

Performance Enhancement for Fault Location Using GOOSE Messages

高 哲 鎭* · 姜 相 熙†
(Chol-Jin Go · Sang-Hee Kang)

Abstract - IEC 61850 is the worldwide protocol for the substation automation system. IEC 61850 transports the information which consists of different formats such as GOOSE(Generic Object Oriented Substation Event), MMS(Manufacturing Message Specification), SV(Sampled Values) and so on. For real time data transmission, GOOSE can be used. The remote-bus current data which were collected in a local-bus current differential IED can be transmitted to a distance IED at the same location by using GOOSE messages. The distance IED can eliminate the reactance effect by using the transmitted remote-bus current data. This method can improve the performance of the fault location.

Key Words : IEC 61850, 고장거리 추정, GOOSE 메시지, 리액턴스 효과

1. 서 론

IEC 61850을 적용한 변전소자동화 시스템이 이루어지면 전력설비 보호 IED들은 SV(Sampled Values), GOOSE(Generic Object Oriented Substation Event), Time sync, MMS (Manufacturing Message Specification), GSSE(Generic Substation Status Event) 통신 표준을 지원해야 한다.

본 논문은 IEC 61850 표준을 분석하여 거리계전 IED의 모델을 제시한다. 그리고 거리계전 IED의 구성 요소 중 고장점 추정 기능의 개선을 위하여 GOOSE 메시지를 이용한 고장거리 추정 방법을 제시한다. 송전선 보호용 차동계전기 IED로부터 상대방 변전소의 전류 정보를 GOOSE 메시지로 취득한 후 고장거리를 추정함으로써 고장저항의 개입에 의한 리액턴스 효과를 배제할 수 있다. 제시된 방법의 검증을 위하여 물리적인 장치로는 암칩(ARM Chip) 기반의 임베디드 시스템을 사용하였고 IED의 기능들을 관리하고 이더넷 기반의 통신을 위해 임베디드 리눅스를 운영체제로 사용하였다.

2. GOOSE를 이용한 거리계전 IED

IEC 61850은 변전소 자동화 시스템(SAS)에 적용될 수 있으며, 변전소 내 IED들 사이의 통신과 관련된 시스템의 요건에 관해 정의한 기술 표준이다.[1]

† 교신저자, 正 會 員 : 明 知 大 工 大 電 氣 工 學 科 教 授 · 工 博
E-mail : shkang@mju.ac.kr
* 學 生 會 員 : 明 知 大 工 大 電 氣 工 學 科 碩 士

接受日字 : 2006年 1月 12日
最終完了 : 2006年 3月 23日

2.1 IED 모델

IEC 61850 표준을 적용하여 IED를 구성하기 위해서는 전력설비들을 분석하여 그 특성에 맞게 세부 기능별로 분리한 후 가상적으로 재구성하여야 한다. 그림 1은 전력설비를 IEC 61850 표준에 따라 가상적으로 구성하는 개념을 보여준다.

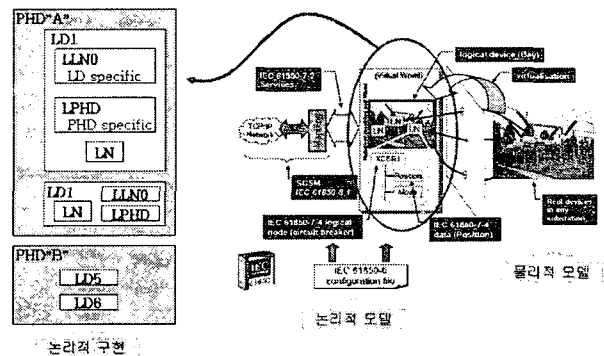


그림 1 IEC 61850의 IED 적용 개념
Fig. 1 IEC61850 application concept to an IED

물리적인 장치(Physical Device)는 하드웨어적인 장치를 의미하며 논리적인 장치(Logical Device)나 논리적인 노드(Logical Node) 등은 물리적인 장치에 소프트웨어적으로 재구성된다. [2]-[6]

IED는 여러 개의 논리적인 장치로 구성될 수 있다. 논리적인 장치는 물리적인 장치의 정보를 가지고 있는 LPHD (Logical Node Physical Device)와 논리적인 장치의 특정 정보를 가지고 있는 LLN0(Logical Node Zero) 그리고 IED의 기능을 수행하게 되는 LN(Logical Node)를 가지고 있게 된다. LD는 LLN0, LPHD 그리고 LN으로 구성된다.

2.2 IED 통신 표준

IEC 61850에서는 메시지의 타입에 따라서 TCP/IP 또는 OSI 7 계층의 적용 방법이 달라진다. 그림 2는 메시지의 형태별로 적용될 수 있는 계층구조를 보여준다.[6]

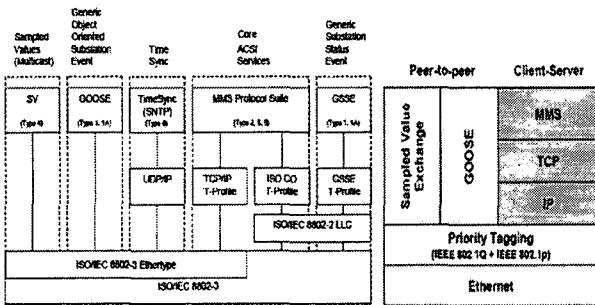


그림 2 정보의 기능에 따른 통신 프로토콜
 Fig. 2 Communication protocols according to the kinds of informations

샘플링 데이터(SV)나 GOOSE는 변전소 내에서 중요도가 매우 높고 실시간 처리가 요구된다. 이를 위하여 TCP/IP 계층에 태그정보를 GOOSE나 SV 프레임에 미리 포함시켜 TCP/IP 계층에서 태그 정보 추가에 소요되는 시간을 줄이고 그림 3과 같이 IEEE 802.1Q와 IEEE 802.1p 프로토콜을 이용하여 중요도 태그를 추가한 후 전송하게 된다. 수신하는 쪽에서는 이 태그를 통해 VLAN ID를 인식한다. 최종적으로 목적지에 전달할 때는 태그를 제거한 표준 프레임만을 전달한다.[7][8]

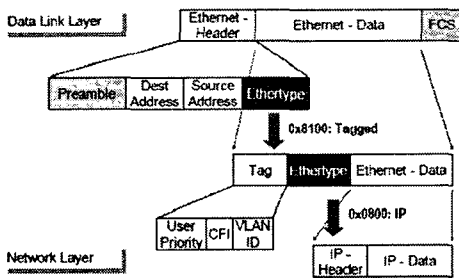


그림 3 802.1Q/802.1p
 Fig. 3 802.1Q/802.1p

시간 동기를 위해서는 SNTP 프로토콜을 이용하여 표준시를 얻어 올 수 있으며 리포트 기능이나 로그 기능 서비스들은 ACSI(Abstract Communication Service Interface)를 통하여 MMS 프로토콜을 사용한다. GSSE는 변전소의 전력설비들의 상태 정보를 전달하는 프로토콜이다.

2.3 거리계전 IED 모델

변전소에 IEC 61850이 적용되면 차동계전 IED가 가지고 있는 상대단 전류 정보를 GOOSE 메시지를 이용하여 거리계전 IED에 전송할 수 있다. 거리계전 IED는 GOOSE 메시지를 받아 양단의 전류 정보를 이용하여 임피던스 연산을

할 수 있어 고장저항에 따른 리액턴스 효과와 전원임피던스의 추정에 따른 오차 그리고 상호임피던스의 영향을 배제하고 고장거리를 추정할 수 있게 된다.

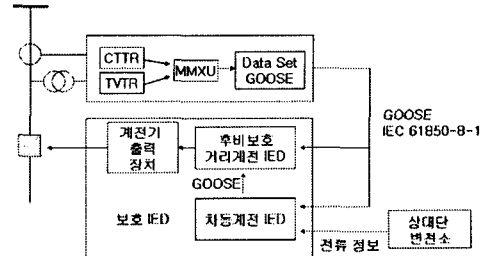


그림 4 차동계전기와 거리계전기를 이용한 보호 방식
 Fig. 4 A protection scheme with a current differential relay & a distance relay

그림 4는 차동계전 IED의 상대단 전류 정보를 GOOSE 메시지를 통하여 거리계전 IED에 전송할 수 있음을 보여준다.[9] 한편, 차동계전 IED의 통신 매체의 고장으로 인한 전류 정보의 전송실패를 대비하기 위하여 자단의 전압, 전류 정보만을 이용한 고장점 추정 방식을 병행하여 수행할 필요가 있다.

GOOSE는 멀티캐스트를 이용하며 표 1에 매개변수들이 나타나 있다.

- DatSet : 데이터 셋 매개변수들은 데이터 셋 값을 전송할 수 있는 오브젝트참조자를 포함하고 있다.
- AppID : GoCB가 있는 논리장치의 식별자이다.
- GoCBRef : GOOSE 제어 블록의 참조자이다.
- T : StNum이 증가되었을 때의 시간정보를 포함한다.
- StNum : 데이터 셋의 값이 변화되었을 경우 증가되는 값을 포함하고 있으며 GOOSE 메시지를 전송한다.
- SqNum : GOOSE 메시지를 전송할 때 증가되는 값을 포함한다.
- Test : 값이 TRUE일 경우 오직 테스트를 위한 것이다.
- ConfRev : 데이터 셋이 변경될 경우 증가한다.
- NdsCom : 전송되어야 할 정보들이 중요도에 따른 시간을 초과할 경우 TRUE 값을 가질 수 있으며 DatSet 값을 가지고 있지 않을 경우 TRUE 값을 가질 수 있다.
- GOOSEData [1..n] : 사용자가 정의한 정보이다.

표 1 GOOSE 메시지의 정의

Table 1 Definitions of GOOSE messages

GOOSE message		
Parameter name	Parameter type	Value/value range/explanation
DatSet	ObjectReference	GoCB로 부터의 값
AppID	VISIBLE STRING65	GoCB로 부터의 값
GoCBRef	ObjectReference	GoCB로 부터의 값
T	EntryTime	
StNum	INT32U	
SqNum	INT32U	
Test	BOOLEAN	(TRUE) test (FALSE) no-test
ConfRev	INT32U	GoCB로 부터의 값
NdsCom	LOOLEAN	GoCB로 부터의 값
GOOSEData [1..n]		

정보의 교환은 publisher/subscriber의 형태로 이루어진다. publisher는 송신 IED가 전송 버퍼에 값을 쓰면 통신매체를 통하여 수신 버퍼에 값이 들어가게 되고 수신 IED의 subscriber는 수신 버퍼로부터 값을 읽는다.

3. 고장거리 추정

송전선로에 고장이 발생할 경우 고장저항의 개입으로 인한 리액턴스 효과로 고장거리 추정에 오차가 발생한다.

3.1 리액턴스 효과

그림 5는 고장 거리 추정을 위하여 간략화한 다이어그램이다. Z_s 와 Z_r 은 전원 임피던스이고 V_{Gf} 와 V_{Hf} 는 각 계전기에서 측정하는 전압이며 I_{Gf} 와 I_{Hf} 는 고장이 발생한 후 선로에 흐르는 전류이다. 그리고 Z_1 은 전체 선로 임피던스이고 R_f 는 고장이 발생하였을 경우 개입되는 고장저항이다.

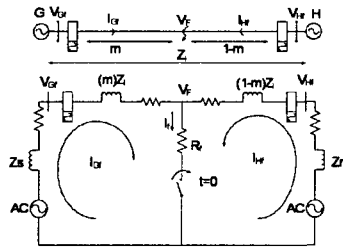


그림 5 양단전원의 고장 등가회로

Fig. 5 Fault equivalent circuit of a power system having 2 buses

자단 정보만을 사용하여 고장 거리를 계산할 경우 G 계전기가 측정하는 임피던스는

$$Z_G = \frac{V_{Gf}}{I_{Gf}} = mZ_1 + R_f + \frac{I_f}{I_{Gf}} \quad \text{-----(1)}$$

$$= mZ_1 + R_f + \frac{\Delta I_G}{ds \times I_{Gf}}$$

$$= mZ_1 + R_f + \frac{1}{|d_s| \angle \beta \times |n_s| \angle \gamma}$$

여기서,

$\Delta I_G = I_{Gf} - I_1$, I_1 : 정상상태에서의 전류

$$d_s = \frac{\Delta I_G}{I_f} = \frac{(1-m)Z_1 + Z_r}{Z_1 + Z_s + Z_r} = |d_s| \angle \beta \quad \text{-----(2)}$$

만일 I_f/I_{Gf} 가 복소수일 경우 허수값이 나타나 그림 6과 같이 부하전류와 고장저항에 의한 영향으로 리액턴스 효과가 나타나게 된다. 식 (1)에서 보는 것과 같이 정확한 고장거리를 계산하기 위해서는 자단과 상대단의 전원 임피던스를 알아야 하며 각 γ 와 각 β 를 보정하여야 한다.[10],[11]

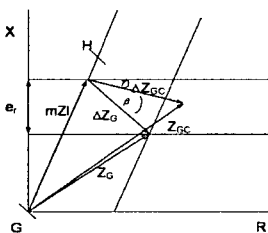


그림 6 측정된 임피던스 벡터도

Fig. 6 Apparent impedance vector diagram

3.2 양단 정보를 이용한 고장거리 추정 (알고리즘 1)

양단의 전류정보를 이용하여 고장거리를 계산할 경우 고장저항과 부하전류에 따른 효과가 나타나지 않으며 외부 시스템의 영향에 자유로울 수 있다. 그리고 병행 2회선 선로에서의 상호 임피던스에 영향을 받지 않는다. 그림 5에서 G 계전기가 측정하는 전압은 식 (3)과 같다.

$$V_{Gf} = mZ_1(I_{Gf} + \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1}I_0) + R_f(I_{Gf} + I_{Hf}) \quad \text{-----(3)}$$

식 (3)에서 미지수는 m 과 R_f 이므로 R_f 를 소거를 소거하기 위하여 실수부와 허수부로 나누면 식 (4)와 같다.

$$m(R_1 + jX_1)[Re(I_{Gf}) + jIm(I_{Gf})] + \frac{R_0 - R_1 + j(X_0 - X_1)}{R_1 + jX_1} [Re(I_{G0}) + jIm(I_{G0})] + R_f(I_{Gf1} + I_{Hf1}) - Re(V_{Gf}) + jIm(V_{Gf}) = 0 \quad \text{-----(4)}$$

$$m(R_1 B_1 - X_1 B_2) + R_f C_1 - Re(V_{Gf}) = 0 \quad \text{-----(5)}$$

$$m(R_1 B_2 + X_1 B_1) + R_f C_2 - Re(V_{Gf}) = 0 \quad \text{-----(6)}$$

여기서,

$$A_1 = \frac{(R_0 - R_1)R_1 + (X_0 - X_1)X_1}{R_1^2 + X_1^2}$$

$$A_2 = \frac{(R_0 - R_1)X_1 - (X_0 - X_1)R_1}{R_1^2 + X_1^2}$$

$$B_1 = A_1 Re(I_{G0}) + A_2 Im(I_{G0}) + Re(I_{Gf})$$

$$B_2 = A_1 Im(I_{G0}) - A_2 Re(I_{G0}) + Im(I_{Gf})$$

$$C_1 = Re(I_{Gf}) + Re(I_{Hf})$$

$$C_2 = Im(I_{Gf}) + Im(I_{Hf})$$

식 (5)를 식 (6)에 대입하여 R_f 에 대해 정리하여 허수부에 대입하면 고장거리 m 은 식 (7)과 같다.

$$m = \frac{Im(V_{Gf}) - \frac{C_2}{C_1} Re(V_{Gf})}{(R_1 B_2 + X_1 B_1) - \frac{C_2}{C_1} (R_1 B_1 - X_1 B_2)} \quad \text{-----(7)}$$

표 2 기호 정의

Table 2 Nomenclature

기 호	정 의
V_{Gf}	고장 회로에서 자단에서 측정된 상전압[V]
I_{Gf}	고장 회로에서 자단에서 측정된 상전류[A]
I_{Hf}	고장 회로에서 상대단에서 측정된 상전류[A]
I_{GL}	고장전 자단의 부하 전류[A]
I_{HL}	고장전 상대단의 부하 전류[A]
I_{G0}	고장 회로에서 자단의 영상 전류[A]
Z_{L1}	선로 정상분 임피던스[ohm]
Z_{L0}	선로 영상분 임피던스[ohm]
m	고장 거리
R_1	단위 선로 길이 당 저항[ohm/km]
X_1	단위 선로 길이 당 리액턴스[ohm/km]

그림 7은 양단정보를 이용한 고장거리 추정을 위한 순서도이다.

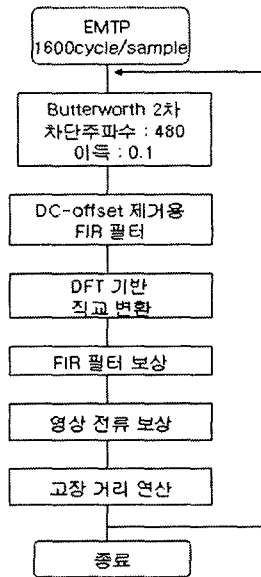


그림 7 양단정보를 이용한 고장거리 추정 알고리즘 순서도
 Fig. 7 Flow-chart for a fault distance estimation algorithm using information collected from each bus

3.3 리액턴스 효과 보상을 통한 고장거리 추정 알고리즘(알고리즘 2)

알고리즘 1의 성능을 비교하기 위하여 참고문헌 [11]에서 제시된 고장거리 연산 알고리즘을 구성하였다. 그림 8은 리액턴스 효과 보상을 이용하여 고장거리 추정을 하기 위한 순서도이다. 본 알고리즘은 양단 전원 임피던스를 데이터로 사용한다.

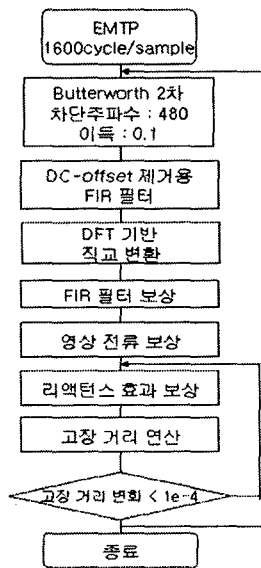


그림 8 리액턴스 효과를 보정한 고장거리 추정 알고리즘 순서도
 Fig. 8 Flow-chart for a fault distance estimation algorithm using a reactance effect compensation method

4. 사례연구

본 논문에서 제시한 알고리즘을 검증하기 위하여 그림 9와 같이 EMTF로 모의계통을 모델링하였다. 자단의 단락용량은 6[GVA]이고 상대단의 단락용량 3[GVA]이며 전압이 345[kV]인 계통을 모의하였다. 알고리즘 1과 알고리즘 2를 비교하기 위하여 고장 거리에 따른 고장 저항을 0~20[Ω] 까지 10[Ω]씩 증가시켰으며 전원 임피던스의 영향을 보기 위하여 모의 계통의 전원 임피던스를 20[%] 증가시켰다.

한주기 16샘플 정보를 이용하였으며 중첩에러 방지를 위한 버티우스 2차 필터를 사용하였다. 차단 주파수를 480[Hz]로 하였고 이때의 이득을 0.1로 하였다. 그리고 DC-offset에 대한 영향을 제거하기 위하여 FIR 필터를 사용하였고 DFT 기반 직교변환법을 사용하여 페이저 연산을 하였다.

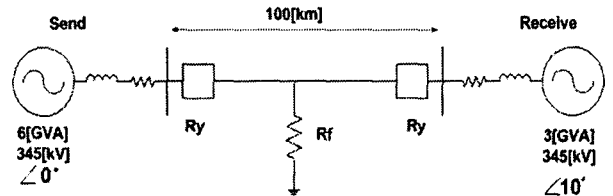


그림 9 양단전원 모의 계통
 Fig. 9 Two-bus model system

추정된 고장 거리의 정확도를 판단하기 위한 오차 계산식은 식 (8)과 같다.

$$\text{오차(\%)} = \left| \frac{\text{추정된 고장거리} - \text{실 고장거리}}{\text{전체선로길이}} \right| \times 100(\%) \text{-----(8)}$$

4.1 지락 고장 알고리즘 비교

지락 고장시 리액턴스 효과를 보기 위하여 고장 거리에 따라 고장저항을 0[Ω]~20[Ω]까지 10[Ω]씩 추가 하여 0도 고장과 90고장을 모의하였으며 고장 판단 후 3주기 이후 한주기 평균값으로 고장 거리를 구하였다.

알고리즘 1과 알고리즘 2를 비교하기 위하여 알고리즘 2에서 사용하는 전원 임피던스 값에 오차가 없을 경우와 모의계통의 전원 임피던스를 변화시켜 알고리즘 2에서 사용되는 전원 임피던스 값과 다른 경우를 검토하였다. 그림 10은 전원 임피던스의 오차가 없을 경우의 결과이며 알고리즘 1의 결과가 고장 저항이 개입 되었을 경우 보다 정확해짐을 볼 수 있다. 그림 11은 자단의 전원임피던스를 20[%] 증가시켰을 경우 결과이며 고장 저항이 개입되지 않을 경우에는 두 알고리즘은 거의 같은 오차를 갖지만 고장 저항이 개입할수록 알고리즘 2의 오차가 알고리즘 1 보다 증가한다.

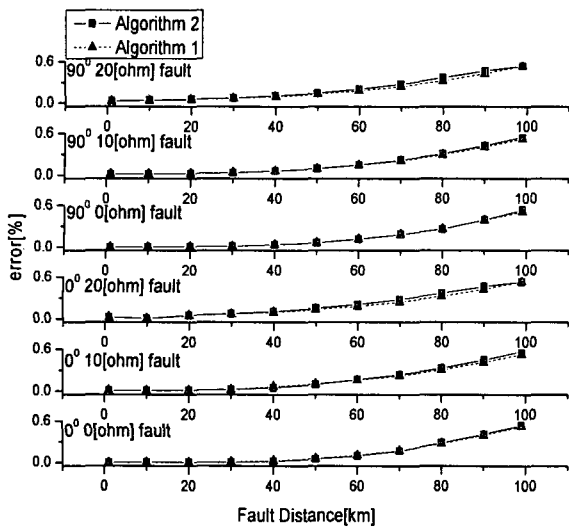


그림 10 지락 고장시 정확한 전원 임피던스를 사용할 경우
 Fig. 10 Estimation error with exact source impedances for ground faults

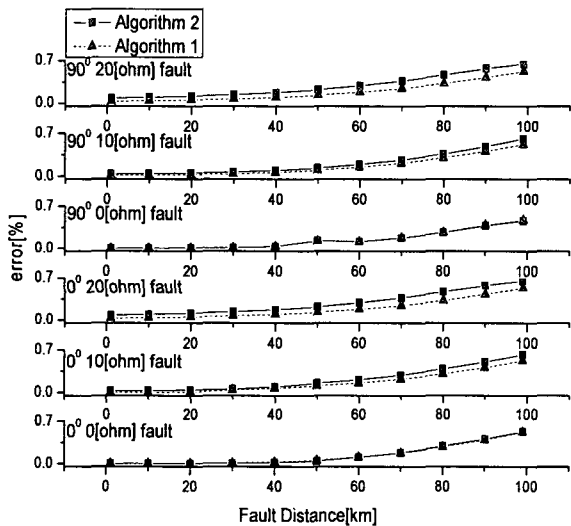


그림 11 지락 고장시 자단의 전원 임피던스 오차가 20%인 경우
 Fig. 11 Estimation error with the local source impedance having 20% error for ground faults

위 시뮬레이션 결과로 양단 정보를 이용한 고장 거리 추정 알고리즘이 보다 정확함을 볼 수 있다.

4.2 단락 고장 알고리즘 비교

단락 고장시 리액턴스 효과를 보기 위하여 고장 거리에 따라 고장저항을 0[Ω]~20[Ω]까지 10[Ω]씩 추가 하여 0도 고장과 90도고장을 모의하였다. 고장 판단 후 3주기 이후 한주기 평균값으로 고장 거리를 구하였다.

계통의 전원 임피던스가 알고리즘 2에서 사용한 값과 같은 경우는 지락고장의 결과와 같이 알고리즘 1이 알고리즘 2의 결과보다 다소 오차가 작다. 그리고 자단의 전원 임피던

스를 20[%] 증가시켰을 경우 알고리즘 1과 알고리즘 2를 비교할 경우 고장 저항이 개입되지 않을 경우에는 두 알고리즘은 거의 같은 오차를 갖지만 고장 저항이 개입할수록 알고리즘 2의 오차가 알고리즘 1 보다 증가한다. 그림 12는 자단의 전원 임피던스를 20[%] 증가 시켰을 경우 결과이다.

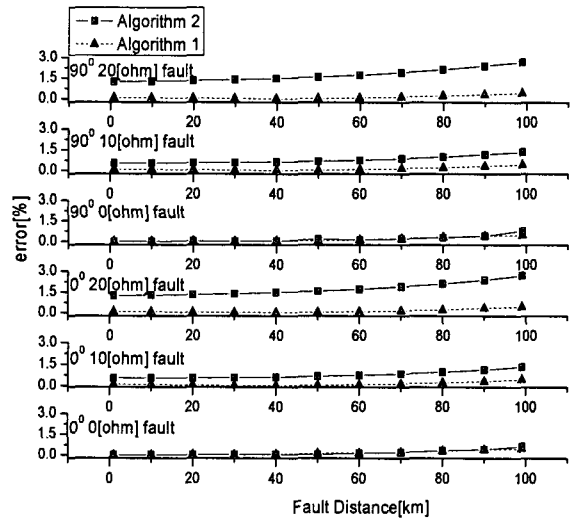


그림 12 단락 고장시 자단의 전원 임피던스 오차가 20%인 경우
 Fig. 12 Estimation error with the local source impedance having 20% error for short faults

위 시뮬레이션 결과로 단락고장의 경우도 양단 정보를 이용한 고장 거리 추정 알고리즘이 보다 정확함을 볼 수 있다.

4.3 하드웨어 테스트

GOOSE 메시지를 이용한 고장거리 추정 알고리즘을 테스트하기 위하여 SISCO사의 MMS EASE Lite 소스 프로그램을 사용하여 GocB(GOOSE Control Block)의 데이터 셋을 구성하였다. 그림 13의 IEC_MV는 전압의 페이지와 양단 전류의 페이지 정보를 가질 수 있는 논리 노드로 직교변환된 데이터를 GOOSE 메시지로 보내기 위해 새롭게 구성하였다. 또한 고장 거리 추정을 위한 논리 노드로 그림 14와 같은 RFLO를 구성하였다.

```

":T", "IEC_MV"                                #Logical Node Class = 'MV'
"{
  {MX} {
    {AlgVRe} <MV_MX>, #M
    {AlgVIm} <MV_MX>, #M
    {AlgIsRe} <MV_MX>, #M
    {AlgIsIm} <MV_MX>, #M
    {AlgIrRe} <MV_MX>, #M
    {AlgIrIm} <MV_MX>, #M
    {AlgIsDRe} <MV_MX>, #M
    {AlgIsDIm} <MV_MX>, #M
  },
} ", "CJ MV"
    
```

그림 13 전압, 전류의 측정을 위한 논리노드
 Fig. 13 Logical node for voltage and current phasors

```

":T", "IEC_RFLO" #Logical Node Class = 'RFLO'
"
{
  (MX){
    (FltZ) <CHV_MX>, #M
    (FltDiskm) <NV_MX>, #M
  },
}, "Fault locator"

```

그림 14 고장거리 추정을 위한 논리 노드
 Fig. 14 Logical node for fault distance estimation

GOOSE 메시지로 전달되는 값을 확인하기 위하여 이더리얼(Ethernet) 프로그램을 사용하였으며 한 주기 16샘플링한 데이터를 처리하기 위하여 GOOSE 메시지의 전송간격을 1.04[ms]보다 작게 하였다. 그림 15는 이더리얼 프로그램으로 GOOSE 메시지를 분석한 결과이며 전송 시간 간격과 전송되는 데이터를 볼 수 있다.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	00:0e:a6:6d:8e:18	09:00:00:00:00:01	IECGOOSE	GOOSE Request
2	0.001012	00:0e:a6:6d:8e:18	09:00:00:00:00:01	IECGOOSE	GOOSE Request
3	0.002111	00:0e:a6:6d:8e:18	09:00:00:00:00:01	IECGOOSE	GOOSE Request
4	0.003209	00:0e:a6:6d:8e:18	09:00:00:00:00:01	IECGOOSE	GOOSE Request
5	0.004678	00:0e:a6:6d:8e:18	09:00:00:00:00:01	IECGOOSE	GOOSE Request


```

DATA[001]
{
  UNSIGNED: 0
  FLOAT: -13705.299805
}
{
  UNSIGNED: 0
  FLOAT: 0.000000
}
{
  UNSIGNED: 0
  BITSTRING:
  UTCTIME: 1970-01-01 00:00.0.000000 Timequality: 00
}
}
}

```

그림 15 이더리얼 프로그램으로 분석한 GOOSE 메시지
 Fig. 15 GOOSE messages analyzed by Eathereal program

하드웨어 구성은 CUP 클럭이 400MHz인 PXA255칩과 10Base-T를 지원하는 이더넷 컨트롤러를 사용하였고 임베디드 리눅스를 운영체제로 선택하였다.

그림 16은 하드웨어 테스트를 위한 구성이다. GOOSE Publish에서 GOOSE 메시지로 전달과 전류 데이터를 이더넷을 통해 암칩 기반 보드에 전송한다. 암칩 기반 보드는 GOOSE 메시지를 해석하여 고장거리를 연산하게 된다. 연산된 결과를 RFLO 논리 노드의 변수에 맵핑하면 AX-S4를 통해서 수행된 결과를 볼 수 있다.

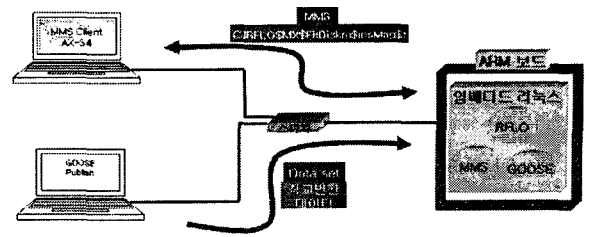


그림 16 하드웨어 테스트를 위한 구성
 Fig. 16 H/W test system

그림 17은 SISCO사의 AX-S4 MMS프로그램을 이용하여 암칩 기반 보드에 접속하였을 때 수행 결과를 확인한 것이며 전체선로 길이 100[km], 고장 거리 99[km], 고장저항 20 [Ω]에서 99.52[km]의 결과를 볼 수 있다.

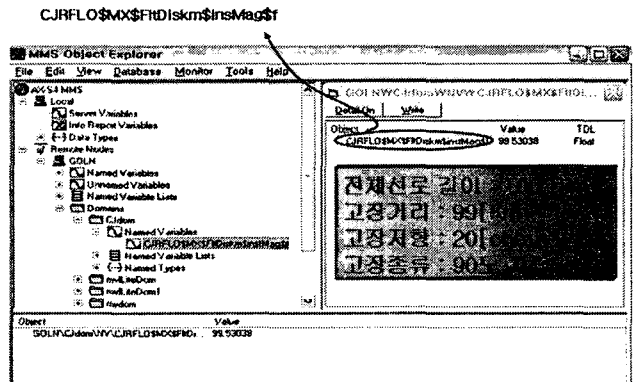


그림 17 AX-S4 MMS 프로그램을 이용한 분석
 Fig. 17 Analyzed results by SISCO AX-S4 MMS

5. 결 론

본 논문에서는 IEC 61850 표준이 제시한 교환되어지는 정보의 형태별 기능에 따른 전송 방식에 대해서 분석하였고 이를 이용하여 양단 정보를 사용하는 고장점 추정 알고리즘을 구성하고 그 성능을 확인하였다.

GOOSE 메시지를 이용하여 상대단 전류 정보를 취득하여 고장 거리를 연산할 경우 리액턴스 효과를 배제할 수 있다. 이로 인해 알고리즘을 단순화할 수 있으며 보다 정확한 고장거리를 추정할 수 있다. 하지만 양단 정보를 사용하기 위해서는 시간 동기화가 필수적이다. 이를 위해서는 SNTP 프로토콜을 적용하여 시간 태그를 추가하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 결과물은 교육인적자원부와 산업자원부의 출연금 및 보조금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-1, Communication networks and systems in substation - Introduction and overview, First edition 2003-04
- [2] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-5, Communication requirements for functions and device models, First edition 2003-07
- [3] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-7-1, Basic communication structure for substation and feeder equipment - Principles and models, First edition 2003-07
- [4] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-7-2, Basic communication structure for substation and feeder equipment - Abstract communication service interface (ACSI), First edition 2003-05
- [5] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-7-3, Basic communication structure for substation and feeder equipment - Common data classes, First edition 2003-05
- [6] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-7-4, Basic communication structure for substation and feeder equipment - Compatible logical node classes and data classes, First edition 2003-05
- [7] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61850-8-1, Specific Communication System Mapping (SCSM) - Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3, First edition 2004-05
- [8] 박문기, 이상희, 최태희, 박찬영, 조선용, 이동희, "TCP/IP 네트워킹 시작 그리고 완성", 대림 출판사
- [9] Apostolov, A.P., "IEC 61850 distributed analog values applications in substation automation systems", Power Engineering Society General Meeting, 2005. IEEE, pp: 2991 - 2998, June 12-16, 2005
- [10] IEEE Tutorial Course, "Advancements In Microprocessor Based Protection and Communication", pp. 63 - 72
- [11] Yong-Jin Ahn, Sang-Hee Kang, Seung-Jae Lee, Yong-Cheol Kang, "An adaptive distance relaying algorithm immune to reactance effect for double-circuit transmission line systems", Power Engineering Society Summer Meeting, 2001. IEEE, Volume 1, pp. 599 - 604, July 2001

저 자 소 개



고 철 진 (高 哲 鎭)

1978년 9월 1일생. 2004년 명지대 전기공학과 졸업. 2006년 명지대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 비츠로시스 연구소 연구원
 Tel : 02-4602-198
 Fax : 02-461-8131
 E-mail : nayago78@msn.com



강 상 희 (姜 相 熙)

1962년 8월 15일생. 1985년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 명지대 공대 전기공학과 정교수. 차세대전력기술연구센터 연구원.
 Tel : 031-330-6364
 Fax : 031-321-0271
 E-mail : shkang@mju.ac.kr