

# 불꽃놀이 시스템의 국산화에 대한 연구

최준기\* 손무열\*\* 이종광\*\*\*

## A Study on the Domestic Fireworks System

Joon-Kee Choi\* Moo-Yeol Son\*\* Jong-Kwang Lee\*\*\*

**요약** 현재 우리나라의 불꽃놀이에서 사용되는 시스템은 대부분 미국산 장비와 소프트웨어로 노후되고 오래된 기술이다. 그 과정에서 불꽃놀이의 시작 신호를 받으면 미리 입력시켜둔 시그널대로 진행하고, 중간에 문제가 생기면 현장 관리자가 직접 전원을 꺼버리거나 다시 켜야 하는 등의 처리를 직접해야만 한다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 원시적인 방법을 탈피하고 외국기술에 의존하고 있는 현실을 순수 국산기술을 이용하여 개발함으로써 비용측면 뿐만 아니라 현실에 맞게 편의성 및 안정성을 더욱 높일 수 있도록 하였다. 향후에는 해외로 기술을 전파함으로써 수익을 창출할 수 있는 발판을 마련하고자 한다.

**Abstract** Fireworks are used in our country, most of U.S. equipment and software systems are old and outdated technology. If the Fireworks receives a signal, then the start of the pre-placed as the signal proceeds to the middle of a problem with the site manager directly turn off the power and turn on again. Manager, where it should be handled directly. So, in this paper, we researched a domestically developed technology to escape the reality that relies on foreign technology. Our technology should be suited the convenience, reliability and lower cost. This technology can generate revenue from overseas.

**Keywords** : Fireworks, Fire Module, Wireless, Radio-Frequency, Central ystControl sem

### 1. 서론

불의 발명과 더불어 인류의 문명은 발달하였다. 인류는 불에 대하여 특수한 감정을 갖고 있으며, 숙명적인 관계에 있다. 수 만 또는 수 십 만명의 사람들을 동시에 매료시키며 탄성을 자아내게하는 암흑속의 예술인 불꽃놀이가 또한 이러한 관점에서 시작된 것이라 할 수 있다. 불꽃놀이의 기원은 화약의 발명에서부터 기인한다. 9세기경 중국인들이 화약제조법을 연구하는 과정에서 불꽃(Fireworks)을 발견했는데, 화약이 폭

발하면서 발생하는 불빛과 폭음, 연기를 보고 불꽃놀이를 생각해내었다[1][2][3][4][5].

이후로 발전을 거듭하면서 오래된 축제의 도구로 이용되어 왔다. 불꽃놀이라고하는 연화기술은 단순한 축제의 도구가 아니다. 불꽃을 정해진 높이로 쏘아 올리고, 정해진 시간에 불꽃이 터지며, 터지는 불꽃을 화려함으로 수놓기 위해서 불꽃의 모양을 자유자재로 만드는 그것 또한 기술의 집합체이다. 사람들의 유희과 축제를 위한 단순한 도구가 아니라 그 즐거움을 위해 그 속에 수많은 기술이 집약되어 있는 기술과 예술의 집합체라 할 수 있다[6].

\* Dept. of Secretarial Office Management Professor of Induk University (jkchoi@induk.ac.kr)

\*\* Director of Hanwha Co. (mooyeol@hanwha.co.kr)

\*\*\* CEO of EPICBrain (dalkwang@nate.com)

Received : January 06, 2014

Revised : January 23, 2014

Accepted : January 26, 2014

우리나라의 불꽃놀이는 고려시대부터 시작되었던 것으로 추정되며, 근대적 의미의 불꽃놀이는 해방 이후부터 발전하기 시작했다. 아시안게임과 올림픽이 있었던 1980년대에 들어서 규모가 확대되기 시작했으며, 2000년부터 현재까지 세계불꽃축제 행사를 하면서 더욱 화려하고 다채로운 불꽃놀이로 자리를 잡아가고 있다. 그러나, 예술과 기술의 집합체인 불꽃놀이의 이면에는 우리가 해결해야할 문제점들이 있다. 특히, 불꽃놀이 기술의 많은 부분을 외국에 의존하고 있다는 점이다. 따라서, 본 연구에서는 외국에 의존하고 있는 불꽃놀이 기술을 국내 기술로 개발하고자하며 이에 대한 연구를 진행하였다. 국내 기술로의 대체는 외국 기술에 의존성을 줄일뿐만 아니라 비용절감 측면도 있으며, 고부가가치의 수익을 창출 할 수 있는 모델이 될 수 있다.

2장에서는 불꽃놀이의 역사, 불꽃놀이의 구조 그리고 연화의 구조 및 불꽃의 종류에 대해, 3장에서는 개발한 불꽃놀이 시스템에 대하여 논하고 다양한 실험결과를 통하여 이를 증명한다. 마지막으로 결론을 맺고자 한다.

## II. 불꽃놀이

### 2.1 불꽃놀이의 역사

불꽃놀이를 현대적 의미의 관점에서 본다면 불꽃축제라고 할 수 있다. 불꽃축제의 역사를 도표로 살펴보면 다음 그림 1과 같다[1][7][8].

9세기경 중국에서 발견하였고 13세기에는 마르코 폴로가 유럽에 화약을 전파한 것으로 전해지며, 15세기에는 화약이 군사적 목적으로 사용되기 시작하였다. 16세기부터는 화약이 오락이나 유희목적의 불꽃놀이로 보다 광범위하게 사용되기 시작하였으며, 18세기에는 여기에 음악을 도입하기 시작했다. 19세기에는 마그네슘, 알루미늄과 같은 새로운 재료의 등장으로 더욱 화려한 모습으로 발전하기 시작했으며, 1960년에는 현대적 의미의 음악적 불꽃놀이가 프랑스에서 최초로 시작되었다. 1990년에는 캐나다 밴쿠버에서

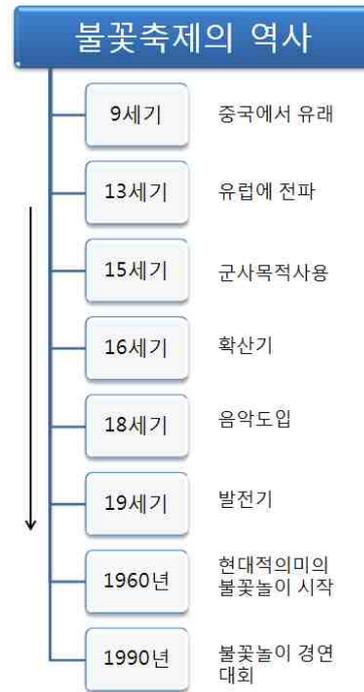


그림 1. 불꽃축제의 역사  
Fig. 1 History of Fireworks

최초로 국제불꽃경연대회가 열림으로써 본격적인 불꽃축제의 시대가 도래했으며 지금까지 이어지고 있다.

### 2.2 불꽃놀이의 종류

축제(놀이)용 불꽃을 통칭하는 연화는 사용목적에 따라 신호용 연화와 관상용 연화로 구분할 수 있으며, 관상용 연화는 그 종류를 사용 용도에 따라 크게 타상연화, 장치연화 그리고 완구연화의 세 가지로 구분할 수 있다. 여기에, 최근 무대에서도 특수연출에 많이 사용되기 때문에 무대연화를 별도로 구분하는 경우가 있다.

타상연화는 일반적으로 연화를 발사포에 넣어 쏘아 올리는 것을 말한다. 축제 때 우리가 흔히 볼 수 있는 형태를 말하며, 높이 공중으로 날아 올라가 큰 소리와 함께 폭발하여 아름다운 모양을 그린다. 장치연화는 타상연화외에 장치를 해놓고 불꽃을 보여주는 것을 말한다. 즉, 일정

한 틀에 여러 모양으로 색화제, 조명제, 발연제 등을 철사 등으로 엮어놓고 집화하면 서서히 타면서 퍼져나가 글씨나 다양한 모양을 그려낸다. 세계불꽃축제 등에서 가끔 나이아가라 폭포를 연상케하는 불꽃이 그것이다. 완구연화는 우리가 흔히 말하는 폭죽 형태를 말한다. 일반적으로 소규모의 연화를 말하는데, 일반인이 쉽게 구입하여 사용가능하다. 완구연화는 장치연화와 기본구조 및 형태가 비슷하나 훨씬 소량의 불꽃 화약을 사용하므로 효과가 작은 것이 특징이다.

또한, 관상용 연화는 사용 용도에 따른 세 가지 방식에 각각 주간연화와 야간연화로 구분된다. 이를 정리하면 다음 그림 2와 같다.

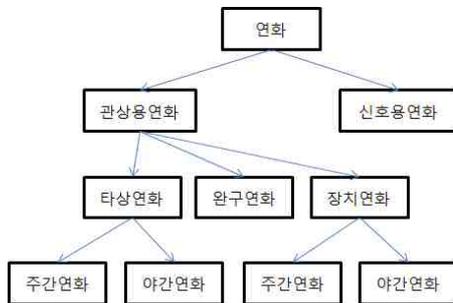


그림 2. 연화의 종류  
Fig. 2 Types of Fireworks

주간연화와 야간연화는 연화의 형상 및 변화 형식에 따라 구분되며, 주간연화는 특성상 더 밝은 빛을 띄거나 연기를 더 많이 내는 구조로 되어 있다.

### 2.3 연화의 구조 및 불꽃의 종류

우리가 많이 볼 수 있는 관상용 연화인 타상 연화에서 사용되는 연화는 형태에 따라 크게 원형과 원통형으로 구분할 수 있다. 이 중 원형 연화의 구조를 보면 ①옥피(Shell Casing), ②별(Star), ③활약(Break Charge), ④도화선(Time Fuse) 그리고 ⑤추진약(Lift Charge)으로 구성되어 있으며 다음 그림 3과 같다[2].

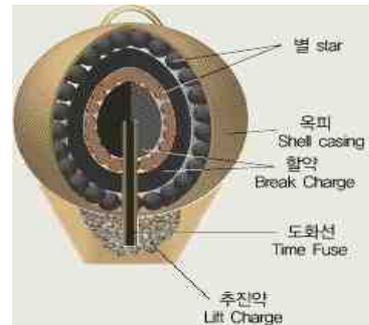


그림 3. 연화의 구조  
Fig. 3 The Structure of a Firework

옥피는 연화를 감싸고 있는 외피를 말하며 주로 종이로 되어 있다. 이것은 불꽃의 크기와 모양을 결정하는 중요한 역할을 한다. 별은 불꽃축제 시에 공중에서 눈에 보이는 빛을 만들어내는 중요한 역할을 담당한다. 즉, 불꽃의 화려한 모양과 색상은 이 별의 연소반응과 불꽃반응의 결과이다. 별의 크기와 성분에 따라 다양한 형태와 모양이 생기게된다. 활약은 옥피를 파열시키고 별을 점화시켜 날려보내는 역할을 한다. 도화선은 지연도화선(Delay fuse)라고도 부르며, 발사포로부터 발사된 시점부터 터질 때까지 이 도화선이 중요한 역할을 한다. 도화선의 길이에 따라 터지는 시간이 달라지기 때문이다. 추진약은 연화가 일정한 고도가 될 때까지 상승시켜주는 역할을 담당한다.

이렇게 연화는 기본 구조를 가지고 설계되고 만들어지며, 각각의 역할이 매우 중요하여 세심하고 정밀한 작업이 필요하다. 이 연화가 폭발하는 과정을 도식화하면 다음 그림 4와 같이 나타낼 수 있다.



그림 4. 연화의 폭발과정  
Fig. 4 The Explosion Process of a Firework

불꽃의 종류는 지금도 수 많은 종류가 계속

연구되고 개발되어 사용되고 있어 종류가 정해져 있지는 않다. 그러나, 지금까지 개발되어 사용된 종류를 불꽃의 모양에 따라 구분하자면 다양한 형태로 나누어 볼 수 있다. 그 중 우리가 불꽃축제 시에 흔히 접할 수 있는 타상연화 중 야간연화의 종류와 모양에 대해 살펴보고자 한다. 아래 그림 5에서 보듯이 무수히 많은 모양의 불꽃들이 있으며, 생김모양으로보면 어느정도 알 수 있을 이름들이 붙여져 있다[3]. (a)는 국화, (b)는 야자나무와 야자수, (c)는 버드나무, (d)는 모형, (e)는 갈채, (f)는 마인 그리고 (g)는 혜성으로 붙여진 이름들이다. 이들 중 모형은 흔히 나비나 링 또는 하트 등 여러 가지 모형을 갖는 불꽃을 말하며, 갈채는 수 십, 수 백의 별이 연달아 터지며 마치 갈채와 환호성을 보는 듯한 모양 때문에 붙여진 이름이다. 그리고, 마인은 마치 지뢰가 폭발하듯 수 백개의 별이 동시에 분출되기 때문에 붙여진 이름이다.



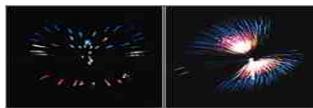
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

그림 5. 불꽃모양

Fig. 5 Shape of Fireworks

이러한 불꽃의 모양 또한 앞으로 새로운 모양이 연구되고 개발되어질 것이다.

## 2.4 타상연화의 발사시스템

불꽃축제에서 많이 활용되고 있는 타상연화의 발사 시스템은 단순해보이지만 그 속에는 많은 기술적 요소들이 숨어있다. 우선, 연화가 그것이고 연화를 쏘아올리는 발사 장치 또한 매우 중요한 부분이다. 아래 그림 6은 발사시스템의 일반적인 구조를 보여준다.

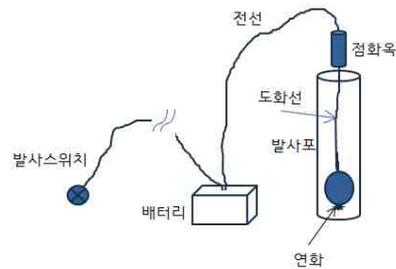


그림 6. 일반적인 발사시스템

Fig. 6 General Firing System

그림 6에서 점화옥(Electronic Match)은 전선 끝에 백금선(니크롬선)을 연결하고 화약을 입힌 후 코팅하여 만든 점화장치이다. 전류가 흐르면 백금선의 저항에 가열되고 화약이 점화된다. 점화옥이 점화되면 연결시켜놓은 도화선에 불이 붙게되고 연화가 쏘아올려지게 된다.

발사포는 재질이 종이, 강철, 섬유강화 플라스틱, 고밀도폴리에틸렌수지 등이 이용되고, 발사

포의 규격은 연화의 크기에 따라 달라진다. 발사 스위치는 발사기 본체에서 전기, 전자신호를 받아 전류를 공급하는 역할을 한다.

위 그림 6에서 보는 일반적인 발사시스템의 모습은 현재도 크게 다르지 않으며 무선(Wireless) 신호를 추가하거나 Wipi 등으로 신호를 보내는 연구들이 진행중이다.

### III. 불꽃놀이 시스템의 국산화에 대한 연구

국내에서도 매년 많은 불꽃축제가 진행되고 있는데, 장비 및 기술을 대부분 외국에 의존하고 있는 실정이다. 이를 대체할 수단 있다면 비용절감이 엄청날 뿐만 아니라, 고부가가치의 수익도 창출할 수 있다. 따라서, 본 연구는 외산에 의존하고 있는 불꽃놀이 기술을 국산으로 대체하고자 연구를 진행하였다. 본 방식은 유선/무선으로 가능하도록 구성되었으나 향후를 위해서 무선방식의 불꽃놀이 시스템에 대한 연구를 주 목적으로 하였다.

#### 3.1 전체적인 불꽃놀이 시스템의 구조

개발한 전체 불꽃놀이 시스템의 구조는 다음 그림 7과 같다. 그림에서 중앙제어시스템은 중앙관제시스템이라고도 하며, 불꽃놀이의 시작에서부터 끝날 때까지 모든 시스템을 통제하고 관리한다. 그리고, 여기에는 불꽃놀이를 위한 연출프로그램(공연 프로그램)도 함께 탑재된다. 이 연출프로그램은 음악과 Sync를 맞추며 정해진 프로그램대로 불꽃놀이를 진행하기 위한 S/W이다.

##### 3.1.1 중앙제어시스템

중앙제어시스템은 각각의 발사모듈의 상태를 체크할 수 있어야하며, 모듈에 있는 배터리의 상태도 주기적으로 체크하여야 한다. 또한, 안전성이 우선해야하기 때문에 갑작스런 상황 발생시에 각 발사모듈에게 발사중지 신호를 내릴 수

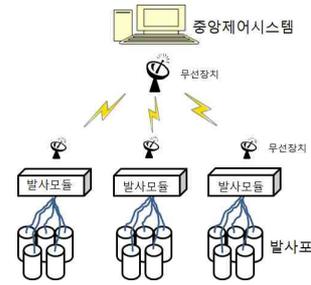
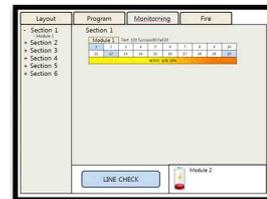
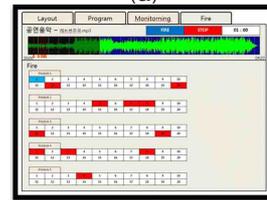


그림 7. 전체시스템의 구조  
Fig. 7 Overall Structure

있어야 한다. 문제가 해결되면 다시 시작이 가능하도록 해야 한다. 다음 그림 8은 중앙제어시스템의 메인화면이다.



(a)



(b)

그림 8. 중앙제어시스템  
Fig. 8 Main Control System

중앙제어시스템은 RF통신, 라인체크, 발사상태, 연결상태 등의 모니터링 기능 그리고 발사명령을 수행하는 제어기능 등으로 구성되어 있다. 아래 그림 9는 연출프로그램의 메인 화면이다.

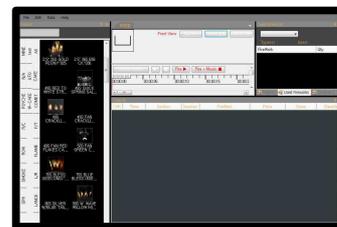


그림 9. 연출프로그램  
Fig. 9 Manufacturing S/W of Fireworks

왼쪽은 불꽃의 종류이며 음악과 시간이 Sync를 맞출 수 있도록 설계되었고, 연출을 설계한 후 원하는 발사모듈에 이 연출프로그램을 보내면 된다.

### 3.1.2 발사모듈

발사모듈은 중앙제어시스템에서 신호를 받아 전류를 점화옥에 바로 전달하는 장치이다. 아래 그림 10은 발사모듈에 들어가는 컨트롤러이다.



그림 10. 발사컨트롤러  
Fig. 10 Fire Controller

컨트롤러는 자체 프로토콜을 사용하여 중앙제어장치에 있는 연출프로그램과 발사모듈간의 무선통신 연결을 지원하고, LineCheck, Fire 명령 등의 명령어를 제어한다. 또한, 전류센서를 통한 내부 쇼트 검출 기능을 포함한다. 컨트롤러는 출력 전압이 DC 24V/1A이며, 라인체크전압은 DC 5V/10mA이하이다.

다음 그림 11은 각각 Fire출력회로, LineCheck 회로 그리고 통신회로를 보인다.

RF 무선통신을 위한 장치를 구성함에 있어 가장 중요한 요소는 안정성과 다양성이다. 원거리에서도 안정적으로 송수신이 가능해야함을 물론 채널이 다양하여 다 용도로 사용할 수 있어야 한다. 아래 표 1은 불꽃놀이의 무선장치로 쓰일 수 있는 송수신장치의 종류와 장·단점을 분석하였다.

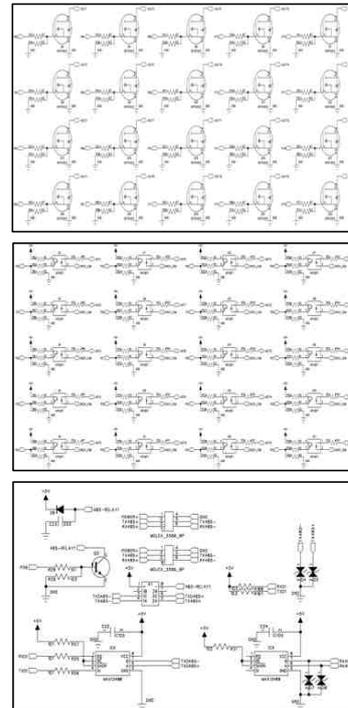


그림 11. 컨트롤러 회로의 일부  
Fig. 11 Partially Controller Circuit

### 3.1.3 무선장치

표 1. 송수신장치의 종류와 장·단점

Table 1. R/F Module Types

WAM-424XSS	IRF4520PW_455R2K4	VW320A-232T
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• DC 3.3V ~ 9V</li> <li>• UART 3V, 5V I/F</li> <li>• 별도 프로토콜 없이도 사용 가능</li> <li>• 출력 10mW</li> <li>• 실제 측정 거리 약 1Km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DC 5V / 2A</li> <li>• Serial 통신방식(RS232)</li> <li>• 통신채널 20CH</li> <li>• 455~455.95 MHz</li> <li>• RF Data Rate 2400 bps</li> <li>• 출력 1W</li> <li>• 실제 측정 거리 약 2.5Km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DC 3.3V / 5V 1A</li> <li>• Serial 통신방식(RS232)</li> <li>• 통신채널 100CH</li> <li>• 433/868/915 MHz</li> <li>• RF Data Rate 1.2kbps ~ 115.2 kbps</li> <li>• 출력 1W ~ 5W</li> <li>• 실제 측정 거리 약 4Km 이상</li> </ul>

표 1에서 보는 것처럼 VW320A-232T 모델이

강한 출력과 100개의 선택 가능한 채널이 있어 좀 더 안정적인 주파수 대역을 사용할 수 있기 때문에 채택하였다. 통신패킷의 기본 포맷은 다음과 같다.

ID	Func	Size	Data	Check-sum
2Byte	1Byte	1Byte	가변	1Byte

ID는 모듈의 주소를, Func는 동작명령을, Size는 패킷의 사이즈를, Data는 필요 데이터를 사용하는 용도로 쓰이고 Checksum은 오류검출을 위한 용도로 사용된다. 이 패킷은 크게 4가지 기능이 있는데 우선 LineCheck와 배터리 체크를 위한 체크기능과 발사(Fire)를 위한 발사기능이 있다. 발사와 동시에 음악이 Sync되기 때문에 연출프로그램의 데이터(공연)가 처리되며 갑작스러운 상황 발생 시 정지시키거나 문제가 해결된 후 재시작할 수 있는 기능이 발사기능에 있다. 또한, 발사 모듈에 연출프로그램을 다운로드하거나 다운로드된 프로그램을 수정할 수 있는 프로그램기능과 발사모듈의 시간(내부클럭)을 리셋(reset)하거나 강제로 시간을 조정하는 시간조절기능이 있다. 다음 그림 12는 4가지 각각의 기능들이 동작하기 위한 통신패킷들의 예시(보안상)를 보여준다.

■ Master->Slave

ID	Func	Size	Data	Checksum
Slave Address	1x11	1	A(&f32)	0x11 ~ 0x99

(a)

■ Master->Slave

ID	Func	Size	Data	Checksum
Slave Address	2x22	1	B(&g52)	0x11 ~ 0x99

(b)

■ Master->Slave

ID	Func	Size	Data	Checksum
Slave Address	3x33	40	단자번호 /분/초	0x11 ~ 0x99

(c)

■ Master->Slave

ID	Func	Size	Data	Checksum
Slave Address	4x44	5	T(&h51)	0x11 ~ 0x99

(d)

그림 12. 통신패킷의 예시

Fig. 12 Examples of Communication Packet

그림 12에서 (a)는 체크기능의 배터리체크의 예이고, (b)는 발사기능의 정지신호의 예를 보여 주며, (c)는 프로그램기능의 다운로드된 프로그램의 수정을, 마지막으로 (d)는 발사모듈의 시간(내부클럭)을 리셋하는 시간조절기능의 예이다.

3.2 실험방법 및 결과

실험은 실제 불꽃놀이 현장에서 진행하였다. 포항불꽃축제, 당진왜목마을의 불꽃축제에서 필드테스트를 진행했는데, 이 중 당진에서의 진행 환경은 그림 13과 같다.



그림 13. 당진 테스트 환경

Fig. 13 Test Environment of DangJin

바다 환경이므로 불꽃발사를 바지선에서만 진행하였다. 테스트 인원이 바지선 탑승 후 중앙제어시스템과의 통신테스트를 진행하였다. 그 거리는 대략 400m정도였다. 테스트결과, 총 테스트 5회 모두 100% 송수신이 완료됨을 확인할 수 있었다.

포항불꽃축제에서의 실험환경은 그림 14와 같다.



그림 14. 포항 테스트 환경

Fig. 14 Test Environment of PoHang

그림 14에서 맨 위의 빨간실선은 중앙제어시

스택의 반대편이며, 무선 발사모듈 1대가 설치되었다. 가운데 실선은 바지선이며 역시 무선 발사모듈 1대를 설치하였고, 맨 아래쪽의 실선부분에 중앙제어시스템(노트북)이 설치되었다. 실험 결과는 다음과 같다.

- RF 통신테스트(바지선) : 라인체크 통과, ping 테스트(100회) 통과
- RF 점화옥 발사 테스트 : 총 점화옥 16개 테스트 모든 점화옥 정상적으로 발사
- RF 통신 거리테스트  
설치구역 <-> 관람구역 중앙제어시스템 (약 600m) : 라인체크 통과, 점화옥 발사 테스트 통과, ping 테스트(500회) 통과

설계한 시스템으로 불꽃놀이 현장에서 직접 실험한 결과 상기와 같이 모두 성공적이었다. 직접 점화옥도 발사해 봄으로써 본 시스템의 국산화가 성공적으로 이루어졌음을 확인하였다.

#### IV. 결론

지금까지 기존 외산에 의존하던 불꽃놀이 기술을 순수 국내기술로 개발하는 연구를 진행하였다. 현재 우리나라 불꽃놀이에 사용되는 시스템은 미국산장비와 소프트웨어로 구형이다. 시작 신호를 받으면 미리 입력시켜둔 시그널대로 불꽃놀이를 진행한다. 만약 중간에 어떤 예기치 못한 문제들이 발생하면 현장의 관리자가 전원을 끄고 대처하는 원시적인 방법을 사용하고 있는 실정이다. 상기의 이유로, 본 연구에서는 다양한 기능을 갖는 순수 국내기술로 이 불꽃놀이 시스템을 구현하였다. 실제 환경에서 실험하여 성공임을 증명하였다. 기존 기술을 새로운 기술로 대체함으로써 얻은 장점은 표 2에서 요약한다.

표 2. 연구 전·후의 효과 비교

Table. 2 Comparison of Effectiveness Before and After Works

구분		기존기술의 문제점	연구의 성과
보안성	통신 간섭, 해킹사고	아날로그 통신	디지털 통신
	발사자 안전확보	발사자 위험성	중앙을 통한 안전 확보
안전성	히스토리 로그 기능	없음	종료 후 발생했던 오류 분석 가능
	라인체크	결선 상황 체크 불가능	결선 시 체크 가능
효율성	모니터링	통합 모니터링 불가능	중앙관리자의 통합모니터링 가능

향 후 연구과제로는 3D 시뮬레이터(Simulator)를 구현 중에 있다. 불꽃놀이의 최대 단점은 특성상 미리 시연을 해 볼 수가 없다는 점이다. 막대한 비용과 시간을 필요로 하기 때문이다. 그래서, 환경을 똑 같이 만들어 계획된대로 미리 시뮬레이션을 해 볼 수 있는 연구가 진행중이다. 이 시스템이 완성된다면 불꽃놀이의 예술성을 한층 더 강화시킬 수가 있고, 효과를 극대화시킬 수 있다. 또한, 기술 수출을 통한 수익의 창출 또한 가능하리라고 본다.

#### 후 기

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 콘텐츠산업기술지원사업으로 수행되었음.

#### Reference

[1] Hanwha co., "http://www.bulnori.com"  
 [2] Seoulfireworks co.,

