

태양열에너지를 이용한 미소전력 무선 루프 검지기 일체형 발리스 시스템 운영 실험에 관한 연구

Research on a Operation of a Balise System which Using Solar Energy includes Micro-power Wireless Loop Detector

이 정 준*	양 도 철**	김 성 진***	한 승 희****	박 광 호*****
(Jeong-jun Lee)	(Yang, Doh-chul)	(Kim, Seong Jin)	(Seung-hee Han)	(Kwang-ho Park)
(MORU Ind. Sys.)	(Krii)	(Krii)	(MORU Ind. Sys.)	(MORU Ind. Sys.)

요 약

본 논문에서는 미소전력 무선루프식 차량검지기 기술을 활용하여 무선루프식 차량검지기를 일체로 한 발리스 연구를 진행하였다. 검지정보를 센터까지 수집하기 위한 방법으로 중계기 및 검지정보 수집장치의 무급전(태양광)운영 가능성을 평가하기 위하여 현장시험을 진행하고, 철도환경을 대신하여 차량 회전을 특성이 유사하다고 판단된 12개의 주차장 환경에서 시험 및 분석 하였다. 운영 데이터를 분석한 결과, 현장수집장치로 수집되는 통과차량(열차, 트램 및 일반차량 등) 대수가 200회/일 내외인 경우 미소전력 무선 루프검지기 일체형 발리스를 활용한 차량검지 시스템의 운영이 무급전 무선 통신으로 가능할 것으로 추정된다.

핵심어 : ATP시스템, 발리스, 미소전력 무선 루프검지기, 무급전(태양광)

ABSTRACT

This paper is on a design of a new balise system which has a new functional part of a micro-power inductive wireless loop vehicle detector. The field test has processed and the data has analyzed for check the solar energy operable ability of the detect data interconnect sub-system which includes repeaters and field controllers. Instead of a railroad environment, 12 individual parking-lots are used for field test environment. As a result, in the condition of the designed system and the test environment, it is assumed that under 200 passing vehicles(train or tram) per day can be processed only with solar energy.

Key words : ATP system, balise, micro-power wireless loop detector, solar operable detect system

* 주저자 : 모루시스템(주) 대표이사, 교통공학 박사
** 교신저자 : 한국철도기술연구원 책임연구원
*** 공저자 : 한국철도기술연구원 선임연구원
**** 공저자 : 모루시스템(주) 주임연구원
***** 공저자 : 모루시스템(주) 연구원

† Corresponding author : Yang, Doh-chul(Krii), E-mail dcyang@krii.re.kr

† Received 7 July 2016; reviewed 1 August 2016; Accepted 25 November 2016

I. 서 론

발리스는 ATP차상장치로 텔레그램을 전송하는 전송장치이며, 정보 저장형태에 따라 고정발리스(CBF)와 가변발리스(CBC)로 구분한다. 고정발리스는 항상 발리스 자체에 저장되어 있는 텔레그램을 송신하고, 가변발리스는 LEU와 연결되어 지상신호기의 신호기 현시정보를 수신 받아 텔레그램을 송신한다[1].

이는 열차가 제한 속도를 초과하지 않는 것과 목표지점 앞에 정지할 수 있는 목표 속도를 감시하고, 기관사에게 운행정보 통보 및 감시, 위험 상황 경고의 임무를 갖고 있지만, 이러한 사항은 고가의 ATP차상장치가 달려있는 열차에만 적용이 된다[2, 3].

그러므로 차상장치가 없는 유지보수 차량, 건설목 및 트램 노선을 운행하는 일반차량의 안전을 보장하지 못하며, 기존의 발리스 방식은 센터에서 발리스가 설치된 위치에 차량의 통과 유무를 알 수 있는 수단을 구비하고 있지 않고 있다[3].

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 발리스와 미소전력 무선 루프검지기를 일체화하여 차상장치 유무와 관계없이 차량검지가 가능한 미소전력 무선 루프검지기 일체형 발리스 시스템을 설계하고, 차량과 열차의 안전사고에 선제적으로 대응하여 안전성을 향상시키고자 하는 목적이 있다 [4, 5].

II. 본 론

1. 무급전 무선통신 주차장 운영 사례 분석

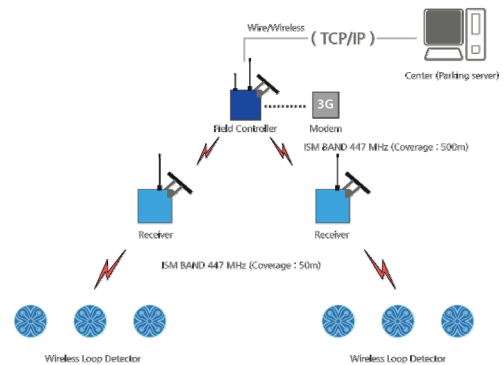
1) 철도 및 트램에서의 무선 루프검지기 기술 적용을 위한 일반주차장 운영 안정화 실험

기존 철도 시스템의 여건은 구간이 매우 광범위하며, 산간지역과 같이 전원 / 통신선 공사에 과다한 설치 및 유지 비용이 발생하는 지역이 존재한다. 이런 여건에서 활용하기 위해서는 무급전 / 무선통신을 전제로 하는 접근방법이 필요하다.

그러한 이유로, 미소전력 무선 루프검지기 일체

형 발리스를 철도 및 트램 운영 구간에 무급전 / 무선통신으로 적용 시 열차 및 차량의 통과 횟수에 따라 운영 가능여부를 검토하기 위하여 원초적인 무선 루프검지기 기술이 적용된 사례를 분석하였다.

현재 자체 개발 한 미소전력 무선 루프검지기 기술로 주차정보시스템용으로 <Fig. 1> 과 같은 방식으로 개발 및 운영되고 있으며, 이를 설치 운영하는 서울지역 12개소 주차장의 차량 검지정보를 센터까지 수집하는 용도로 별도의 전원 및 통신 공사가 필요 없는 3G통신 및 무급전(태양광) 현장수집장치와 중계기가 설치 운영되고 있다. 더불어 웹서버를 운영하여 실시간 모니터링이 가능하도록 구축되어 있다.



(Fig. 1) Development device configuration and test method

철도 및 트램에서의 미소전력 무선 루프검지기 일체형 발리스의 운영은 이동하는 차량과 정지한 차량의 차이를 제외하고 대동소이한 것으로 볼 수 있다.

분석 대상인 서울지역 주차장의 무급전형 무선 현장수집장치는 주차장의 무급전 운영에 필요한 배터리 설계를 위하여, 현장수집장치의 대기전력과 차량이 1회 검지되었을 때 센터에 접속하여 데이터 교환이 종료되는 최단 시간에 필요한 소비전력을 <Table 1>과 같이 측정하였다. 주차면 회전율을 각 면당 20회/일로 계산하고 기상 변화를 고려하여

<Table 1> Parking lot Field collection device Power consumption

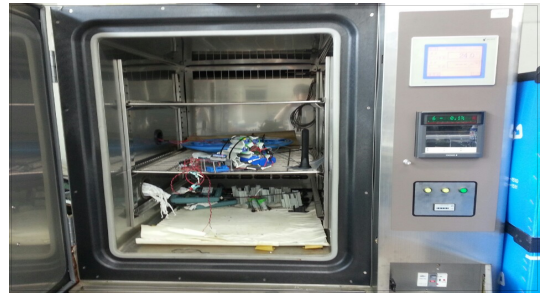
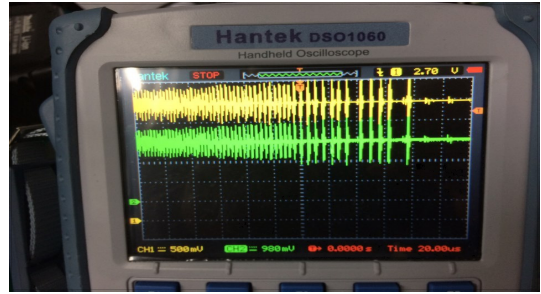
Item	Average consumption of electrical power (mA)	Time (sec)	Description
stand by mode	40	0	
1 time occupancy & center network	206	40	Cold working (boot)
1 time occupancy & center network	501	40	Warm working (boot)
1 time occupancy and 1 time non occupancy & center network	261	45	1 Time Connection to server 8 packet of status
4 time occupancy and 4 time non occupancy & center network	324	65	

<Table 2> Max Min Average of Parking Place

	Max	Min	Average
1	238	74	177
2	191	64	132
3	134	10	41
4	127	32	88
5	129	16	53
6	235	38	127
7	60	12	26
8	127	16	42
9	54	8	21
10	152	19	74
11	104	14	37
12	121	29	59
Total	347	8	73

1차 및 2차 전지의 용량을 설계 적용하였다.

상기 소비전력 측정 결과에 따라, 최초 태양광 발전 전력을 충전할 용도의 2차 전지(LiFePO₄)와 1차 전지(리튬이온)를 각각 설계하였는바, 태양광 발전 충전용 2차 전지 LiFePO₄(5000mAh) 2개와 기상 여건의 악화로 인하여 2차 전지를 모두 소비하였을 때를 위한 백업용 1차 전지 리튬이온(16,000mAh) 4개로



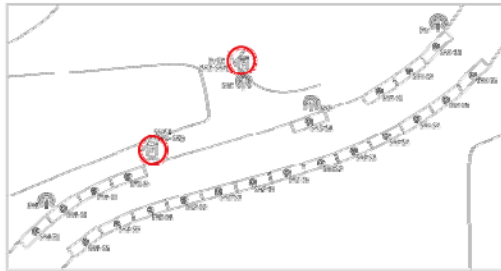
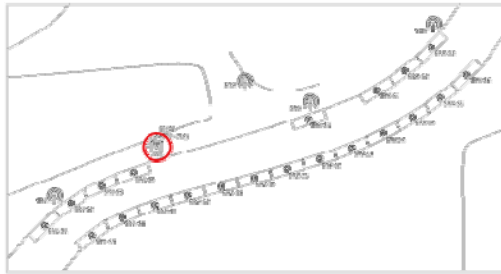
<Fig. 2> Field collection device Chamber test and Oscilloscope measurement(upper)

설계 적용하였다. 하지만 12월 2일~10일 <Table 2>의 기간 동안에 1차 및 2차 전지의 온도에 따른 방전특성이 현장수집장치에서 요구하는 순간 소비전류를 안정적으로 공급 하지 못하는 문제가 발생하였고, 이로 인해, 정상적인 운영을 할 수 없음을 발견하였다. 이를 개선하기 위하여 <Fig. 2>와 같이 Chamber(제이오텍 TH-G) 테스트를(영하 -20도 ~ 영상 60도) 통해 2차 전지(LiFePO₄)와 1차 전지(리튬이온)의 온도에 따른 특성을 세부적으로 분석 후, 2차 전지(LiFePO₄)는 3개, 1차 전지(리튬이온)는 7개로 적용 시 온도에 따른 특성에서도 안정적으로 동작하는 것을 확인하였다.

1차 및 2차 전지의 개별오차를 고려하여 현장 운영 시 보다 안정적인 방전특성을 확보하기 위해 <Fig. 3>과 같이 1차 및 2차 전지를 각각 1개씩 추가 적용 후 현재까지 11개소에서 정상적으로 운영되고 있다. 그러나 1개소의 현장수집장치의 경우 1차 및 2차 전지 증설 후 수 개월 동안 정상 운영되는 것으로 보였으나, 하루 최대회전율(입/출차 각 1회 발생)이 평균 350회 내외이고 최대 약400회로 매우 높게 발생하였다. 태양광 발전량과 소비량의



〈Fig. 3〉 Field collection device inside battery



〈Fig. 4〉 Field collection device 1ea → 2ea separation place

불균형으로 시간이 경과 후 1차 및 2차 전지에 방전이 발생하였다. 데이터 분석결과 현재 최종 운영에 적합한 1차 및 2차 전지의 용량은 1일 최대 회전을 200회 내외에서 안정적으로 동작한다는 것을 알 수 있었다.

이러한 이유로 높은 회전율을 보이는 1개소에 대해서 현장수집장치를 1개에서 2개로 분리하는 작업

을 실시하였고 현재까지 2개월 이상 안정적으로 동작하고 있다.

이는 무급전으로 운영하고 있는 주차장의 지리적 여건에 따라 태양광 발전량이 부족하기 때문에 발생한 것으로 확인되었고, <Fig. 4>와 같이 현장수집장치를 1개에서 2개로 분할 후 안정적으로 동작하는 것을 확인하였다.

2) 사례를 통한 설치 환경에 따른 고려 사항

본 연구에서 분석한 주차장은 <Table 3>과 <Table 4>와 같이 일조량에 의한 내부 온도 상승 및 강수량 등에 의해 비정상적인 수집 결과를 보이고 있다. 이러한 문제점 중 하나인 <Fig. 5>와 같이 고층 빌딩 및 가로수 등으로 시간대별 일조량 변화가 급격하기 때문이다. 서울지역 주차장 12개소 시험환경보다 일반적인 철도 구간은 태양광 발전에 보다 좋은 환경으로 판단되며, 도시 부를 운영하는 트램의 경우는 주차장과 유사한 환경으로 판단된다. 따라서, 상세 설계 시 지역별 특성과 우기, 적설량 등을 감안하여 태양광 발전 패널 발전 용량(크기)과 1차 및 2차 전지 용량에 대한 조정이 필요하다.



〈Fig. 5〉 Shady location Field collection device installed

〈Table 3〉 Battery temperature characteristic Check data (Parking Place A-1 & K)

2015 November	Average cloudiness	Rainfall	Sunshine time (h)	Total number of parking	Place : A-1
27 day	4.4	-	5.2	47	
28 day	7.6	0.1mm	0	30	
29 day	9.8	3.0mm	0	8	
30 day	2.5	-	8.5	130	
December 1	1.5	-	9.1	116	2015 December
2 day	7.8	13.5mm	0.5	15	Issue period
3 day	8.3	7.1mm	1.3	15	
4 day	3.4	-	6.9	15	
5 day	6.3	-	7.8	15	
6 day	5	-	7.5	15	
7 day	1.9	-	8.8	15	
8 day	0	-	9	15	
9 day	5.3	-	7.2	15	
10 day	8.8	0.3mm	0	15	
11 day	2	-	7.7	55	
12 day	1.3	-	8.9	100	◀ Expansion
13 day	1.6	-	8.9	141	
14 day	9.8	2.5mm	0	160	
15 day	8	0.1mm	3.2	146	
16 day	2	-	8.3	100	
17 day	0	-	9.1	280	
18 day	6.3	0.0mm	0	316	
19 day	0.5	-	8.8	255	
20 day	7	-	3.6	300	
21 day	5.8	2.0mm	2.4	177	
22 day	3.8	-	7.1	229	
23 day	4.5	0.4mm	5.9	200	
24 day	4.5	-	4.7	180	
25 day	2.3	0.0mm	9.7	203	
26 day	4.5	0.7mm	0	91	
27 day	0	-	9.2	120	
28 day	0	-	9.2	155	
29 day	3.8	-	7.6	142	
30 day	6.9	2.5mm	3.1	202	
31 day	5	-	2.9	159	

2015 January	Average cloudiness	Rainfall	Sunshine time (h)	Total number of parking	Place : K
27 day	4.4	-	5.2	61	
28 day	7.6	0.1mm	0	4	
29 day	9.8	3.0mm	0	3	
30 day	2.5	-	8.5	45	
1 day	1.5	-	9.1	61	2015 December
2 day	7.8	13.5mm	0.5	51	
3 day	8.3	7.1mm	1.3	35	
4 day	3.4	-	6.9	15	
5 day	6.3	-	7.8	3	
6 day	5	-	7.5	3	
7 day	1.9	-	8.8	3	
8 day	0	-	9	3	
9 day	5.3	-	7.2	3	
10 day	8.8	0.3mm	0	3	
11 day	2	-	7.7	37	◀ Battery
12 day	1.3	-	8.9	51	◀ Expansion
13 day	1.6	-	8.9	61	
14 day	9.8	2.5mm	0	37	
15 day	8	0.1mm	3.2	44	
16 day	2	-	8.3	45	
17 day	0	-	9.1	77	
18 day	6.3	0.0mm	0	121	
19 day	0.5	-	8.8	101	
20 day	7	-	3.6	73	
21 day	5.8	2.0mm	2.4	96	
22 day	3.8	-	7.1	57	
23 day	4.5	0.4mm	5.9	69	
24 day	4.5	-	4.7	37	
25 day	2.3	0.0mm	9.7	60	
26 day	4.5	0.7mm	0	37	
27 day	0	-	9.2	62	
28 day	0	-	9.2	37	
29 day	3.8	-	7.6	46	
30 day	6.9	2.5mm	3.1	49	
31 day	5	-	2.9	47	

〈Table 4〉 The amount of current lack data

2016 April	Average cloudiness	Rainfall	Sunshine time (h)	Total number of parking	
23 day	6.3	-	7.9	130	
24 day	2.3	-	11.4	129	
25 day	0.8	-	11.9	156	
26 day	5.9	-	9.9	191	
27 day	9.6	-	0	236	
28 day	6.4	-	9.4	203	
29 day	2.5	0.3mm	11.6	39	
30 day	5.4	-	1.5	28	
2016 05					
1 day	5.6	-	6.8	50	
2 day	7	16.5mm	7.5	134	
3 day	10	27.0mm	0	174	
4 day	1.6	-	12.8	96	
5 day	4.5	7.5mm	10.9	7	
6 day	9.3	9.5mm	0	7	
7 day	2	-	12.4	7	
8 day	5.4	-	11.5	7	
9 day	8.3	0.0mm	5.4	7	
10 day	9.1	13.5mm	0.1	7	
11 day	2	-	12.9	7	
12 day	3.3	-	12.5	7	
13 day	3.6	0.5mm	11.6	7	
14 day	5.5	-	11.1	7	
15 day	9	45.0mm	4.5	7	
16 day	3	2.5mm	12.3	7	
17 day	0	-	13.1	7	
18 day	0.5	-	13.2	74	
19 day	0	-	13.4	168	
20 day	0.6	-	12.8	158	
21 day	2.6	-	12.4	171	
22 day	2.8	-	11.8	136	
23 day	7.5	-	7.7	149	
24 day	-	37.0mm	2.3	170	
25 day	6.9	-	5.1	225	F/C m.ID setting
26 day	8.1	0mm	1.5	238	
27 day	7.1	-	8.3	151	
28 day	2.9	-	13.1	203	
29 day	4.1	-	8.7	230	
30 day	0	-	12.8	208	
31 day	-	-	11.6	200	

Check
F/C 1EA
Expansion

III. 토의사항 및 향후 연구내용

1. 현재 데이터 수집장치에서 센터로의 통신은 3G 망을 통하여 TCP/IP통신을 하고 있지만 IoT기술이 발전함에 따라 개발되는 모듈 등을 센터와 데이터 교환을 위한 통신 수단으로 적용하게 된다면 보다 더 저전력화 할 수 있을 것으로 기대된다.
2. 트램이 운영되는 도시부의 경우, 교차로 및 건물 목 간의 거리가 비교적 짧은 구간이 다수 존재하며, 본 연구에서 활용한 ISM Band(447MHz)대역은 누구나 사용할 수 있는 주파수 대역으로 전파 간섭에 취약하여 ISM Band를 사용하기보다 철도용 전용 주파수를 할당 받아 전파 간섭을 회피하는 것이 바람직하다.
3. 철도 및 트램 구간에 현장 적용 시, 설치되는 위치의 발전가능 조도(20,000Lux이상)가 최소 3시간을 만족해야 하루 운영할 전력을 태양광으로부터 공급받으므로 설치 위치의 지리적 환경적 여건에 따라 솔라 및 배터리 용량에 대한 증설 등을 고려하여야 한다.
4. 향후 고려사항으로 본 연구에서 사용된 이벤트 접속 방식의 3G TCP/IP는 1회 통신에 40초 내외의 시간이 소요되므로 데이터의 지연시간이 발생하며, 철도 시스템에서는 이를 해소하기 위하여 상시 온라인으로 운영 가능한 매체 또는 데이터 교환을 위한 빠른 접속이 가능한 매체를 활용하는 것이 바람직하다.
5. 철도(트램)와 도로가 교차하는 구간에서의 제어를 위한 장치이므로 안전에 직결되는 바, 안정적인 운영이 필수이며, 주기적인 신호인 Heartbeat 신호를 짧게 가져가 이상 징후를 빠르게 판단 할 수 있게 하고, 비상모드로 전환하여 운영되어야 한다. 비상모드는 현재 일반적인 도로에서 운영되는 신호 체계를 따라 자동 운영되는 것이 바람직하다.
6. 본 논문은 시스템 적용에 대한 가설과 그것을 실증하는 측면에서 접근하였기 때문에, 향후 수치해석과 같은 이론적 검증이 필요할 것으로 보인다.

IV. 결 론

본 연구에서는 발리스와 미소전력 무선 루프검지기를 일체화함으로써 차상장치가 있는 열차와 차상장치가 없는 열차 및 트램 과 일반차량의 검지정보를 통해 차량의 종류 및 위치를 미소전력 무선 루프검지기의 중계기 및 현장수집장치를 통해 센터와 실시간 통신하여, 무급전(태양광) 무선통신으로 운영이 가능한 시스템에 대한 연구를 실시한 바, 유사 사례인 12개 주차장 운영 데이터를 분석한 결과, 1일 동안의 주차 차량이 주차장 최대 회전율 200회 내외인 경우 시험에 적용한 태양광 판넬과 1차 및 2차 전지 용량으로도 약 6개월(2015년 12월 ~ 2016년 05월) 동안 운영이 지속됨을 확인 하였다. 따라서, 태양광 발전과 무선통신으로 운영되는 현장수집장치로 수집되는 통과차량(열차, 트램 및 일반차량 등) 대수가 200회/일 내외인 경우 미소전력 무선 루프검지기 일체형 발리스를 활용한 차량검지 시스템의 운영이 무급전 무선통신으로 가능함을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 2015 ~ 2016 한국철도기술연구원에 서 주관하는 중소기업 철도부품 기술개발 지원 사업에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] Ko Y. -O.(2012), "Interoperable System Construction with Urban Signalling System (ATS) for Train Control system," *Journal of the Korean Society for Railway*, pp.204-210.
- [2] Ko Y. -H.(2008), "A Study about preventing Improper Working of Equipment on ATS Sstem by Signaling Equipment," *Journal of the Korean Society for Railway*, pp.579- 587.
- [3] Baek J. H.(2004), "The Study of Train Detection Using Balise," CICS 04.
- [4] Baek J. H.(2009), "The Study on Train

Separation Control Technology using Balise for Conventional Line Speed Up," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 10, no. 2, pp.256-263.

Parking Guidance System to Low-Power Operation for Green Building," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 10, no. 3, pp.1-8.

[5] Lee J. -J.(2011), "A Study on Improvement of

저자소개



이 정 준(Lee, Jeong-jun)
1990년~1996년 : LG산전(주) 연구소 선임연구원
1996년~1999년 : C&C ENG 연구소장
1999년~현재 : 모루시스템(주) 대표이사
2006년 : 아주대학교 ITS대학원 교통공학과(교통공학 석사)
2012년 : 아주대학교 건설교통공학과(교통공학 박사)
e-mail : junlee@moru.com



양 도 철(Yang, Doh-chul)
1980년~1993년 : 콘트롤 데이터 코리아 기술부 과장
1993년~1997년 : 한국고속철도공단 연구소 선임연구원
1998년~2016년 : 현재 한국철도기술연구원 광역철도본부 책임연구원
1988년 : 숭실대학교 산업대학원 전자공학과 반도체전공 (공학석사)
2004년 : 홍익대학교 대학원 전자공학과 전자공학전공 (공학박사)
e-mail : dcyang@krri.re.kr



김 성 진(Kim, Seong-Jin)
2001년~2003년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학석사)
2003년~2011년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학박사)
2011년~2013년 : 포항산업과학연구원 시스템솔루션본부 선임연구원
2013년~현재 : 한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부 선임연구원
e-mail : sjkim@krri.re.kr



한 승 희(Han, Seung-hee)
2005년~2012년 : 공주대학교 학사 졸업 (전기 공학 전공)
2012년~현재 : 모루시스템(주) 주임 연구원
e-mail : shhan@moru.com



박 광 호(Park, Gwang-ho)
2010년~2014년 : 연성대학교 학사 졸업 (디지털전자 공학 전공)
2014년~현재 : 모루시스템(주) 연구원
e-mail : kwangho@moru.com