기가 infusion pump 이다.

Infusion pump는 dropping rate를 제어하는 형식과 syringe를 밀어주는 두가지 종류로 구별되며 전자를 수동형 주입방식, 후자를 능동형 주입방식이라 할 수 있다.

Infusion pump의 응용에는 다양하며 특히 주입물의 정확성, 안전성등은 치료의 정확도, 안전도 및 치료예의 통계량작성등에 적용하기가 용이하다.

본 논문에서는 syringe type의 infusion pump를 설계 하고자한다. 시스템 구성은 마이크로 컴퓨터부, 스텝모터 제어부, 주사기 구동을위한 기계부로 구성하였다. 또한 본 기기를 환자에게 장시간 사용하였을경우 환자의 움직임등에 의한 주사바늘이 혈관을 이탈하

여 근육에 삽입 되었을경우 또한 tube의 꺾임, 주사바늘 끝에서 혈액응고 등에 대비하여 motor fail을 자동검지 할 수 있도록 설계 하였다.

2. 시스템 구성

(1) 마이크로 컴퓨터 시스템

Syringe의 flowrate를 제어하며 약물주입시 발생하는 여러가지의 status를 모니터 한다.

이는 CPU, 4K byte ROM, 1K byte RAM과 I/O port로 구성된다. 이 중 ROM은 시스템 제어를 위한 제어 프로그램과 시간 보정용 time table이 저장되며, RAM은 stack과 입력되는 상태의 임시저장 장소로 이용된다. 또한 I/O port는 flow rate preset을 위한 thumbwheel 스위치, syringe 및 구동시의 상태, 제어 스위치 입력, 모터 제어 출력을 위하여 사용된다. 제어 스위치 입력 으로는 START, STOP, FORWARD, BACKWARD, ALARM, RESET이있고 상태 출력으로는 syringe status, empty, power fail, alarm이 있다. 상태 입력 으로는 syringe의 empty 여부 stepping motor의 step fail, 전원 fail, 구동부와 syringe의 접촉 여부가있다. 또한 모터 제어 신호로는 forward와 backward 신호가 있다. 이상의 모든 입, 출력 신호는 I/O port의 두 port(16bit)을 통하여 검지 또는 제어 된다.

<1984. 6. 1 접수>

연세대학교 원주의과대학 의공학과

*연세대학교 원주의과대학 내과

Dept. of Biomedical Engineering, Wonju College of Medicine, Yonsei University

*Dept. of Internal Medicine, Wonju College of Medicine, Yonsei University

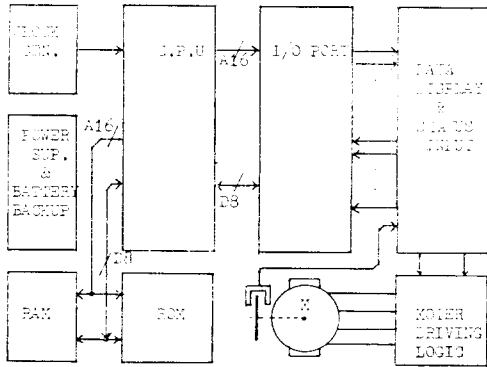


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System block diagram

(2) 스텝 모터 제어부

4 phase steppign motor 제어를 위한 forward, backward 카운트는 I/O port내 카운터를 이용하고 이의 출력력을 2to 4 디코우더로 디코우딩 한 후 다링턴 트란 지스터를 이용하여 4극 제어를 하였다.

사용한 모터는 step angle 7.5°, 최대 dynamic torque 280g-cm 의 영구자석 모터를 갖고 step각이 비교적 큰 PM형을 사용하였고 구동방식을 감쇠진동이 작고 출력 토크가 큰 2상 여자 방식을 채택하였다. 또한 인가 전압 방식은 잠음문제와 저속제어에 편리한 정 전압에 외부저항 삽입 방식을 채택 하였다.

(3) Syringe 구동 기계부

Stepping 모터에 의해 구동되는 gear box는 0.3mm 피치, 치차비 200의 3단 기어에의해 rack gear를 밀 어주도록 설계하였다. 모터의 step fail을 검지하기 위하여 그림2와 같은 광 센서를 부착하였으며 이는 24 step, 즉 모터가 180° 회전 하였을때 펄스가 한번씩 검

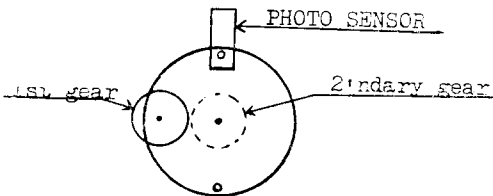


그림 2. 모터에러검지부
Fig. 2. Step fail detection part

지 되도록 하여 이의 지연여부에 의해 flow rate error 를 검출 할 수 있도록 한다.

3. 제어 알고리즘

본 시스템을 제어하기 위한 제어 프로그램은 그림 3 에시와 같이 데이터 입력 및 상태테스트, timing control 및 모터 제어, 에러 검출의 세 부분으로 나눌수 있다.

(1) 데이터 입력 및 상태테스트

Preset된 시간당 주입할 약물의 양을 읽어들이고 이 에 의해 구동부를 움직이기전 모든상태를 검사하는 루틴으로 입력테스트의 우선순위는 다음과 같다.

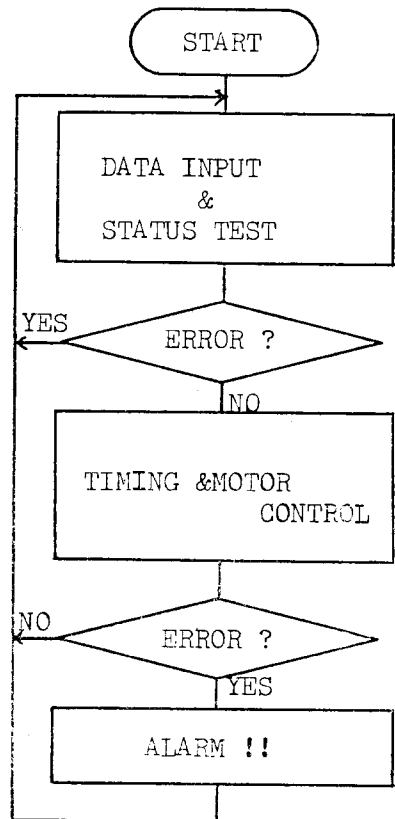


그림 3. 시스템 제어알고리즘
Fig. 3. System control algorithm

즉 1. EMPTY: 구동부가 syringe 고정대 끝에 위치한 경우

2. STATUS: 주사기와 구동부가 접촉되어 있는지 여부상태

3. START/STOP: START 스위치 또는 STOP 스위치 상태

4. BACKWARD: 구동부의 후진명령 스위치 상태

5. FORWARD: 구동부의 전진명령 스위치 상태

위의 우선순위는 조작상의 안전성을 고려한 것으로서 정상작동을 위하여는 EMPTY(ϕ), STATUS(1), BACKWARD(ϕ), FORWARD(ϕ), START(1), STOP(ϕ)의 순서로 각 조건을 만족시켜야 한다.

즉 empty 상태에서는 후진명령만 유효하며 우선순위가 낮은 전진, START 명령은 무시된다. STATUS ON 상태에서는 약물과량주입을 막기위해서 전진명령은 무시되며 후진, START/STOP 명령만이 유효하다.

또한 BACKWARD, FORWARD가 동시 입력되었을 때는 FORWARD는 무시됨으로서 사용자의 조작부주의로 인한 약물과량 주입이 어떠한 경우에도 발생하지 않도록 하였다.

주입량은 입력시키는 세 디지털의 BCD 코드를 멀티플렉싱 함에 의해 네개의 입력포트를 통해 순서대로 읽어들인다.

이상에 대한 흐름도는 그림4와 같다.

(2) Timing control 및 모터 제어

데이터 입력회로를 통해 읽어들여진 세 디지털의 B-CD code를 이용하여 stepping 모터의 구동간격을 계산하는 routine이다.

즉 세 디지털중 MSD를 이용하여 기본 timing을 계산하며 이를 I/O port 내의 interval timer에 preset 시킨다.

또한 LSD 및 2'nd LSD를 이용하여 기본 timing을 반복할 회수를 ROM 내의 테이블에 의해 찾아내게 된다.

이러한 방법에 의해 입력값 0.1ml/H에서 99.9ml/H 사이의 전 범위에 대해 일정한 선형성 및 정확도를 유지하도록 하였다.

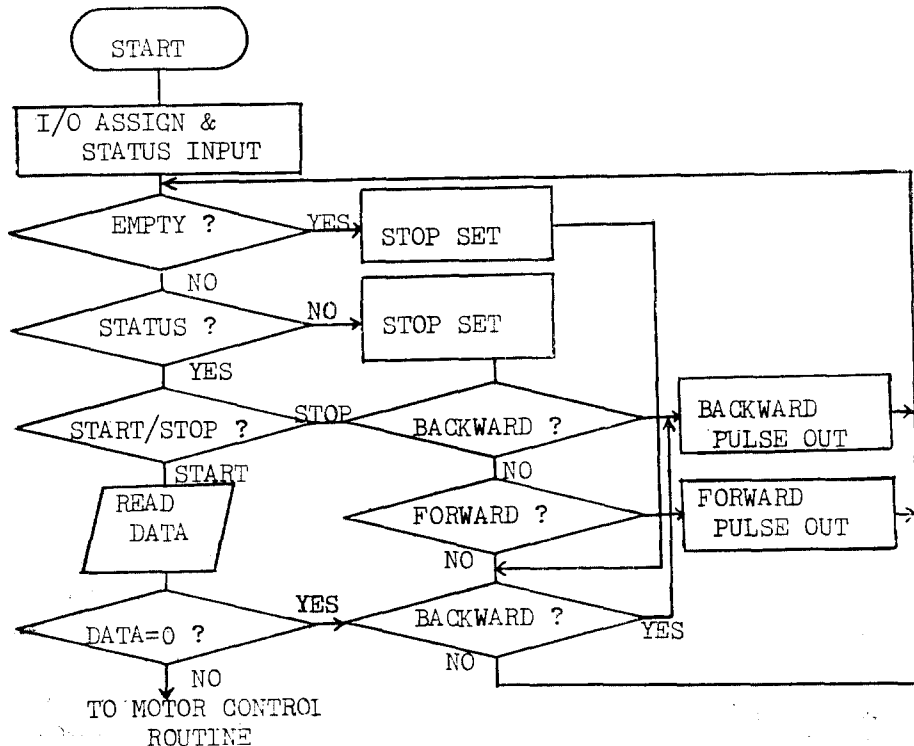
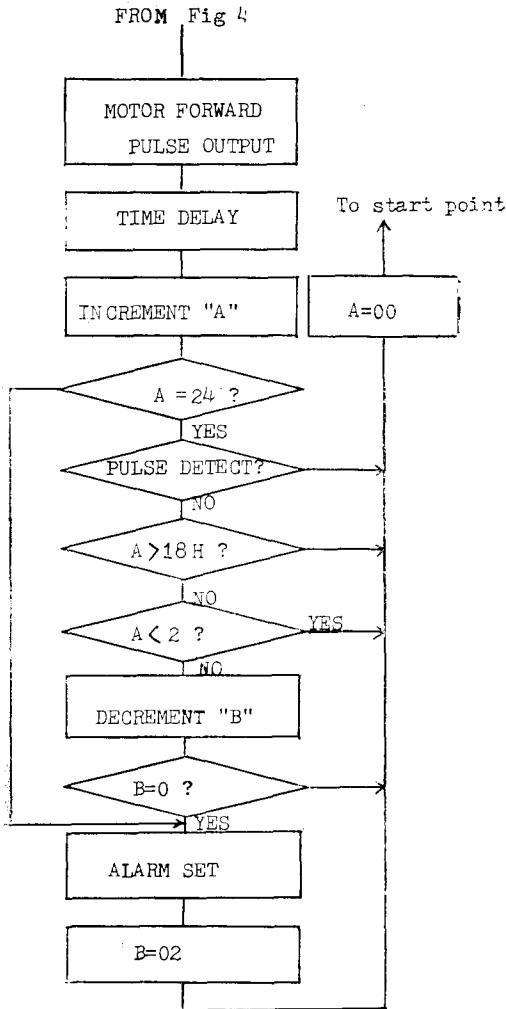


그림 4. 데이터 입력 및 상태테스트 흐름도
Fig. 4. Data input & status test routine

(3) 에러 검출

에러검출 부분은 정상구동 forward 펄스의 회수와 step 센서로 부터 검지 되는 펄스의 간격을 비교함에 의해 확인할 수 있도록 하였다. 이에 의해 에러가 검지 되었을경우 에러 카운터를 증가시켜 한 syringe 양의 주입기간동안 발생하는 에러의 회수를 알게되고 이에 의한 오차가 $\pm 0.5\%$ 이상될때에는 alarm을 발생하도록 한다.



"A" is Pulse Count
 "B" is Initial Index

그림 5. 에러검출 프로그램 흐름도
 Fig. 5. Error detection routine

또한 본 기기의 초기상태, 또는 한번 이상의 에러가 검출된후에는 검지되는 센서 hall의 초기 index를 위한 routine을 거쳐 정확한 주입을 확인 할 수 있도록 하였다.

이의 흐름도는 그림5와 같다.

4. 실험 및 고찰

개발된 infusion pump를 이용한 실험에서 50ml disposable syringe를 사용하였으나 국내제작되는 제품이 제조회사별로 길이, 굵기등 규격이 균일치 못하였고 무부하 주입시의 마찰계수도 상당한 차이가 있었다. 이에 의해 본기기의 실험에서는 A회사 제품을 기준으로 이루어졌으며 연세대학교 원주의과대학부속 기독교병원 임상팀에의해 수술환자, 중환자실에서 약물투여등 약 2개월간에 걸쳐 실험한 결과 완벽한 성능을 얻을 수 있었다. 또한 본 시스템에서는 stepping 모터를 이용함에 의해 에러 검출을 위한 케환이 완벽해졌으며, 전반적인 정확도가 증가됨을 알수있게 되었다.

V. 결 론

연세대학교 원주의과대학 의용공학팀은 정확도및 안전도가 생명인 의료기기 개발의 첫걸음으로 Infusion Pump를 개발하였다.

이는 마이크로 컴퓨터를 의료기기에 응용함에 의해 지능화와 저가격화에 앞서려 하였고 이를 밑 바탕으로 안전성과 정확성이 좀더 개선된 일반의료기기및 자동인식과 판별기능을 갖춘 진단기기 개발을 시작하려 한다.

참 고 문 헌

- 1) Terry Plasse et. al.: *Portable Infusion pumps in ambulatory cancer chemotherapy* Cancer Vol. 50 1982 pp.27~31
- 2) M. Auer, H. Rodler: *"Microprocessor-control of drug infusion for automatic blood-pressure control"* Med. & Biol. Eng. & comput. Vol. 19 Mar. 1981 pp. 171~174
- 3) William V. Tamborlane, M.D. et. al.: *"Reduction to normal of Plasma Glucose in Juvenile Diabetes by subcutaneous administration of Insulin with a portable Infusion Pump"* New Eng

- Jour. of Med. Vol. 200 Mar. 1979 pp. 574~578*
- 4) William V. Tamborlane, M.D. et. al.: "Outpatient Treatment of Juvenile-Onset Diabetes with a preprogrammed portable Subcutaneous Insulin Infusion System" *Am. Jour. of Med. Vol. 68 Feb. 1980 pp. 190~196*
 - 5) R.C. Camp, T.A. Smay, C.J. Triska: "Microprocessor system Engineering" 1979 Matrix publishers Inc.
 - 6) Scout: "Microprocessor applications handbook" McGraw-hill
 - 7) John G. Webster: "Medical Instrumentation application and design" 1978 Houghton Mifflin Company, Boston
-