

디지털적산열량계 개발에 관한 연구*

The Study on The Development of A Digital Calori-Meter

박재삼(Jae-Sam Park)
시립인천전문대학 전자과

요 약

본 논문은 연산부, 지시부, 전원부/통신부로 이루어진 디지털적산열량계 개발에 관한 연구이다. 개발된 제품은 열량계산을 하는 K-테이블을 실시간으로 계산하여 순간열량계산에 사용하고, 온도 보정알고리즘을 내장함으로써 기존의 제품보다 훨씬 정밀한 계량이 가능하도록 하였고, 저전압(3.6V), 저전류 MPU(Tiny28L)를 사용하여 배터리 수명을 연장하고, 회로를 단순화 함으로써 생산 단가는 기존의 제품보다 저렴하게 하였다. 개발된 제품의 또다른 특징은 통신부를 내장함으로써 개발한 디지털적산열량계를 이용하여 인터넷 등을 통한 원격검침에 이용가능하도록 하였다.

I. 서 론

중앙난방방식 공동주택 등에서 각 세대에서 사용하는 난방열량에 따라 난방비를 부과함으로써 입주자 스스로 에너지절약을 유도할 수 있다는 취지하에 정부에서는 난방계량기 사용을 주도적으로 장려하고 있다[1,2,3]. 난방계량기는 크게 적산열량계와 난방미터기로 나눌 수 있다. 적산열량계는 일정한 난방구역내에서 사용하는 열량을 일정한 시간동안 통과된 난방수의 양과 공급측과 환수측의 온도차이를 연산하여 적산부에 표시되는 열량에 따라 세대 난방비 분배를 할 수 있도록 한 기기이며, 난방온수미터기는 일정한 난방구역내에서 일정한 시간동안 통과된 난방수의 양에 따라 세대 난방비 분배를 할 수 있도록 한 기기이다[3].

적산열량계는 열량을 정확하게 측정할 수 있어 난방비 부과에 따른 공정성을 확보할 수 있는 장점이 있으나 제품가격 및 설치비가 고가이고 난방온수미터기보다 고장율이 높고 점검 및 유지보수가 어렵다는 단점이 있다.

적산열량계는 표 1에서 보는 바와 같이 용도에 따라서 냉방용, 중온난방용, 고온난방용 및 냉난방 겸용의 4종류가 있다. 최근 MPU(Micro Processor Unit)의 발달로 디지털열량계의 개발 및 사용이 본격화 되고 있으며 하드웨어의 가격이 하락하는 추세이므로 앞으로는 디지털적산열량계의 사용이 보다 보편화 될 전망이다.

본 논문은 디지털적산열량계의 연산부, 통신부, 표시부 및 검사시스템의 개발과 개발제품의 사용 환경에 관한 연구이다. 적산열량계 개발시 가장 고려하여야 할 사항은 정밀도, 전원, 경제성 세가지로 볼 수 있다. 개발된 제품은 열량계산을 하는 K-테이블을 실시간으로 계산하여 순간열량계산에 사용함으로써 우수한 정밀도를 실현하였으며, 저렴한 가격의 MPU인 Tiny28을 사용하여 기존의 제품보다 저렴한 경제성을 만족하였고, 한 번 장착으로 약 5년 이상의 배터리 수명을 만족하도록 하였다. 또한 RS485 통신프로토콜을 내장하여, 외부기와 일반적인 통신방법으로 쉽게 데이터를 송수신 할 수 있으므로, 검침된 열량을 외부에서 쉽게 받아 볼 수 있어 응용가능성을 높일 수 있도록 하였다.

* 본 연구는 인천지역 산학연 컨소시엄으로 수행하게 되었습니다.

표 1: 적산열량계의 용도에 따른 종류

종류	사용온도범위	
냉방용	0°C 초과 30°C 이하	
난방용	중온용	120°C 이하
	고온용	220°C 이하
냉난방 겸용	0°C 초과 120°C 이하	

표 2: 적산열량계의 최대 허용오차

온도차	최대허용오차
$\Delta T < 4^\circ C$	$\pm 6.0\%$
$4^\circ C \leq \Delta T \leq 10^\circ C$	$\pm 5.0\%$
$10^\circ C \leq \Delta T \leq 20^\circ C$	$\pm 5.0\%$
$20^\circ C \leq \Delta T$	$\pm 4.0\%$

II. 시스템 구성도

적산열량계는 크게 연산부와 지시부로 나눌 수 있다. 연산부에는 송류온도 감지센서, 환류온도 감지센서, 그리고 수량을 측정하는 리드스위치가 연결되어 있다. 연산부의 주 기능은 송류온도와 환류온도의 차이와 공급된 온수의 수량에 의한 열량계산이며, 계산된 열량값을 지시부로 전송한다. 지시부의 주 기능은 연산부로부터 열량값을 받아 LCD 패널에 열량값을 표출하는 역할이다. 이들의 구성도는 그림 1과 같다.

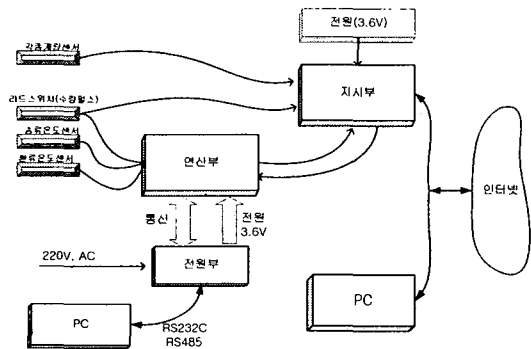


그림 1: 개발된 디지털 적산열량계의 구성도

그림1에 보는 바와 같이 리드스위치는 온수가 공급되는 관에 연결된 유량 검출부에서 유량에 따라 펄스가 발생시키는 것으로서 이펄스는 유량을

지시하는 펄스이다. 유량검출부의 형식은 접선류 임펠러식, 수직 윌트만식, 수평윌트만식, 터빈식, 와류식 및 초음파식 등이 있다. 예를들어 임펠러식의 경우, 임펠러가 회전하면서 1회전당 1번씩 자기스위치를 동작하여 펄스를 발생키는 구조로 되어있다. 펄스주기는 공급되는 온수의 속도(양)에 관계된다. 펄스가 연산부로 들어오면 연산부에서는 송류온도와 환류온도를 읽어 온도차를 계산하고 송류 및 환류 온도와 온도차를 적용하여 순간열량값을 계산한다. 계산된 순간열량값은 연산부에서 적산되어 저장되며, 매 10Kw 마다 한 펄스씩 지시부로 전송된다. 지시부에서는 이펄스가 적산되며 이 결과가 LCD 화면에 디스플레이 된다. 이 수행 과정을 그림 2에 보여준다.

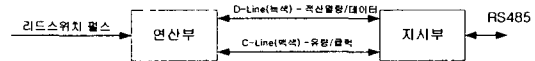


그림 2: 데이터 흐름도

III. 디지털 적산열량계의 사용 구조

1. 전체 연결 방법

이는 그림 3(a)에서 보는 바와 같이 디지털적산열량계 연산부와 지시부, 전원부/RS232C 통신부를 모두 사용하여 검침 하는 방법이다. 그림 3에서 전원부/RS232C 통신부는 외부에서 전원이 공급가능할 경우 사용할 수 있으며 이때에는 열량계 내부의 배터리는 단지 정전 대비용으로 사용된다. 이 구조는 전원 연결의 번거로움으로 인하여 각 가정에서는 잘 사용되지 않으며 산업용 열량계로 사용할 경우 유용하다.

2. 연산부, 전원 및 RS232C 통신부만 사용 구조

이는 그림 3(b)에 보는 바와 같이, 그림 3(a)의 시스템에서 디지털적산열량계 지시부를 사용하지 않는 구조이다. 이 구조는 검침내용을 현장에서 확인할 필요가 없고 원격통신으로 검침값을 받아 사용하는 즉, 원격검침시스템 용으로 사용한다.

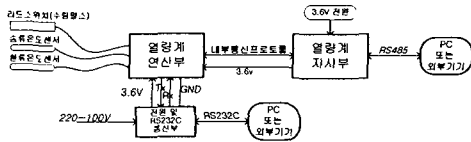
3. 연산부와 지시부 사용 구조

이는 그림 3(a)의 시스템에서 외부전원부

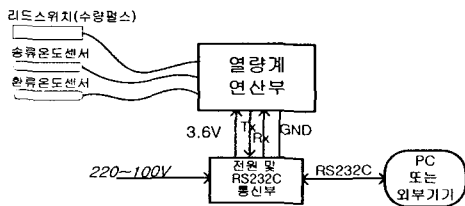
/RS232C 통신부를 사용하지 않는 구조이다. 가정에서 사용하는 열량계로 가장 많이 사용하는 구조이다. 이 구조는 외부에서 전원이 공급되지 않고 자체내의 배터리를 사용하므로 배터리 소모량을 최소로 설계하여야 한다. 보통 배터리 수명은 3~5년을 보장하도록 설계된다.

4. 열량계 지시부를 원격지시부로 사용하여 검침할 때

이는 그림 3(a)의 지시부만 단독으로 사용하는 구조이다. 이 구조는 열량을 검침할 수는 없고, 주로 사용유량을 검침하는데 사용된다. 열량을 검침하고자 할 경우에는 열량계산회로 및 프로그램을 추가하여야 한다.



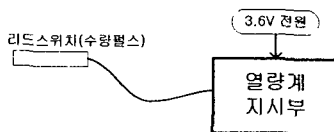
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 3: 디지털 적산열량계 사용 구조

- (a) 전체연결 (b)지시부제외
- (c)전원부제외 (d)지시부단독사용

IV. 디지털 적산열량계 통신 구조

1. 연산부와 지시부간 통신 프로토콜/통신순서

연산부와 지시부간에는 GND, +3.6V, D, C의 4개의 선으로 연결된다. 이중 두 기기간의 통신은 D 및 C 라인을 통하여 이루어지며 통신 순서는 다음과 같다.

- ① 매 수량펄스 발생시 마다 수량펄스를 표시부로 전송한다. (C-line 이용)
- ② 매 수량펄스 발생시 마다 순간열량을 계산, 적산하여 매10KWh, 또는 100KWh의 열량값이 도달할 때 마다 표시부로 1펄스를 전송한다. (D-line 이용)
- ③ 적산열량, 공급온도, 환수온도, 온도차등의 정보가 필요하거나 연산부에서 에러가 발생할 시는 표시부에서 연산부로 다음의 통신 프로토콜에 의하여 데이터를 받는다.

2. 연산부와 지시부간 통신 프로토콜/포맷

연산부와 지시부간의 통신프로토콜은 다음과 같으며 포맷은 그림 4와 같고 데이터 전송방향은 그림 5와 같다.

LEADER(1BIT) +
 CODE(4BIT)+BYTE(4BIT)+DATA(8BIT,16BIT,
 24BIT)+ DATA보수(8BIT,16BIT,24BIT)
 LEADER CODE : 16mS 이상
 DATA (0) : 600uS 이상
 DATA (1) : 600uS 이상

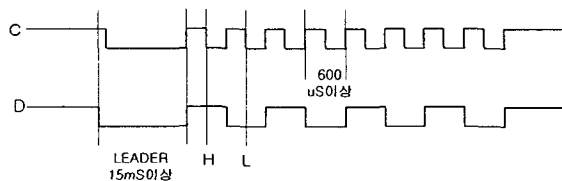


그림 4: 통신 Format

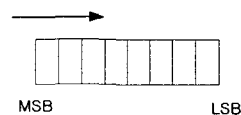


그림 5: Byte 데이터 전송방향

V. 열량계산 알고리즘

적산열량 계산식은 다음 식 (1) 과 같다.

$$Q = K \cdot V \cdot \Delta T \quad (1)$$

- Q ; 열량 (Kcal ,KWh)
- K ; 열량환산계수 (Kcal/ l · °C , KWh/m³ · °C)
- V ; 통과유량 (m³)
- ΔT ; 공급측과 환수측의 온도차

여기서 열량환산 계수 K값은 표 3에서와 같이 계산 방법 10° 간격으로 계수를 작성하고 이 사이의 온도에서는 다음과 같이 계산하여 구한다.

- a = 공급온도 W 10
- b = 환수온도 W 10
- kab = KT(a, b)
- kab1 = KT(a, b + 1)
- ka1b = KT(a + 1, b)
- ka1b1 = KT(a + 1, b + 1)

- ar = 공급온도 / 10
- ar = ar - a
- br = 공급온도 / 10
- br = br - b

- kaa = kab + (ka1b - kab) * ar
- kaa1 = kab1 + (ka1b1 - kab1) * ar
- kaabb = kaa + (kaa1 - kaa) * br

펄스당 열량값 계산

$$cmeter=kaabb*txtDeltaT*txtLitrePulse$$

표 3: K 테이블 데이터 구조

0x66, 0x74, 0x00	0x59, 0xc5, 0x43, 0x4c, 0x5c, 0x5b, 0x7e, 0x08, 0x00, 0x7b, 0xcp, 0xc7, 0x0f
0x42, 0x58, 0x69	0x37, 0x32, 0x2d, 0x27, 0x20, 0x19, 0x11, 0x09, 0x00, 0x09, 0x19, 0x1e, 0xa2
0x2d, 0x49, 0x5d, 0x5c	0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00
0x20, 0x40, 0x58, 0x69	0x73, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xc7, 0x0f, 0xa5, 0xa5, 0xa6
0x19, 0x42, 0x57, 0x69, 0x74, 0x78	0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x1e, 0x2a, 0x35, 0x35, 0x35
0x15, 0x3e, 0x59, 0x6b, 0x77, 0x7c, 0x74, 0x00	0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00
0x14, 0x3c, 0x5a, 0x6f, 0x7c, 0x81, 0x7f, 0x78	0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00
0x16, 0x3f, 0x5e, 0x74, 0x81, 0x87, 0x85, 0x7f, 0x74	0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00
0x18, 0x44, 0x64, 0x7a, 0x88, 0x8e, 0x8e, 0x89, 0x7d, 0x6f, 0x00	0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00
0x1d, 0x4a, 0x6b, 0x82, 0x90, 0x97, 0x98, 0x93, 0x89, 0x7a, 0x69	0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00
0x23, 0x51, 0x73, 0x8b, 0x9a, 0xa2, 0xa3, 0x9f, 0x96, 0x88, 0x78, 0x63	0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00
0x2b, 0x5a, 0x7d, 0x95, 0xa5, 0xac, 0xb0, 0xad, 0xa4, 0x98, 0x88, 0x75, 0x5f	0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00
0x35, 0x65, 0x89, 0x98, 0xa9, 0xbc, 0xbf, 0xbd, 0xb6, 0xaa, 0x9b, 0x89, 0x74, 0x5c	0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00
0x41, 0x72, 0x97, 0xb1, 0xc3, 0xcd, 0xd1, 0xc7, 0xc9, 0xbf, 0xb1, 0xa0, 0x8c, 0x74	0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00

VI. 하드웨어 구성

그림 6에 시스템보드의 구성을 보여준다. 연산부-

지시부간의 통신은 D(data) 및 C(clock) 신호선을 사용하며, 전송데이터는 다음과 같이 두가지 종류로 나눌 수 있다.

- i) 연산부에서 리드스위치 및 송류온도, 환류온도의 입력을 받아 연산부로 수량펄스, 적산열량펄스를 출력한다.
- ii) 지시부에서 연산부로 적산열량, 송류온도, 환류온도, 온도차를 요구하는 데이터를 출력연산부로 부터 해당 값을 입력 받는다.

그림 7은 송류온도센서와 환류온도센서의 입력단 회로이다. 각각의 온도센서 입력전압은 OP-AMP에 의하여 약 68배로 증폭하여 MPU로 입력된다. 그림 8 은 열량계의 연산부, 전원/RS232C 부의 PCB를 보여준다.

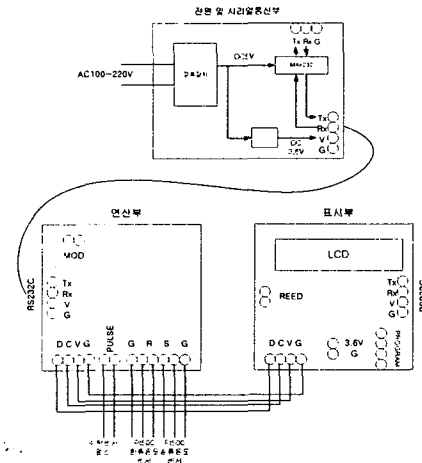


그림 6: 시스템 보드의 구성 및 연결도

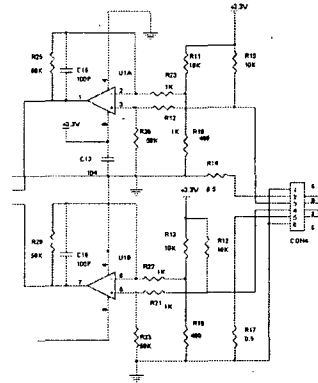
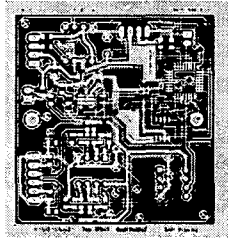
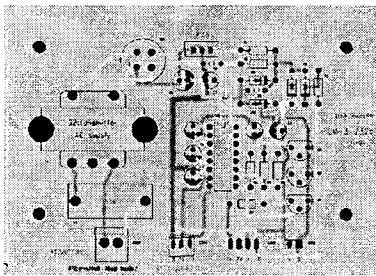


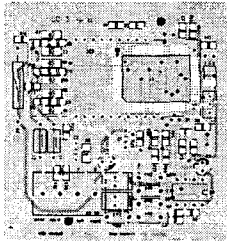
그림 7: 온도센서 입력 증폭부 회로도



(a)



(b)



(c)

그림 8: 열량계 PCB Artwork

- (a) 연산부
- (b) 전원/RS232C 통신부
- (c) 지시부

적산열량계 연산부는 측량부로부터 통과유량($10\ell/\text{Pulse}$)이 입력되면, 감온부의 측정온도와 열량 환산계수(K상수)를 적용하여 순간열량(열량값/Pulse)을 계산하여 EEPROM에 저장하고 지시부로 순간열량값을 전송한다. 그림 9에 적산열량계연산부의 블록도를 보여준다.

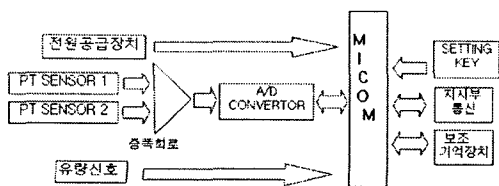


그림 9: 적산열량계산부 블록다이아그램

적산열량계의 지시부는 LCD Type으로 매10ℓ마다 입력되는 유량신호의 표시 및 연산부에서 연산하여 보내주는 순간열량값과 유량값을 적산하여 표시하고, 간단히 현재 난방상태 (누적열량, 공급온도, 환수온도, 온도차)와 LCD 상태, Sensor의 상태등을 확인할 수 있다. 그림 10에 지시부의 블록도를 보여준다.

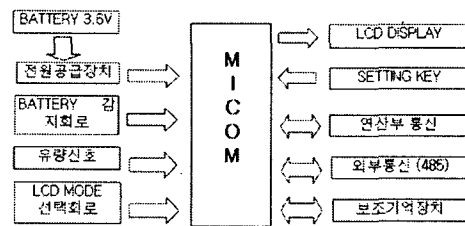
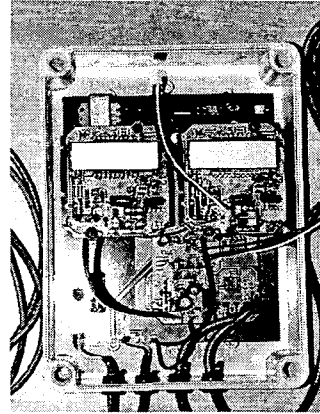


그림 10: 지시부 블록다이아그램

그림 11은 완성된 제품의 사진을 보여준다.



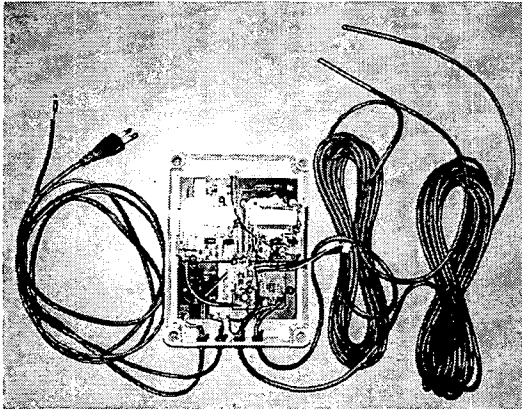


그림 11: 완성된 제품의 사진

VII. 결 론

본 논문에서는 디지털 적산열량계 개발에 관하여 소개 하였다. 개발된 시스템은 크게 연산부, 지시부, 전원부/통신부의 세가지로 요약할 수 있다.

개발된 디지털적산열량계의 가장 주된 특징은 열량계산을 하는 K-테이블을 실시간으로 계산하여 순간열량계산에 사용하고, 온도보정알고리즘을 내장함으로써 기존의 제품보다 훨씬 정밀한 계량이 가능하도록 하였고, 저전압(3.6V), 저전류 MPU(Tiny28L)을 사용하여 배터리 수명을 연장하고, 회로를 단순화 함으로써 생산단가는 기존의 제품보다 저렴하여 앞으로 국내의 열량계시장에서 많은 매출을 기대하게 되었다.

개발된 제품의 또다른 특징은 통신부를 내장함으로써 개발한 디지털적산열량계를 이용하여 인터넷을 통하여 검침 가능하도록 하였다. 이는 추후 인터넷 원격 검침 시스템 등 원격검침장치 개발에 많은 도움을 줄 수 있다. 이러한 원격 검침 시스템은, 디지털적산열량계의 통신기능을 이용하여, 여러 가정의 디지털미터계를 데이터수집제어반으로 연결하여 검침데이터를 수집하고, 수집된 검침데이터는 인터넷을 통하여 메인서버로 전송하여 원격검침 기능이 가능하도록 할 수 있다.

개발된 시스템은 디지털열량계를 중심으로 개발하였지만, 추후 디지털가스미터, 디지털수도미터, 디지털전력계 등, 궁극적으로는 가정의 대부

분 계량기를 원격으로 검침이 가능하도록 할 수 있다. 이러한 집합형 원격검침 장치로 추후 데이터베이스의 자동화, 자동고지서발부, 신속한 검침, 비용절감, 검침원의 검침 불신 해소, 검침 효율성 향상, 인력감축, 개인사생활 보호, 미터기 고장으로 인한 분쟁 및 손실 방지할 수 있는 시스템으로 확장 가능하다.

참고문헌

- [1] 住宅建設促進法 제31조(주택의 건설기준등), 주택건설기준 등에 관한 규정 (大統領令)제37조(난방설비등) 제3항
- [2] 통상산업부 고시 제1997-171호 "중앙집중난방 방식 공동주택에 대한 적산열량계 등의 설치 시공지침"
- [3] 공동주택의 난방계량기 운용제도 개선방안, 에너지관리 심의관실 에너지관리과, 99. 2