

## 고압 대유량 측정설비의 유량컴퓨터 개발

하영철\* · 허재영\* · 이철구\* · 이강진\* · 안승희\* · 정종태\*

### Development of Flow Computer for High Flow Rate Natural Gas Metering Facility

Y. C. Ha\*, J. Y. Her\*, C. G. Lee\*, K. J. Lee\*, S. H. An\*, J. T. Chung\*

Key Words: Flow Computer(유량컴퓨터), Orifice Meter(오리피스 유량계), Turbine Meter(터빈유량계)

#### ABSTRACT

The flow computer named Kogas I has been developed for measuring high flow natural gas. The developed model is classified as individual type in order that one flow computer covers one metering line. Nearly all of the functions are adopted similar to the foreign, commercial flow computer, and the merit of this flow computer is being able to apply for both orifice and turbine meters. The performance has been verified through the field test for 2 years.

#### 1. 서 론

천연가스 상거래에서 유량컴퓨터란 온도, 압력, 차압, 주파수 등 가스 공급량 산정에 필요한 물리량 측정 및 유량을 계산하고 계량설비를 제어하며 호스트 컴퓨터로 관련 신호를 전송하고 공급량을 적산·저장하는 등 상거래에 필요한 필수 기능을 수행하는 컴퓨터를 말한다. 가스공사의 상거래용 유량컴퓨터는 전량 외국산이며 Daniel, Mecj, Instromet 등 총 5개사 제품이 쓰이고 있다. 그러나 구입시기, 모델 별로 상당한 차이가 있어 실제로는 이보다 다양한 종류의 유량컴퓨터가 운용되고 있는 셈이며 이에 따라 계량설비 표준화의 어려움, 운영의 비효율성, 유지보수 비용 과다, 부품 수급의 어려움 등의 문제점이 발생하고 있다.

본 연구는 바로 이러한 문제를 해결하기 착수하게 되었다. 현재 세계적으로 생산되는 유량컴퓨터의 종류는 관리하는 라인 수에 따라 크게 두 가지로 구분되는

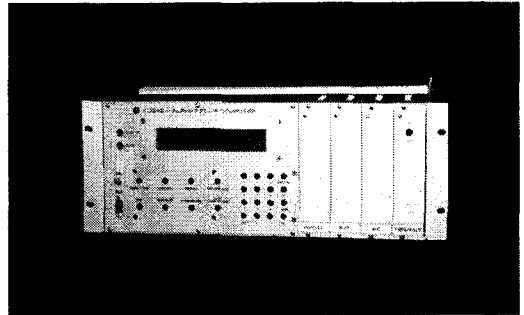


Fig. 1 Kogas I Flow Computer.

데 하나는 열별 유량컴퓨터이고 다른 하나는 다열용 유량컴퓨터이다. 전자는 주로 유럽에서 생산되는 것으로 단열 및 다열 계량설비에 공통으로 적용할 수 있고 다열 계량설비에 있어서는 유량컴퓨터 고장으로 인한 미계량 문제를 최소화할 수 있는 장점이 있다. 후자는 주로 미국에서 생산되며 다수의 계량라인을 1개의 유량컴퓨터가 관리하기 때문에 가격이 저렴한 장점이 있다. 본 유량컴퓨터의 개발 초기에는 상기 두 가지 모

\* 한국가스공사 연구개발원 유체계량연구실

델이 모두 시도되었으나 미계량 문제, 부품수급의 어려움, 유량컴퓨터 수요 등의 문제로 다열용은 포기하게 되었고 열별 유량컴퓨터인 Kogas I 이 개발되었다.

유량컴퓨터 성능에서 가장 중요시되는 것은 작동 안정도, 신호 수집 정확도, 유량 및 적산량 계산 정확도, 유량계산주기, 조작 용이성, 문서화 등으로 본 연구에서는 Kogas I 유량컴퓨터 개발 후 약 2년 동안 현장 시험을 거쳐 이들 사항에 대해서 수정 보완하였다.

## 2. 유량컴퓨터 구성

### 2.1. 개요

Kogas I 유량컴퓨터는 총 5개의 카드식 모듈로 구성되어 있다. 각 모듈은 1 개 또는 2개의 전용 CPU를 사용하며 메인 모듈과는 데이터버스로 연결되어 있다.

Kogas I의 외형과 구성은 각각 Fig. 1과 Fig. 2에 나타나 있으며 하드웨어 규격은 Table 1에 나타나 있다.

### 2.2. 메인 모듈

유량컴퓨터의 전반적인 운영 및 유량계산을 수행한

다. 각 모듈로부터 측정 또는 입력 데이터를 받아 유량 및 적산량을 계산하며 관련 데이터를 지시 모듈로 전송한다. 그리고 유량 및 관련 신호 8개를 아날로그 신호로 출력할 수 있다. 지시모듈과는 16비트 데이터 버스로 쌍방향 연결되어 있으며 전용 CPU(Intel 8086)를 사용한다.

### 2.3. 주파수/펄스 입력 모듈

터빈유량계의 주파수/펄스 신호나 밀도계의 주파수 신호를 측정하기 위한 것이다. 포토 커플러를 이용하여 내부회로를 보호하며 전용 CPU(ATMEL 89C2051, 채널 당 1개)를 사용하여 펄스와 주파수를 측정한다. 측정 주파수 범위는 0.001~10kHz까지로 OIML R 32, EN 12261, ISO 6651을 만족하도록 하였으며 전류와 전압신호를 모두 받을 수 있다. 주파수와 펄스 신호를 동시에 전송하기 위해 메인 모듈과는 32비트 버스로 연결되어 있다.

### 2.4. 아날로그 입력 모듈

온도, 차압, 압력전송기 등의 아날로그 신호를 측정하기 위한 것이다. AI의 기본 구조는 고속 ADC(ADS 7807) 1개와 RC 필터 회로로 구성되어 있으며 전용

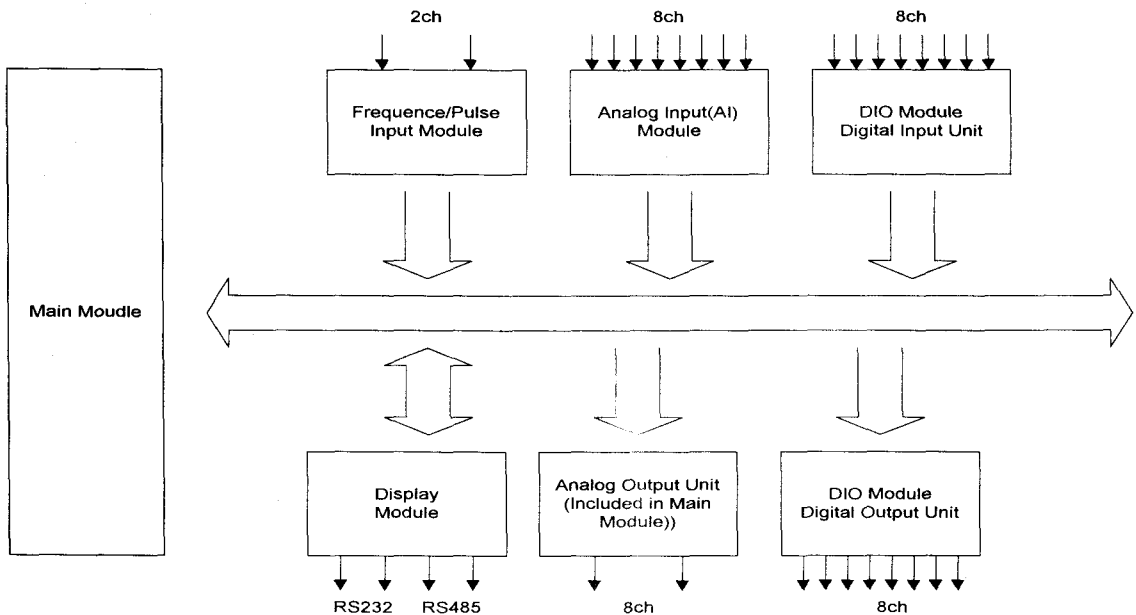


Fig. 2 Block Diagram of structure of Kogas I flow computer.

Table 1. Hardware Specifications of Kogas I Flow Computer.

<b>입력</b>	아날로그 입력 8 채널	: 표준 4~20 mA 또는 1~5 VDC, 입력 임피던스 400 k $\Omega$ 이상
	디지털 입력 8 채널	: 0~24 VDC, 구동 전류 5~10 mA
	주파수/펄스 2 채널	: 범위 0.001~10 kHz, 입력전류 1~10 mA, 트리거 레벨 2 mA(조정가능), 입력 임피던스 2k $\Omega$
<b>출력</b>	아날로그 출력 8 채널	: 표준 4~20 mA 또는 1~5 Vdc
	디지털 출력 8 채널	: 250 VAC 이하 또는 30 VDC 이하, 1 A 이하의 릴레이 점접 출력 (펄스 또는 래치(Latch) 출력)
<b>통신</b>	직렬 포트 RS-485	1 포트 ( 개별 유량컴퓨터 연결용)
	RS-232	3 포트 ( 1 포트 : 프린터용, 1 포트 : 외부출력, 1 포트 : GC ..)
<b>사용자 인터페이스</b>	지시화면	80 킬럼 × 4라인 백라이트 LCD
	키보드	16자판 숫자 패드
<b>키보드</b>		
<b>전원</b>	공급전원	110/220 VAC (내부 전원 : $\pm 15V$ , +5V)
	소비전력	15W
<b>케이스</b>	크기	Standard 19인치 4u (476mm×450mm×177.8mm)
	재질	알루미늄

CPU(Intel 8051)가 1개 내장되어 있다. 데이터 수집은 8개 채널을 순차적으로 돌아가며 하고 채널 당 총 2048개의 값을 평균하며 1회 측정값으로 한다. 입력 전류는 표준 4~20mA이며 메인 모듈과는 16비트 버스로 연결되어 있다.

## 2.5. 지시 모듈

유량계산 결과 및 관련 자료를 화면에 표시하고 외부 기기로 전송한다. 또한 유량컴퓨터와 연결되는 모든 기기의 세팅값을 키보드나 시리얼 통신으로 입력 받고 내부 메모리에 저장한다. 이 모듈은 키패드, LCD(Hyundai ATC 40401), CPU(Intel 8052) 그리고 외부와 시리얼 통신을 위한 LSI(Intel 8251)로 구성되어 있다. 메인 모듈과는 16비트 버스로 쌍방향 연결되어 있다.

## 2.6. 디지털 입/출력 모듈

MOV 상태를 입력받거나 구동하기 위한 것이다. MOV 구동에 필요한 펄스의 지속 주기는 조정할 수 있도록 되어 있으며 메인 모듈의 CPU를 사용한다.

## 3. 기능

### 3.1. 적용 유량계

적용 유량계는 터빈과 오리피스 유량계이다. 내장된 유량식은 터빈의 경우 ISO 9951과 AGA-7이며, 오리피스의 경우는 AGA 3의 플랜지 탭과 ISO 5167-1의 3가지 탭의 유량식이다.

### 3.2. 유동 밀도

계산 또는 측정+계산을 선택할 수 있다. 유동밀도를 계산할 경우 AGA 8 GCM1이나 AGA8 GCM2코드를 이용할 수 있다. 밀도계산 코드는 이외에도 SGERG가 있으나 입력인자만 다른 뿐 동일한 방법이어서 따로 항목에 두지 않았다. 밀도계가 사용되는 경우는 기기에 맞도록 약간의 내부 프로그램 코딩을 해야한다.

### 3.3. 가스 물성

유량계산에 필수인 열량, 비중, 이산화탄소 함량, 질소 함량은 사용자가 고정값을 직접 입력하거나 실측값

을 시리얼 통신으로 입력받을 수 있다. 기준밀도는 유동밀도와 동일한 코드를 사용한다.

### 3.4. 측정

온도, 압력, 차압의 4~20mA의 아날로그 신호는  $\pm 0.01\%$ 의 정밀도로 측정된다. 차압계는 2개까지 연결 가능하며 차압의 크기에 따라 두 값 중 더 정확한 값이 선택된다. 온도, 압력의 경우는 고정값 사용이 가능하며, 실측하는 경우라도 전송기 오동작시에는 미리 입력한 고정값을 유량계산에 사용할 수 있다. 주파수 신호는 0.001~10 kHz까지  $\pm 0.01\%$ 이하로 측정되며, 터빈 펄스 오차(터빈유량계 오차)는 Straatsma 방정식이나 교정 성적서를 이용하여 보정할 수 있도록 되어 있다.

### 3.5. 경보

각 측정값에 대해 High, High-High, Low, Low-Low 경보의 한계값을 설정할 수 있으며 High-High나 Low-Low 경보 발생시에는 측정값 대신 미리 설정한 고정값을 유량계산에 적용할 수 있다. 경보의 종류는 유량, 온도, 압력, 차압, 터빈날개 손상, 무한 루프 등 총 8가지 이며, 경보 발생을 운전자가 알 수 있도록 경보 등과 부저를 울린다. 발생 경보의 종류와 시간은 LCD 화면을 통해 확인 할 수 있다.

### 3.6. 계산 결과

질량, 체적, 열량 유량과 이들에 대한 시간, 일, 월 그리고 총 적산량이 1.2초 주기로 계산된다. 시, 월, 일

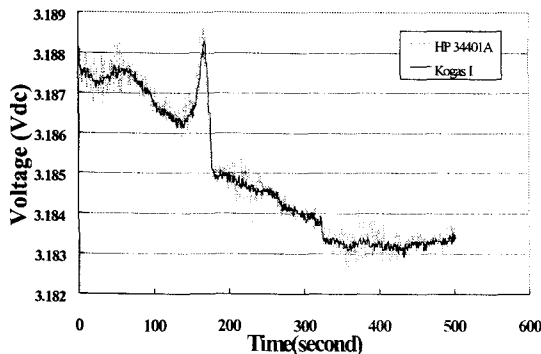


Fig. 3 Test Result of Analog Input Module.

적산량에 대해서는 전시, 전일, 전월 값이 함께 메모리에 저장되어 항상 참고 가능하다

## 4. 성능 시험 결과

### 4.1. 아날로그 신호 측정 정확도

Fig. 3은 중동 공급소에서 아날로그 모듈을 시험한 결과이다. 측정 대상은 압력전송기(Rosemount 1151GP)의 전류 신호이며 기준기로는 HP 34401A가 사용되었다. 그리고 가능한 한 측정값의 정확한 비교를 위해 PC를 이용하여 두 값을 동시 수집하였다. 그림은 살펴보면 HP 34401A와 Kogas I의 값이 거의 일치하는 것을 관찰할 수 있다. 측정값의 안정도 면에서는 Kogas I의 보다 우수한 것을 확인할 수 있으며 연속되는 값의 변동율은 대체로 0.01% 내외 정도이다.

### 4.2. 주파수/펄스 측정 정확도

Fig. 4는 주파수 모듈을 중동공급소에서 시험한 결과이다. 측정대상은 6인치 터빈유량계(SMRI)의 출력신호이며 기준기로는 HP 5316B 카운터가 사용되었다. 그림을 살펴보면 Kogas I과 HP 5316B의 값이 거의 일치하는 것을 알 수 있다. 약간의 차이가 나는 것은 수집 주기가 서로 다른 데서 비롯된 것으로 판단된다. 실험 조건에서 두 기기의 측정값 차이는 무시할 수준이었다. (Table 2 참조)

### 4.3. 적산량 산정 정확도

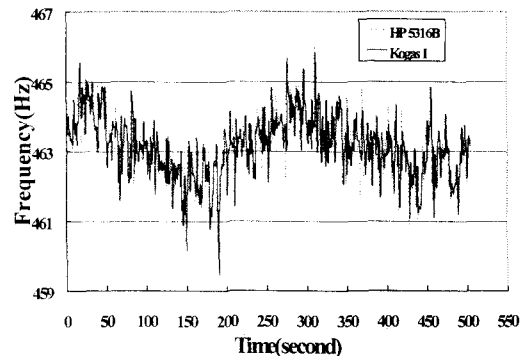


Fig. 4 The Test Result of Frequency/Pulse Input Module.

적산량은 순간 공급량과 RTC(Real Time Clock)에서 발생하는 인터럽트 개수로부터 계산된다. 이 때문에 정확한 인터럽트 개수가 요구되며 프로그램 로직 문제로 인한 인터럽트 카운트 오류가 없어야한다. 또한 적산은 매우 큰 값에 매우 작은 값을 더하는 과정이어서 컴퓨터의 유효숫자 제한으로 인한 적산오류가 발생하지 않도록 알고리즘을 작성해야한다.

적산값의 정확도는 고정된 순간유량으로만 확인 가능하기 때문에 유량계산과 관련된 온도, 압력, 차압 등의 측정값은 모두 고정시키고 시험하였다. 시험에 사용한 고정 유량값은 체적유량이 53873.776 m<sup>3</sup>/h, 질량유량이 43.46341 ton, 열량유량이 565.6746 Gcal 이며 약 1개월에 걸쳐 시험하였다. 시험결과는 모두 양호하였다.

#### 4.4. 오동작을 시험

본 유량컴퓨터의 성능 시험 중 아직까지 완료되지 못한 부분이다. 이는 유량컴퓨터 수정/보완에 따라 연속적으로 오동작을 점검할 수 없었기 때문이다. 2000년 10월 16일에 평택생산기지 계량설비에 설치한 유량컴퓨터 최종 버전은 현재까지 정상 작동하고 있다

### 5. 결 론

천연가스 상거래에 적용할 수 있는 국산 유량컴퓨터를 개발하였다. 기능은 외국산 유량컴퓨터와 거의 유사한 정도이나 적용 유량계에 있어서는 오리피스와 터빈 유량계에 공통으로 적용할 수 있어서 이들보다 융통성이 있다. 성능시험은 아날로그 신호의 측정, 주파수 신호의 측정, 적산량, 오동작에 대해서 수행하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 아날로그 신호의 측정 정확도 및 안정도는 상용되는 멀티미터와 유사하거나 우수한 것으로 나타났다.
- (2) 주파수 측정은 정확한 것으로 확인되었으며 저주파의 경우는 0.001 Hz까지 측정할 수 있어서 상용 주파수 카운터 보다 우수한 것으로 나타났다.
- (3) 적산량은 정확히 산정되는 것으로 확인되었다.
- (4) 오동작을 시험은 아직 완료되지 못했지만 약 1달 동안의 연속시험 결과로는 양호한 것으로 판단된다.

Table 2. Comparison Result Between Kogas I and HP 5316B Counter.

호칭주파수	Kogas I	HP 5316B
3000 Hz	3003.844	3003.840
2000Hz	2002.103	2002.105
1000Hz	999.8291	999.8300
500Hz	499.9592	499.9600
100Hz	100.0039	100.0039
10Hz	10.00511	10.00512
1Hz	0.99950	0.99950
0.1Hz	0.09996	0.09997
0.05Hz	0.04996	0.04997
0.01Hz	0.00998	out of range
0.005Hz	0.00500	out of range

Table 3. Test Result of Accumulated Flow.

		체적(Nm <sup>3</sup> )	질량 (ton)	열량 (Gcal)
시간	Kogas I	53873.776	43.463	565.675
	계산값	53873.777	43.463	565.675
일	Kogas I	1292970.630	1043.122	13576.190
	계산값	1292970.624	1043.122	13576.190
월	Kogas I	38789118.896	31293.658	407285.717
	계산값	38789118.720	31293.655	407285.712

이러한 결과로 볼 때 본 유량컴퓨터를 참고용으로 적용하기에는 무리가 없으며 향후 오동작 시험을 성공적으로 마친다면 상거래에 적용하는 것이 가능하다고 판단된다.

### 참고 문헌

- (1) ISO 6651, 1985, "Petroleum Liquids and Gases — Fidelity and Security of Dynamic Measurement — Cabled Transmission of Electric and/or Electronic Pulsed Data
- (2) ISO 7498-2, 1989, "Information Processing Systems — Open Systems Interconnection — Basic Reference Model — Part 2 : Security Architecture
- (3) ISO/IEC 7498-3, 1997, "Information Technology — Open System Interconnection — Basic Reference Model : Naming and Addressing
- (4) ISO/IEC 7498-4, 1989, "Information Processing

Systems — Open System Interconnection —  
Basic Reference Model — Part 4 : Management  
Framework

- (5) EN 12261, 1998, "Turbine Gas Meters"
- (6) OIML R 32, 1989, "Rotary Piston Gas Meters  
and Turbine Gas Meters"
- (7) OIML R 6, 1989, "General Provisions for Gas  
Volume Meters"
- (8) ISO 9951, 1994, "Measurement of Gas Flow in  
Closed Conduits — Turbine Meters"
- (9) AGA 7, 1996, "Measurement of Gas by Turbine  
Meters"
- (10) AGA 3, 1990, "Orifice Metering of Natural Gas"
- (11) ISO 5167-1, 1991, "Measurement of Fluid Flow  
by Means of Pressure Differential Devices"
- (12) ISO 12213-3, 1997, "Natural Gas — Calculation  
of Compression Factor — Part 3 : Calculation  
Using Physical Properties"
- (13) G. M. van der Grinten, 1990, "Error Curves of  
Turbine Gas Meters", NMI
- (14) 하영철, 이강진, 허재영, 1994, "유량계산기 입력  
인자 계산용 프로그램 개발", 한국가스공사 보고서  
KP-FM-075-94019402
- (15) 하영철, 허재영, 1995, "계량검증용 프로그램 개발  
연구 II", 한국가스공사 보고서 KP-FM-084-  
95029504