

# Development of Power Consumption Metering Technology for Multiple Customers using a Single Watt-hour Meter

## 단일 전력량계 활용 다수고객 전력사용량 계량 기술 개발

Insoo Cho  
 조인수

### Abstract

기존 3상 전력량계(G-type) 1 대로 단상 3호 고객 계량이 가능한 소프트웨어 기술 구현 **【BIXPO 2020 발명특허대전 대상 수상】**

Keywords: 전력량계, 다수고객

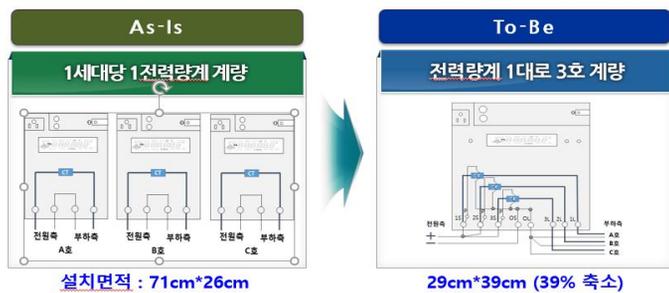


Fig. 1. (3상 전력량계 1 대로 단상 3호 계량 개념도)

### I. 기술 개요

#### A. 1:N 계측 펌웨어 프로그램 개발

- 기존 3상 전력량계(G-type)에 1:N 계측 펌웨어를 적용하여 단상 3호 계량
- 중성선은 공용하고 각 상별로 단상고객 계측, 세대별 사용량 LCD에 순차적 표시

포설 사례는 약 13건 정도임) 이러한 케이블 포설거리의 제약을 극복하고 친환경적이며 조금 더 경제적인 장거리용 케이블 포설공법에 대한 검토를 시행하였다.

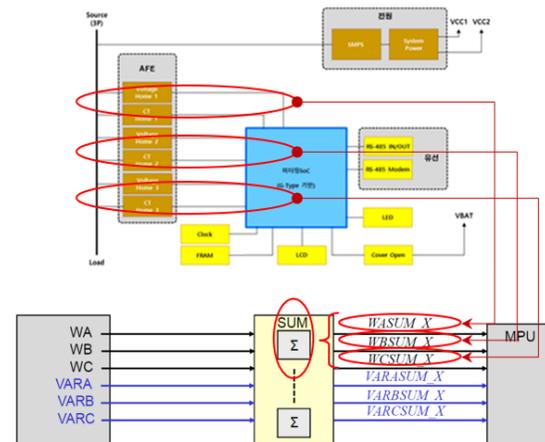


Fig. 2. (분리계량 개념도)



저자 조인수 | 한국전력공사 경기북부분부 전력사업처 전력공급부 차장

- 현장기술개발과제 3건 수행 : 자기수축형 지중케이블 엔드캡 개발(2018년), 전력량계 1대로 다수 고객 계량 프로그램 개발(2019년), 간접활선 방호구 개발(2020년)
- 수상실적 : BIXPO 2020 발명특허대전 대상 수상, 2020년 전국품질분임조 경진대회 은상 수상  
 창안상 2등급 수상(배전설계시스템 개선)

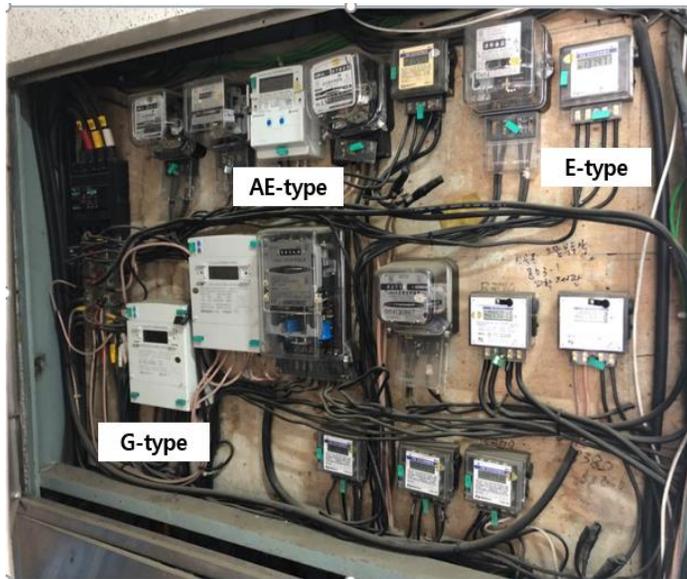


Fig. 3. (E-type, AE-type, G-type 이 혼재된 집합계기함)

B. 분리계량 원리

- 기존 3상 전력량계
  - 각 상별로 입력된 전압과 위상을 측정하여 유효, 무효, 피상 전력량을 구하고 이를 합산하여 3상 전력량을 계산
- 단상 3호 계량 전력량계
  - 합산 전력량을 합산하기 이전의 각 상 전력량으로 구분 계량하는 기능을 구현
  - 각 상 전력량 연산시에는 각 상별 위상에 따른 오차를 감안해야 하므로 각 상의 오차를 별도로 관리

II. 현황 및 문제점

- 우리나라는 공동주택의 비율이 매우 높으며, 1 세대당 1 전력량계를 집합하여 설치함 ⇒ 넓은 공간 필요, 복잡한 전기 배선으로 인해 안전사고 및 미관저해 우려
  - 집합계기 설치기준(전기계기업무기준) ⇒ 동일장소에 3 대이상 설치시 집합설치
  - 공동주택, 상가 등 집합건물에 전력량계 932 만대(전체의 42%)가 설치되어 있음.
  - 또한, 전사적으로 매년 약 102 만대의 집합계기 교체시 설치공간 문제 해소 필요
  - E-type 검정만료(20 년)에 따른 집합계기 설치공간 문제 해소 필요
    - E-type → AE-type 또는 G-type 으로 교체시 계기함 협소, E-type(1,121 만대)
- ※ 계기 사이즈 : AE-type(E-type 의 1.7 배), G-type(E-type 의 3.3 배)

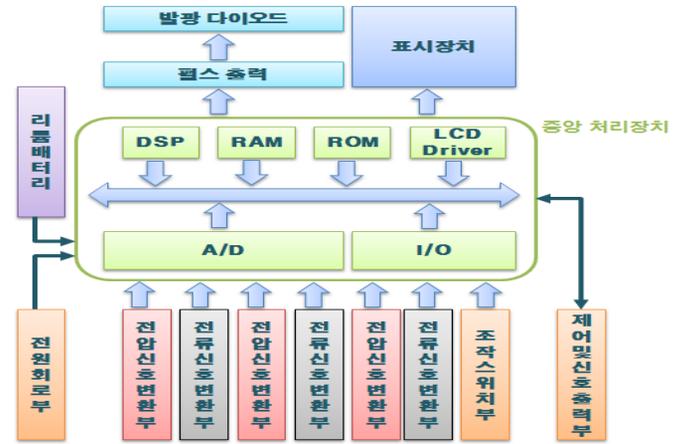


Fig. 4. (펌웨어 블록 다이어그램)

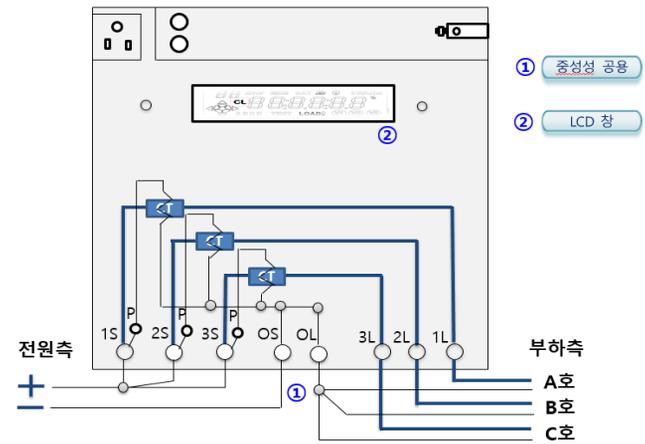


Fig. 5. (다회로 전력량계 결선도)

III. 개발 내용

A. 1:N 계측 펌웨어 알고리즘 설계로직

- 다수계량 기능 개발
  - 다수계량기능 전력량계는 프로그램 개발 및 현장실증을 통한 검증, 공인기관 시험의 단계로 진행
  - 3상 전력량계의 메인 프로그램을 플로우 차트와 같이 3상 전력량 및 전압, 전류 등의 계측값을 분리하여 연산되도록 프로그래밍
  - 각 상별로 데이터를 표시할 수 있도록 LCD 표시사항을 단순화 하여 구성
- 오차측정 기능 개발

B. 전력량계 결선

- 기존 3상 전력량계를 활용하여 중성선 공용, 각 상별로 단상 계량

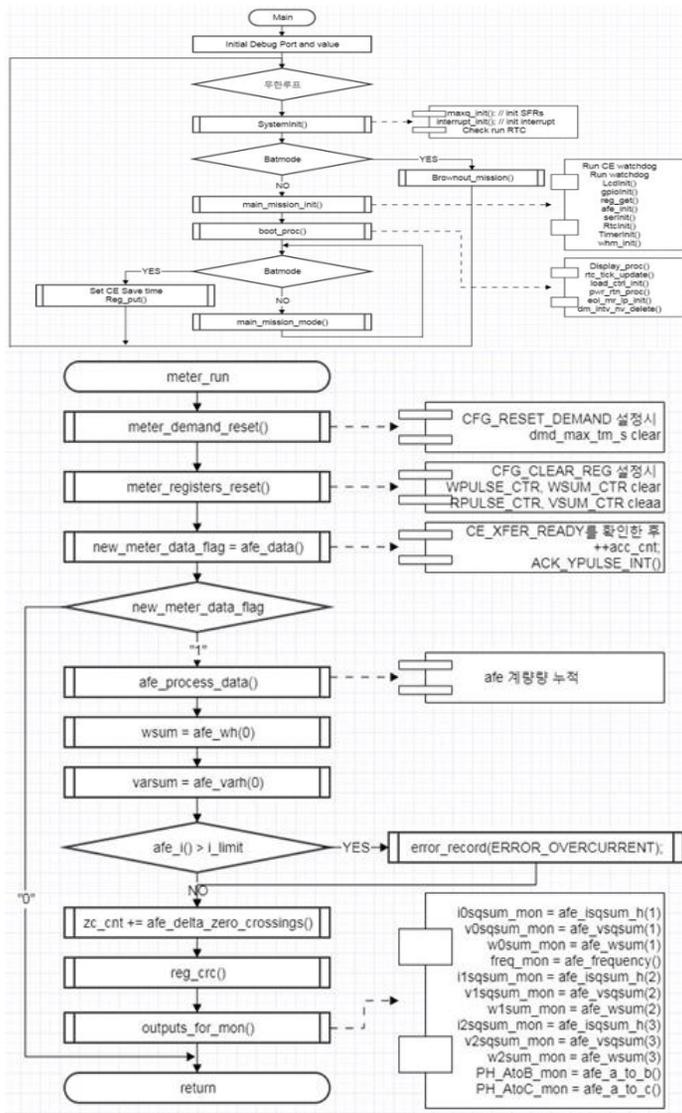


Fig. 6. (메인 및 계량기능 로직)

C. 프로그램 구동 로직

○ 다수계량 기능 개발

- 다수계량기능 전력량계는 프로그램 개발 및 현장실증을 통한 검증, 공인기관 시험의 단계로 진행
- 3상 전력량계의 메인 프로그램을 플로우 차트와 같이 3상 전력량 및 전압, 전류 등의 계측값을 분리하여 연산되도록 프로그래밍
- 각 상별로 데이터를 표시할 수 있도록 LCD 표시사항을 단순화 하여 구성

○ 오차측정 기능 개발

- 각 상별 개별 오차를 확인할 수 있도록 각 상에 개별오차 보정 정보를 추가
- 상별 다수계량 기능의 오차와 표시사항, 계측값이 일치하는지 모니터링 프로그램을 통해 확인



Fig. 7. (랩 테스트 1)

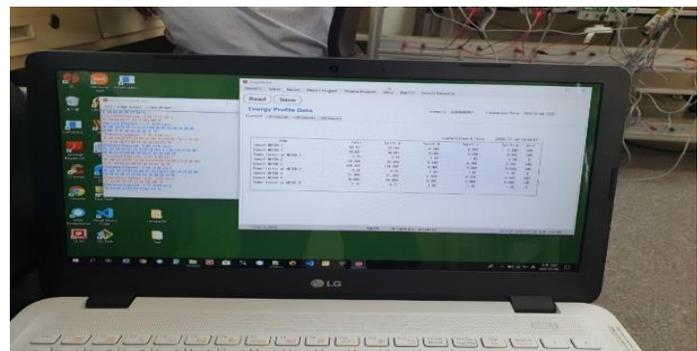


Fig. 8. (랩 테스트 2)

Item	Total	Tariff A	Tariff B	Tariff C	Tariff D	Unit
Import METER 1	33.161	33.161	0.000	0.000	0.000	kWh
Export METER 1	30.681	30.681	0.000	0.000	0.000	kWh
Power factor of METER 1	0.73	0.73	1.00	1.00	1.00	
Import METER 2	33.404	33.404	0.000	0.000	0.000	kWh
Export METER 2	124.097	124.097	0.000	0.000	0.000	kWh
Power factor of METER 2	0.25	0.25	1.00	1.00	1.00	
Import METER 3	31.383	31.383	0.000	0.000	0.000	kWh
Export METER 3	30.654	30.654	0.000	0.000	0.000	kWh
Power factor of METER 3	0.71	0.71	1.00	1.00	1.00	

Fig. 9. (랩 테스트시 모니터링 프로그램 적용)

IV. 시험 검증

A. 프로그램 시험

- 프로그램 개발의 주요기능은 랩테스트가 가능하도록 모니터링 프로그램을 자체 개발하여 개발 디버깅 및 기본 기능의 유효성을 확인하였음.

구 분	다회로 전력량계	1상 계기-①	1상 계기-②	1상 계기-③
최초 부설 검침				
	계기번호 : 0245000007 지침 : 0	계기번호 : 02190274334 지침 : 871.3	계기번호 : 02190275245 지침 : 355.3	계기번호 : 02190250915 지침 : 321.7
	계기번호 : 0245000006 지침 : 0	계기번호 : 56170380182 지침 : 82.4	계기번호 : 56170387285 지침 : 17165.3	계기번호 : 56170387300 지침 : 9723.1
계기번호 : 0245000002 지침 : 0	계기번호 : 56170395198 지침 : 4560.5	계기번호 : 02190277653 지침 : 0	계기번호 : 02190277589 지침 : 0	

Fig. 10. (부설검침 3.26 일)

검침 일자	구 분	02450000007 (AE-type 비교 계량)			02450000006 (E-type 비교 계량)			02450000002 (AE+E-type 비교 계량)		
		V1 (74334)	V2 (75245)	V3 (50915)	V1 (80182)	V2 (87285)	V3 (87300)	V1 (95198)	V2 (77653)	V3 (77589)
3.26일 (최초)	단상계기	871.3	355.3	321.7	82.4	17,165.3	9,723.1	4,560.5	0.0	0.0
	다회로 계기	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.26일 (최종)	단상계기	1,656.4	667.6	626.0	86.3	17,758.7	10,097.1	4,597.0	734.3	337.4
	다회로 계기	785	313	305	0	595	376	37	736	337
결과	단상계기 (누적)	785.1	312.3	304.3	3.9	593.4	374.0	36.5	734.3	337.4
	다회로 계기 (누적)	785	313	305	0	595	376	37	736	337
	오차율	0.0%	-0.2%	-0.2%	-*	-0.3%	-0.5%	-1.4%**	-0.2%	0.1%

\* 2.7Wh 사용량에 따른 입력전류 12mA로 시동전류(40mA) 미만으로 미계량

\*\* 단상계기와 3상계기 사용량 소수점 자리수 차이로 오차범위 내 확인불가

구 분	다회로 전력량계	1상 계기-①	1상 계기-②	1상 계기-③
검침 종료				
	계기번호 : 0245000007 지침 : V1, V2, V3	계기번호 : 02190274334 지침 : 1656.4	계기번호 : 02190275245 지침 : 667.6	계기번호 : 02190250915 지침 : 626.0
	계기번호 : 0245000006 지침 : V1, V2, V3	계기번호 : 56170380182 지침 : 86.3	계기번호 : 56170387285 지침 : 17758.7	계기번호 : 56170387300 지침 : 10097.1
계기번호 : 0245000002 지침 : V1, V2, V3	계기번호 : 56170395198 지침 : 4597.0	계기번호 : 02190277653 지침 : 734.3	계기번호 : 02190277589 지침 : 337.4	

Fig. 11. (종료검침 5.26 일)

다회로 전력량계(02450000007)	다회로 전력량계(02450000006)	다회로 전력량계(02450000002)
시험결과 : 정상	시험결과 : 정상	시험결과 : 정상

Fig. 11. (종료검침 5.26 일)

B. 자체 검침결과 및 오차시험

C. 공인기관 성능시험

### 시험성적서

성적서 번호:	T2020-07281		
회사명:	피에스텍(주)		
대표자:	김형민	연락처:	031-988-2661
주소:	경기도 김포시 양촌읍 황금3로7번길 80		
1. 시험명:	다채널마터(PS12DR100M)		
규격 및 형식:	단상2선식, 220V, 100%VA, 40Hz, 명효 1.000, 1000 pulse/kWh, 무효 2.0급, 1000 pulse/kVarh		
2. 성적서의 용도:	계측용(한국전력공사)		
3. 접수일자:	2020.06.10		
4. 시험일자:	2020.06.18 - 2020.06.26		
5. 시험방법:	전력량계 기술기준(산업통상자원부 고시 제2018-206호)		
6. 시험결과:	시험결과합격		

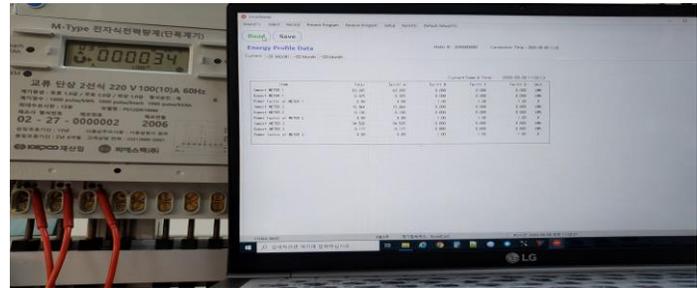


Fig. 15. (개발 프로그램 시연)



Fig. 13. (시험성적서)



Fig. 16. (보안 강화형 계기(AMIGO))

### 시험결과

성적서 번호: T2020-07281

7. 계량 성능 요구사항 및 시험(S1, S2, S3)

7.2 계기정수

시험항목	시험기준	시험결과			비고	
		S1	S2	S3		
시험전후 전력량 변화	유효전력	시험 출력값과 표시장치의 지시값 사이의 관계는 명판에 표기된 값과 일치하여야 한다.	적합	적합	적합	-
	무효전력		적합	적합	적합	

7.3 초기 동작

시험항목	시험기준	시험결과			비고
		S1	S2	S3	
유효전력	계기는 기준 전압이 인가된 이후 5 초 이내에 기능 동작을 시작하여야 한다.	적합	적합	적합	-
무효전력		적합	적합	적합	

7.4 무부하 동작

시험항목	시험기준	시험결과			비고
		S1	S2	S3	
유효전력	계기의 시험 출력치 1 펄스 초과 출력하지 않을 것	적합	적합	적합	-
무효전력		적합	적합	적합	

7.5 시동

시험항목	시험기준	시험결과			비고
		S1	S2	S3	
유효전력	계기는 시동하고 연속적으로 기록할 것	적합	적합	적합	-
무효전력		적합	적합	적합	

Fig. 14. (시험결과)

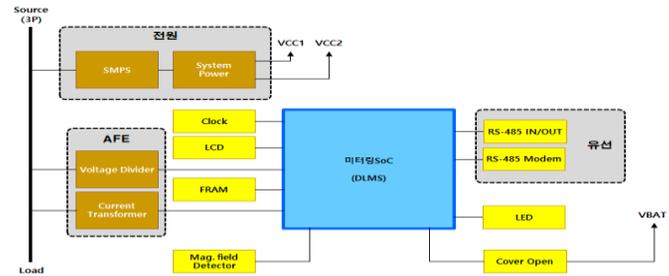


Fig. 17. (G-type 하드웨어)

## V. 향후 계획

□ 보안강화형 전력량계(AMIGO)에 탑재하여 사용

- 도입일정 : 시범도입('21.~)
- 운영기준 : 고압(표준형), 저압(G, AE, E) → 보안계기
- 하드웨어 구성
  - 기존 G-type 3상4선식 계기는 현재 개발중인 AMIGO 3상4선식 계기로 대체 가능

○ 펌웨어 구성

전력량을 저장하는 메모리 공간은 3배의 추가공간이 필요하지만, LP와 달리 월별 전력량은 저장공간이 작기 때문에 메모리는 무리가 없을 것으로 판단됨.

개발중인 AMIGO는 상별 전력량에 대한 LP를 갖추고 있으며, 시스템에서 수용할 수 있는 체계를 갖춘다면 수용가별 사용량 정보를 관리 및 제공 가능

## VI. 기대효과

- 기술적 성과
  - 전력량계 1대로 3호 계량 펌웨어 기술 확보(3호 계량 시범적용 후 다수 계량 확대 가능)
  - 집합계기 설치 작업시간 단축(50분→10분), 집합계기 설치면적 축소(39% 축소)
- 재무적 성과 : **집합계기 설치공사비 약 286억원/년 절감**
  - 집합계기 신설 공사비 절감 : 254억원/년
  - 집합계기 검정만료 공사비 절감 : 32억원/년
  - 아파트, 오피스텔 등 민간분야 공동주택에 다회로 전력량계 적용으로 경제적 효과 확대
  - 새로운 기자재 개발을 통한 시장창출로 중소기업과의 상생에 기여

## Acknowledgment

이 보고서는 현장기술개발과제로 2019년 12월 부터 ~ 2020년 7월까지 수행 결과를 바탕으로 작성되었음.

## References

- [1] 한국전력공사 “ 전기계기업무기준 (1996)
- [2] 한국전력공사 구매규격(GS-6625-0037) “G-TYPE 저압 전자식 전력량계(2010)
- [3] 한국전력공사 구매규격(GS-6625-0055) “Advanced E-TYPE 저압 전자식 전력량계(2013)
- [4] 한국전력공사 구매규격(GS-6625-0061) “E-TYPE 저압 전자식 전력량계(2009)