

디젤 차량용 통합 연료히터와 시험챔버 구현

윤달환^{1*}

¹세명대학교 전자공학과

Implementation of Compositd Fuel Heater and Test Chamber for Diesel Cars

Dal-Hwan Yoon^{1*}

¹Department of Electronic Engineering, Semyung University

요 약 본 연구에서는 디젤 차량용 통합형 연료히터 및 성능검사 시스템을 구현한다. 센서와 히터가 분리된 연료히터를 히터내에 센서를 안착시켜 통합함으로써 일체형 통합히터를 개발하고 성능평가시험 시스템 개발을 통하여 시험한다. 디젤 차량은 겨울철 저온환경의 영향을 받아 엔진이 냉각될 경우 일정한 온도 이하로 내려가면 파라핀과 같은 반고체 상태인 왁싱(Waxing)물질을 형성하여 엔진시동이 잘 걸리지 않게 하는 원인이 된다. 이러한 저온시동성을 지원하기 위해 연료히터를 사용하며, 연료히터의 성능을 평가하는 시험챔버가 필요하다. 시험챔버에서 연료히터의 성능 검사 항목으로 상온, 극저온, 극고온에서의 동작검사, 시험저항 설정에 따른 저항동작지연시간 및 전류동작지연시간, 온도변화에 따른 바이메탈 지연시간 검사, 블록히터의 전류 및 저항 검사, 히팅 운전검사 등을 수행한다. 이때 연료히터의 시험평가 및 평가 알고리즘을 제시한다.

Abstract In this paper, we have implemented the unified fuel heater and performance evaluation system for diesel cars. In order to strengthen an engine starting of diesel car, we need to assembly the fuel filter and heater. Especially, this assembly fuel heater is very important in winter, it is necessary for heating to operate the diesel engine. The heater for unifying the sensor and heater body can advance the performance of car and reduce the production cost. Finally, the performance test chamber is needed to evaluate the performance of heater.

Key Words : Diesel car, Evaluation system, Fuel heater, Test chamber

1. 서론

디젤엔진은 내연기관의 일종으로 연소방식에 따라 직접분사식과 간접분사식으로 분류한다. 직접분사식은 연료를 실린더 내에 직접 분사하여 연소시키며, 간접분사식은 직접분사식에 별도의 부연소실로 분사하여 연소시키는 방식이다. 직접분사식 디젤엔진은 연소시 소음이 간접분사식에 비해 크지만 연비 면에서는 매우 뛰어나 경제적인 이점을 가지므로 현재 많은 디젤자동차가 채택하

고 있다[1].

직접분사식 디젤엔진으로 CRDI (common rail direct injection(커먼레일) 엔진을 사용하며, 정밀 전자제어가 가능한 압축장치(압축 어큐뮬레이터, 레일)와 응답성이 뛰어난 연료 직접분사장치(인젝터)를 이용하여 운전 상태에 맞게 연료를 분사해주는 디젤엔진이다[2]. Fig. 1은 이산화탄소 배출량이 적은 친환경 엔진으로 널리 사용하고 있는 CRDI 엔진의 동작 구성도이다.

이 논문은 2012학년도 세명대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행된 연구임

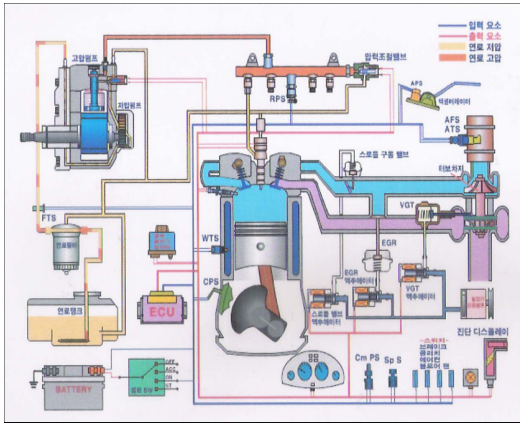
*Corresponding Author : Dal-Hwan Yoon(Semyung Univ.)

Tel: +82-10-2369-1308 email: yoonhdh@semyung.ac.kr

Received April 1, 2013

Revised (1st April 15, 2013, 2nd April 18, 2013)

Accepted May 9, 2013



[Fig. 1] Diagram of CRDI diesel engine

겨울철과 같이 저온환경의 영향을 받아 엔진이 냉각될 경우에 있어서의 디젤엔진의 시동은 최초 폭발, 즉 점화가 원만하지 못한 관계로 시동성이 떨어지는 단점이 있다. 특히 디젤엔진의 연료인 경유는 일정한 온도 이하로 내려가면 파라핀과 같은 반고체 상태인 왁싱(Waxing)물질을 형성하여, 엔진시동이 잘 걸리지 않게 하는 원인이 되고 있다[3]. 이와 같은 시동성 불량 해소를 위해 일반적인 디젤엔진의 경우, 시동전 연소실 내부의 공기온도를 점화에 유리한 온도까지 빠른 시간 안에 도달할 수 있도록 보조하는 별도의 보조 장치를 널리 채택하고 있는데, 이것을 블록히터라 한다[4]. 그리고 히팅 방식 중에서 많이 사용되고 있는 것이 정온도계수 (P.T.C, positive temperature coefficient)방식의 히터이다. 현재 승용디젤 차량용 및 S.U.V(Sport Utility Vehicle)용에는 65Watt 정도의 발열량을 지닌 P.T.C 4개를 주로 사용하고, 고압펌프의 정격유량은 60L/Min 정도이다. 공급되는 전원은 12V로 승용차, SUV 및 적재중량이 0.5톤 소형화물 차량용 엔진에 적용하고 있다[5].

히터와 연료필터가 결합된 연료히터 조립장치는 연료필터 여과재로부터 분리된 물이 필터 아래 부분에 일정량 이상 채워지면, 걸려서 모아준 수분이 다시 고압펌프 방향으로 유입될 수 있기 때문에 이를 방지하기 위하여 걸려진 수분이 일정량이상 일 경우 수분을 배출하라는 신호를 감지하여 주는 물센서가 연료필터 아래 부분에 장착되어 있다. 여기서 세라믹 P.T.C는 온도가 상승함에 따라서 저항이 정(正)으로 상승하는 특성을 이용하여 전류를 제어하는 레지스터이다[6]. 즉 어느 온도 이상 도달하면 저항이 커지며 전류를 차단한다.

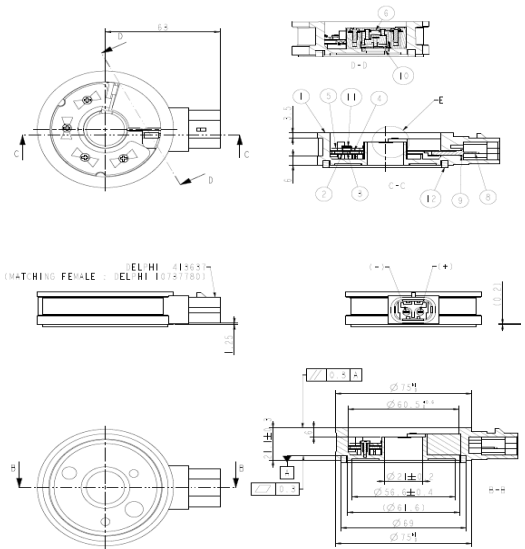
본 연구에서는 히터의 안정성 견고성 및 열효율을 향상시키기 위해 센서와 히터가 통합된 블록히터와 성능을 평가하는 시험챔버를 개발한다. 히터의 성능을 평가함에

있어 품질검사를 효율적이고 더 많은 수량의 처리량을 확보하는 시스템 개발과 동시에 검사에 소요되는 시간을 최소화하는 알고리즘을 개발한다.

2. 통합형 히터 및 성능평가

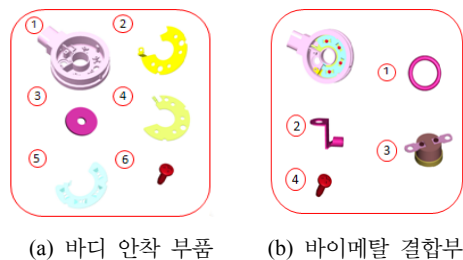
2.1 통합형 연료히터

디젤엔진시동에 있어 경유의 유동성을 향상시키기 위한 역할을 수행하는 것이 통합형연료히터이며, 핵심부품으로 플라스틱 몸체(Plastic Body), 하측플레이트(Lower plate), 상측플레이트(Upper plate), 정지기(Stopper), PTC 및 고정나사가 있다[7]. Fig. 2은 통합형 연료히터내 부품소재들의 설계도를 나타낸다.



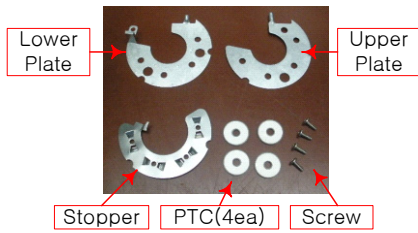
[Fig. 2] Design of unified type fuel heater

Fig. 3은 Fig. 2의 설계에 따라 3D형상을 구성한 것으로 (a)는 통합형 히터의 바디와 (b) 바이메탈부와 (c)는 이들의 개발제품이다.



(a) 바디 안착 부품

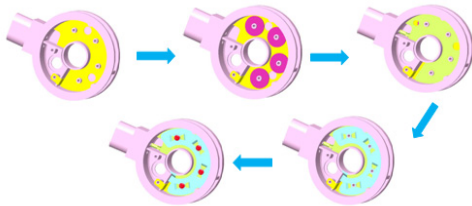
(b) 바이메탈 결합부



(c) 개발부품

[Fig. 3] Inner device of unified heater

Fig. 4는 Fig. 3의 소재들을 통합하기 위해 바디내 안착부 그룹에서 ① 바디에 ② 하측플레이트 안착, ③ P.T.C. 4개를 삽입, ④ 상측플레이트 안착, ⑤ 정지기 삽입 및 ⑥ 스크류 고정과정을 거친다. 스크류 체결시 6~7.5 kgf*cm로 토크(torque)를 설정하여 조립한다.



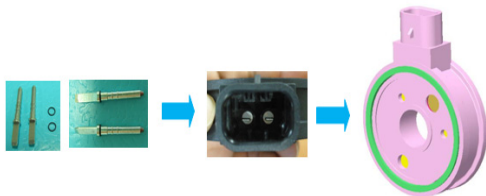
[Fig. 4] Body inner assembly process of unified heater

Fig. 5는 바이메탈 안착으로 Fig. 3(b)에서 ① 오형링(O-ring), ② 고정기, ③ 바이메탈 순으로 조립하고 마지막으로 ④ 스크류로 고정하여 조립한다.



[Fig. 5] Bimetal assembly process of body

Fig. 6은 바디 외곽에 ① 오형링(O-ring), ② 터미널 압입과 ③ 링실(Ring-seal) 삽입과정을 거쳐 최종 완성된다.



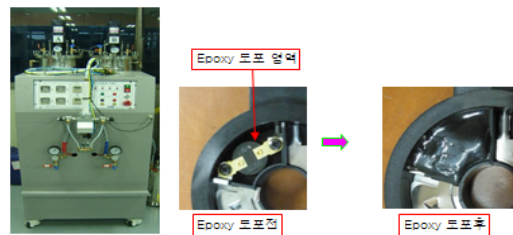
[Fig. 6] Ring seal insertion of body outdoor

블록히터의 성능과 내구성에 대한 무결점 시험을 위해 전력은 260W(오차 5%), 시험전압 DC 13V, 스위치전환은 On(-3°C ±4°C)과 Off(17°C ±4°C)를 수행한다. 특히 누수시험은 분당 3, 5 및 7 bar로 반복한다. Table 1은 블록히터의 무결점시험 규격을 나타낸다.

[Table 1] Impurity test specification

Terms	Specification
Power	260W + 5~10%
Test condition	온도.: -23°C/voltage : 13 Vdc
Switch On/OFF	On: -3°C ±4°C/Off: 17°C ±4°C
Maximum current	25 A
Leak test	No bubble : 3/5/7 bar(1 min.)
Fuel velocity	Fuel derive in 200 s
SW resistance	Min 100MΩ at DC 500V

마지막으로 Fig. 7처럼 통합 블록히터 바이메탈부에 에폭시를 주입하여 성형시킨 후 누수시험을 시행하며, 그 과정에서 블록히터의 문제점을 도출한다.



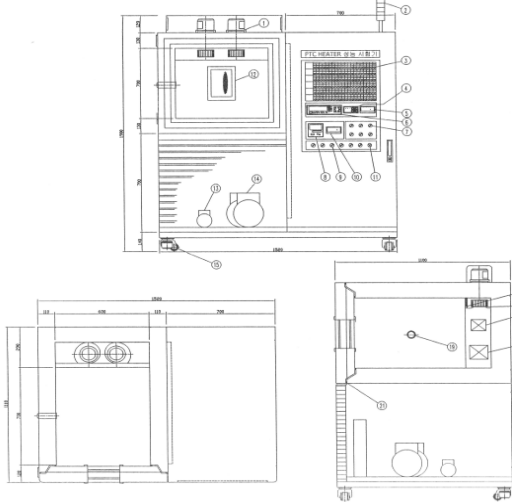
[Fig. 7] Insertion process of epoxy

3. 성능평가 시스템 구현

통합용 블록히터의 성능검사 및 불량품 검출을 위한 성능검사에 평가 장비가 필요하다. 성능검사 항목은 상온, 극저온, 극고온에서 동작검사 및 시험저항 설정에 따른 저항 및 전류동작 지연시간, 온도변화에 따른 바이메탈 지연시간 검사, 블록히터의 전류 및 저항 검사, 히팅 운전검사 등이다[8]. 특히 평가장비의 처리능력은 전수검사를 필요로 하는 자동차 부품의 특성상 부품 생산력과 직결되는 만큼 다량 샘플처리와 최소 운용시간의 필요성이 대두되고 있다.

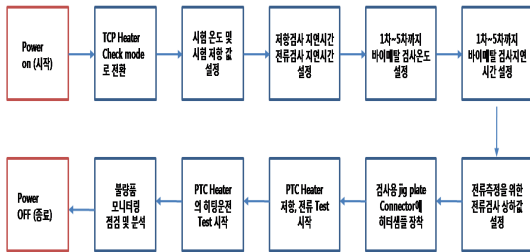
Fig. 8은 통합된 블록히터의 성능평가 시스템설계도이다. 전원 스위치를 동작하면, 히터 열체크 모듈로 전환되고, 시험온도와 시험저항을 설정한다. 이때 저항검사 및

전류검사 지연시간을 설정하고, 1~5차까지 바이메탈 검사온도를 설정한다. 그에 따라 불량률 모니터링 및 점검을 수행한다[9].



[Fig. 8] Structure of performance evaluation system

Fig. 9는 성능평가시스템의 효율적인 동작 알고리즘으로 연료히터의 생산성 향상을 위해 저비용 고효율의 성능평가 시스템을 구축한다.



[Fig. 9] Program flow for performance evaluation

연료필터의 바디형상을 변경하여 열전도도 향상과 유동 성능을 향상시키는 방법 개발을 통해 P.T.C 히터의 발열량을 신속히 히터내로 전달시키고, 유체의 유동성을 위해 센터파이프를 적용하는 알고리즘으로 내구성 판단기준을 설정한다. Table 2는 내구성 판단기준을 나타낸다.

[Table 2] Strength judgement standard

Terms	Specification
Temp. Cycle (20 Cycle)	<ul style="list-style-type: none"> -40°C (0.5HR) -40°C → 100°C (0.5HR) 100°C (0.5HR) 100°C → -40°C (0.5HR)

Vibration test	50Hz / 56HR
SALT injection	MS 611-15
Terminal On/Off	350N
Temp. immunity	40°C, 90~95%, 24HR
Thermostat	13 Vdc/25A/50,000 Cycle
Impulse test	0~ 4Bar/3*10 ⁶ , 90CPM

4. 실험결과

Fig. 10은 블록히터의 조립과 성능평가까지의 흐름도를 통해 문제가 발생할 수 있는 공정알고리즘을 도출한다.



[Fig. 10] Block heater assembly and performance evaluation flow

개발된 히터의 경우 Fig. 10 공정에서 바다나 수밀검사에서 문제점을 찾아낼 수 있다. 이때 수밀검사에서 바다의 터미널 이격으로 인해 재보정이 이루어질 수 있다.

수밀검사가 완료되면 에폭시 작업이 이루어지며, 시험 챔버로 넘어간다. 이때 시험챔버에서 각종 전기저항 및 온도변화에 대한 특성 검출이 이루어진다.

Fig. 11은 저온챔버 내부와 목표온도에서 바이메탈의 통과저항을 측정하는 장면을 나타낸다.



[Fig. 11] Bimetal's resistor measurement

Table 3은 Fig. 11에서 상온과 2.5 °C에서 통합히터의 바이메탈 통과저항과 비동과 저항을 측정된 데이터이다.

[Table 3] Bimetal resistance measurement

Unit : Ω

No.	18℃(3.8~4.8Ω)		2.5℃(4.5~5.8Ω)		diff.
	Pass Resist.	Nonpass resist.	Pass Resist.	Nonpass resist.	
1	O.L	4.27	4.80	4.78	0.02
2	O.L	4.20	4.87	4.83	0.04
3	O.L	4.25	4.82	4.79	0.03
4	O.L	4.30	4.87	4.83	0.04
5	O.L	4.33	4.77	4.72	0.05
6	O.L	4.29	4.88	4.83	0.05
7	O.L	4.34	5.84	4.79	1.05
8	O.L	4.32	4.82	4.79	0.03
9	O.L	4.28	4.92	4.88	0.04
10	O.L	4.27	4.82	4.78	0.04
11	O.L	4.57	5.09	5.06	0.03
12	O.L	4.32	4.76	4.70	0.06
13	O.L	4.29	4.82	4.78	0.04
14	O.L	4.27	4.79	4.78	0.01
15	O.L	4.26	4.84	4.80	0.04
16	O.L	4.33	4.82	4.80	0.02
17	O.L	4.27	4.87	4.82	0.05
18	O.L	4.20	4.64	4.58	0.06
19	O.L	4.40	4.81	4.78	0.03
20	O.L	4.23	5.88	4.78	1.10
21	O.L	4.34	4.80	4.79	0.01
22	O.L	4.30	4.92	4.90	0.02
23	O.L	4.33	4.80	4.76	0.04

Table 3에서 7번과 20번에서 통과저항과 비통과 저항의 차이가 가장 큰 값을 나타낸다. 바이메탈의 전체적인 검사는 양호한 상태이다.

Table 4는 7개 시료를 이용하여 Thermostat 내부 접점 저항에 따른 시험전 저항과 전류 및 발열량을 나타낸다.

[Table 4] Resistance and current before test

Sample	Resistor before test(Ω) (2.5℃)		Current (A)	Consumption power (W)
	+ , - Connector	Resistor		
1	37.54Ω	4.99Ω	6.6	188.76
2	16.09Ω	5.02Ω	6.8	194.48
3	16.37Ω	5.07Ω	6.7	191.62
4	25.74Ω	4.80Ω	6.8	194.48
5	8.11 Ω	4.70 Ω	6.9	197.34
6	15.52Ω	4.87Ω	6.8	194.48
7	6.36Ω	4.90Ω	6.7	191.62

Table 5는 7개 시료를 이용하여 Thermostat 내부 접점 저항에 따른 인가전압조건을 나타낸다.

[Table 5] Voltage condition

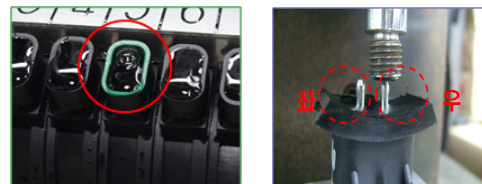
Sample	Voltage (V)			
	Forced voltage	A. Bimetal Voltage (between - and resistor line)	B. Bimetal Voltage (between + and - line)	Voltage drop (A-B)
1	28.6	27.823	27.724	0.099
2	28.6	27.874	27.774	0.1
3	28.6	27.876	27.741	0.135
4	28.6	27.873	27.777	0.096
5	28.6	27.891	27.778	0.113
6	28.6	27.887	27.772	0.115
7	28.6	27.871	27.771	0.1

Table 6은 2.5℃에서 시료에 따른 시험후 저항을 나타낸다.

[Table 6] Resistance after test

No.	Resistance after test(Ω)	
	+,- connector	Resistor line
1	5.02Ω	4.99Ω
2	5.05Ω	5.02Ω
3	5.07Ω	5.04Ω
4	4.84Ω	4.80Ω
5	4.74Ω	4.72Ω
6	4.88Ω	4.86Ω
7	4.93Ω	4.89Ω

Fig. 11에서 누설시험과정에서 히터의 불량원인으로 접촉단자의 커넥터 이탈력으로 수밀불량이 발생한다. 누설검사 오일내로 히터를 입수한 후 압력을 가하면, 커넥터부의 접속에 이탈력으로 기포가 형성되며 수밀불량으로 판정한다. Fig. 12는 수밀불량을 체크하는 공정이고, 이탈력에 문제가 발생시 Table 7처럼 이탈력을 보정한다.



[Fig. 12] Cavity reform of heater connector

[Table 7] Measurement data of unit inner and a break

차종	SLe		기존 외장형		
	좌	우	좌	우	
CAVITY1	1	2.767	2.772	2.766	2.775
	2	2.772	2.771	2.774	2.768
	3	2.769	2.771	2.766	2.769
	4	2.771	2.767	2.772	2.776
	5	2.766	2.768	2.764	2.766
CAVITY2	1	2.769	2.773	2.769	2.766
	2	2.771	2.776	2.763	2.763
	3	2.769	2.769	2.769	2.772
	4	2.773	2.774	2.771	2.768
	5	2.771	2.768	2.765	2.775

5. 결론

본 연구는 디젤차량용 통합형 연료히터를 개발한다. 기존의 센서와 바디의 분리형을 일체형으로 개발하고, 성능평가 시스템 개발을 통하여 생산성향상은 물론 가격대비 경쟁력을 확보하였다. 특히 시험챔버에서 히터 열체크 모듈 전환, 시험온도와 시험저항, 히터의 저항검사 및 전류검사를 통하여 불량률 모니터링 및 점검을 수행함으로써 IT융합기술을 통한 차량의 성능향상을 기할 수 있었다.

References

[1] Buomsik Shin, Myungseok Lyu, Kyuhoon Choi, "The Effect of Injection Pressure Variations by Using Common Rail on the Smoke and Fuel Consumption in a Small HSDI Diesel Engine," Fall conference proceeding, KSAE, pp.97-302, 2000

[2] Sung Wook Park, Hyung Jun Kim, Chang Sik Lee, "Investigation of Atomization Characteristics and Prediction Accuracy of Hybrid Models for High-Speed Diesel Fuel Sprays," SAE 2003-01-1045, 2003.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4271/2003-01-1045>

[3] Ju Sub Jang, Yeong Hwan Yoon, "Analysis Model for Components Design of Common Rail Fuel Injection System," KSAE, Vol.17, No.3, pp. 117 - 126, May 2009.

[4] Se Doo Oh, Jeung Gwen Park, Ho Gil Lee, Gi Su Lee, Yeung Duk Pyo, Su Jin Jeung, "Performance Characteristics of 3 Liters Level Common Rail DME System Engine," Proceedings of KSAE, pp 649 - 652, Nov. 2010.

[5] Young Cheol Kim, Nak Sub Seung, GunSu Jin, Hu Tak

Jo, "A Study on High Voltage PTC Heater for Cars," Proceedings of KSAE, pp.560 - 564, May 2011.

[6] Jongsuk Lim, Seungsuk Oh, Jaesung Chung, Kangyoon Lee, Myoungho Sunwoo, "Development of a Combustion Phase Indicator for Real-Time Combustion Control in CRDI Diesel Engines," Annual Conference and Exhibition Proceedings of KSAE, pp.14~19, 2010

[7] KIA Co. Ltd., "Heating System of Fuel Filter for Diesel Engine" Patents : 10-0974718000, 2010

[8] Dal Hwan Yoon, Woo Hyun Han "The Composited Fuel Heater for Friendly Environment Diesel Engine Heater and Chamber for Performance Evaluation", Technical Reports of SMBA, Mar. 2012

윤 달 환(Dal-Hwan Yoon)

[정회원]



- 1984년 2월 : 한양대학교 전자공학과 졸업
- 1986년 2월 : 한양대학교 대학원 석사
- 1994년 2월 : 한양대학교 대학원 박사
- 1987년 7월 ~ 1994년 6월 : 육군사관학교 전자공학과 교수
- 2005년 7월 ~ 2009년 2월 : (주)하이원대표
- 1995년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

통신신호처리, 의용신호처리, LED융합회로인터넛방송통신 등