

다채널 무선센서와 고속카메라의 동기화 시스템과 취득 데이터를 이용한 양궁 동작 분석 소프트웨어 개발

2017. 01. 25

(주)알디텍

문화체육관광부

제 출 문

문화체육관광부 장관 귀하

이 보고서를 “다채널 무선센서와 고속카메라의 동기화 시스템과 취득 데이터를 이용한 양궁 동작 분석 소프트웨어 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2017년 1월 25일

주관연구기관명 : (주)알디텍

주관연구책임자 : 편현범

연 구 원 : 조성훈

연 구 원 : 송일현

연 구 원 : 손재현

연 구 원 : 최강민

참여기업명 :

대표자 :

위탁연구기관명 : 충남대학교 산학협력단

대표자 : 권기량

보고서 요약서

과제번호	s072015182015		지원분야	스포츠과학	기술분야	HE1305				
과제명	다채널 무선센서와 고속카메라의 동기화 시스템과 취득 데이터를 이용한 양궁 동작 분석 소프트웨어 개발									
연구기간	2015년 12월 30일 ~ 2016년 12월 29일									
연구책임자	편현범	참여연구원수	전체 : 5 명 내부 : 명 외부 : 명	연구개발비	정부: 135,000 천원 기업: 45,644 천원 합계: 180,644 천원					
주관연구기관명 (소속부서명)	(주)알디텍		참여기업명 (대표자)							
위탁연구기관명 (소속부서명)	충남대학교 산학협력단		연구책임자		정문현					
요약					보고서면수	147				
<ul style="list-style-type: none"> ● 양궁종목의 경기력 향상 및 자세교정을 위하여 2채널 영상신호와 영상신호와 동기된 다채널 소형 무선센서 모듈로 구성된 양궁동작분석 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 센서 데이터 취득과 무선 전송을 위한 센서 모듈 개발(장력/기울기, 체중, 풍향/풍속) - 스포츠 동작 분석용 통합 컨트롤러 개발 - 무선 센서 모듈간 시간 동기화 기술 구현 - 영상 신호와 센서신호의 동기화 구현 - 장력측정센서 개발 - 동작 분석용 소프트웨어 개발 ● 양궁 동작 분석 소프트웨어 테스트 <ul style="list-style-type: none"> - 개발된 양궁 동작분석 시스템을 사용하여 양궁 선수에 적용하여 효율성 검증 - 밸런스(체중) 훈련 중요성 판단 										
색인어 (각 5개 이상)	한글	무선센서, 고속카메라, 시간동기화, 양궁, 동작분석								
	영어	wireless sensor, high-speed camera, time synchronization, archery, motion analysis								

요약문

I. 제목

다채널 무선센서와 고속카메라의 동기화 시스템과 취득 데이터를 이용한 양궁 동작 분석 소프트웨어 개발

II. 기술개발의 목적 및 필요성

- 기존의 스포츠 분석기 계측방식이 카메라 영상만을 이용하거나 유선으로 연결된 센서를 이용하여 분석이 단순하고 실제 운동 환경에서 사용하기 어려움
- 실제 운동 환경에서 사용하기 위하여 센서를 무선방식으로 교체할 필요성이 있음
- 사용 장비의 물리적 특성을 측정하는 장비가 거의 없음
- 양궁 동작분석기 시장 미흡

- 여러 개의 무선통신장치를 사용하기 위한 동기화 기술 개발
- 영상과 센서 데이터의 동기화 기술 개발
- 활에 손상을 주지 않고 장력을 측정하기 위한 센서개발과 부착방법 제시
- 영상과 센서 데이터의 동기화 기술 개발
- 영상 2채널과 활의 장력, 선수의 체중, 환경적인 특성인 풍향/풍속 데이터를 이용하여 효율적인 동작분석을 제공하는 소프트웨어 개발

III. 기술개발의 내용 및 방법

- 센서 데이터 취득과 무선 전송을 위한 센서 모듈 개발(장력기울기, 체중, 풍향풍속)
- 스포츠 동작 분석용 통합 컨트롤러 개발(SMAS)
 - 각각의 센서모듈을 시간 동기화 시키는 기능 보유
 - 센서모듈로부터 무선으로 데이터 수신하고 분석 소프트웨어로 데이터 전송
- 무선 센서 모듈간 시간 동기화 기술 구현
- 영상 신호와 센서신호의 동기화 구현
- 장력측정센서 개발
 - 활에 손상을 주지 않고 장력을 측정하는 센서 및 부착방식 개발
- 동작 분석용 소프트웨어 개발
- 양궁 동작 분석 소프트웨어 테스트
 - 개발된 양궁 동작분석 시스템을 사용하여 양궁 선수에 적용하여 효율성 검증

IV. 연구개발결과

- 무선 센서 모듈 개발(장력기울기, 체중, 풍향풍속) 완료
- 스포츠 동작 분석용 통합 컨트롤러 개발(SMAS) 완료
- 무선 센서 모듈간 시간 동기화 기술 구현 완료
- 영상 신호와 센서신호의 동기화 구현 완료
- 장력측정센서 개발 완료
- 동작 분석용 소프트웨어 개발 완료
- 양궁 동작 분석 소프트웨어 테스트
 - 개발된 양궁 동작분석 시스템을 사용하여 양궁 선수에 적용하여 효율성 검증
 - 양궁선수들에게 밸런스 훈련이 매우 중요하며 풍속이 증가할수록 기록이 나빠지는 결과를 예측하여 이에 맞는 훈련프로그램 개발이 이루어져야 됨을 제시함.

V. 연구개발결과의 활용계획

- 양궁 관련학과 선수들의 동작 분석을 Database화하여 체계적인 학습/코칭/평가를 통해 신체 및 운동 능력 향상
- 개인 운동 분석 데이터를 저장하여 시간에 따른 성장 과정 확인
- 선수가 슬럼프에 빠질 때 가장 성적이 좋을 때의 자료를 확인하여 슬럼프 탈출
- 동작분석과 교정 및 반복훈련을 통한 개인 능력향상을 비교 분석하여 학문적으로 활용
- 국내 및 국외 교육장비로 사업화 추진
- 선수들의 자세 교정을 통한 결과 분석 비교 자료 제공
- 연습과 동시에 동작확인이 가능하기 때문에 선수들의 연습 장비로 활용
- 일반 사회 동호인을 위한 자세 분석 서비스 및 레슨 서비스 제공

S U M M A R Y

I. TITLE

Development of synchronization systems between multi-channel wireless sensors and high-speed cameras and Archery motion analysis software using acquired data.

II. PURPOSE AND NECESSITY OF TECHNOLOGY DEVELOPMENT

- The existing sports analyzer measurement method is simple to analyze using camera image or sensor connected by wire, and it is difficult to use in actual exercise environment
- Wireless sensor replacement is required for use in real-exercise conditions
- Almost no equipment is used to measure the physical properties of the equipment used
- Archery motion analyzer market is insufficient

- Development of synchronization technology to use multiple wireless communication devices
- Development of synchronization technology between video and sensor data
- Propose sensor development and attachment method to measure tension without damaging bow
- Development of software that provides efficient motion analysis by using image 2 channel, bow tension, athlete's body weight, environment characteristic wind direction / wind velocity data

III. CONTENTS AND METHOD OF TECHNOLOGY DEVELOPMENT

- Development of sensor module for sensor data acquisition and wireless transmission (tension/slope, weight, wind direction-velocity)
- Development of integrated controller for sports motion analysis(SMAS)
 - Feature of time synchronization of each sensor module
 - Receive data wirelessly from sensor module and transmit data to analysis software
- Implementation of time synchronization technology between wireless sensor modules
- Implementation of time synchronization of video signal and sensor signal
- Development of tension measuring sensor
 - Developement of attachment method to measure tension without damaging bow

- Software development for motion analysis
- Archery motion analysis software test
 - The effectiveness of the developed archery motion analysis system for archery players

IV. R & D RESULT

- Development of wireless sensor module
(tension slope, weight, wind direction/speed) completed
- Development of integrated controller for sports motion analysis(SMAS) completed
- Implementation of time synchronization technology between wireless sensor modules completed
- Implementation of time synchronization of video signal and sensor signal complete
- Development of tension measuring sensor complete
- Software development for motion analysis complete
- Archery motion analysis software test
 - Balance training is very important for archery athletes and it is suggested that the training program should be developed according to the predicted result that the record becomes worse as the wind speed increases.

V. R & D UTILIZATION PLAN

- Save personal motion analysis data and check the growth process over time
- When the athlete falls into the slump, check the data when he / she has the best grades and escape the slump
- Promoting business with domestic and overseas educational equipment
- Provide comparative analysis of result analysis through posture correction of athletes
- utilization as exercise equipment because checking exercise immediately after practice
- Provide attitude analysis service and lesson service for general society

CONTENTS

Chapter 1 Summary	9
Section 1. Necessity of R & D	9
Section 2. Purpose of R & D	10
Section 3. Scope of R & D	10
Chapter 2 Research trend in domestic and foreign countries	11
Section 1. Sports Motion Analysys of domestic and foreign contries	11
Section 2. Motion analysis market status and characteristics	13
Chapter 3 Content, Method and Result of R&D	18
Section 1. Goals and evaluation methods of technology development	18
Section 2. Details of development	20
1. Development of SMAS device	20
2. Wireless sensor module configuration and design	33
3. Hardware and Case Design	43
4. System Software Development	50
5. Implementing sensor synchronization technology	59
6. Development of motion analysis software	69
7. GUI and Functions	79
8. Archery motion analysis system application test	85
Section 3 Research Result	101
1. system implementation	101
2. Performance certification test procedure and test report	106
3. Player analysis result	130
Chapter 4 Achievement of goal and contribution to related field	133
Section 1 Achievement of goal	133
Section 2 Expecting Effect	135
Chapter 5 Utilization Plan of Result	136
Section 1 Utilization Plan	136
Section 2 software development direction	137
Section 3 Application to other research	139
Section 4 Marketing Strategy	140
Section 5 The need for further research	142
Chapter 6 Overseas Science and Technology Information	144
Chapter 7 Reference	147

목차

제1장 기술개발과제의 개요	9
제1절 연구개발의 필요성	9
제2절 연구개발의 목적	10
제3절 연구개발의 범위	10
제2장 국내외 기술개발 현황	11
제1절 국내외 스포츠 동작분석 현황	11
제2절 동작분석 시장현황 및 특성	13
제3장 기술개발 내용, 방법 및 결과	18
제1절 기술개발의 목표 및 평가방법	18
제2절 세부 개발 내용	20
1. 스포츠 동작 분석 시스템(SMAS) 장치 개발	20
2. 무선센서 모듈 구성 및 설계	33
3. 기구물 및 케이스 설계	43
4. 시스템 소프트웨어 개발	50
5. 센서 동기화 기술 구현	59
6. 동작분석 소프트웨어 개발	69
7. 동작분석 소프트웨어 GUI 및 기능	79
8. 양궁동작 분석시스템 적용 테스트	85
제3절 연구결과	101
제4장 목표달성을 및 관련분야에의 기여도	133
제1절 목표달성도	133
제2절 기여도	135
제5장 연구개발결과의 활용계획	136
제1절 활용방안	136
제2절 소프트웨어 개발 방향	137
제3절 타연구에의 응용	139
제4절 사업화 방안	140
제5절 추가연구의 필요성	142
제6장 기술개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	144
제7장 참고문헌	147
<첨부> 스포츠 산업개발사업 자체평가 의견서	148

제1장 기술개발과제의 개요

제1절 연구개발의 필요성

1. 기존의 스포츠 동작분석 시스템

- (1) 단순하게 카메라 영상만을 이용하거나 <그림 1-1>처럼 유선으로 연결된 센서를 이용하여 실제 환경과 다른 조건에서 운동하며 데이터를 취득하여 분석
- ① 이는 실제 운동 환경 조건에서 취득하여야 하는 데이터와 큰 차이가 나며, 또한 해당 종목의 분석에 꼭 필요한 자료를 얻을 수 없음
 - ② 유선센서인 경우 신체의 활동을 제약하여 무선센서 방식으로 바꿀 필요성 대두
 - ③ 각 종목 선수들의 필요한 운동 데이터의 취득이 어려우며 해당 종목의 경기력 향상에 맞는 최적화된 훈련 방법 또한 제시되지 못하고 있다.



<그림 1-1> 유선 운동부하검사

- (2) 사용 장비의 물리적 특성을 계측하는 장비가 거의 없음

- ① 선수의 동작에만 관심을 두어 마커를 부착하여 동작분석에만 사용
 - ② 선수의 장비의 물리적 특성과 계측데이터를 요구하는 분야가 요구됨
- 골프의 골프채, 양궁의 장력, 장대높이뛰기의 장대등
- (3) 양궁 동작 분석기 시장이 미흡

2. 제안된 스포츠 동작분석 시스템

(1) 실제 운동 환경 조건하에서 계측

- ① 다채널 고속 무선 센싱 시스템을 이용
- ② 사용 장비에 무선센서를 효과적으로 부착
- ③ 이를 바탕으로 최적화 된 훈련방식 제시

- (2) 환경적인 특성을 갖는 데이터 취득(풍향/풍속)
- (3) 고속의 카메라(240frame) 영상 2채널 사용
- (4) 분석시스템 활용으로 체계적이고 효율적인 코칭가능

제2절 연구개발의 목적

- (1) 스포츠 분석에 다양한 무선센서 활용
 - 여러 개의 무선센서를 사용하기 위하여 모든 센서의 시간을 동기화 시키는 기술 확보
 - 시간동기화 장치를 개발하여 동기화장치의 시간으로 무선센서를 동기화 시키는 방법 제시
- (2) 센서데이터와 영상을 분석에 활용하기 위하여 센서와 영상신호의 시간 동기화 기법 확보
 - 동작 분석시 영상과 센서의 데이터가 일치하지 않는다면 효율성 저하
 - 동작 분석 장치에서 카메라로 트리거를 발생시켜 영상생성시간을 조절하는 방법 제시
- (3) 스포츠 분석 대상으로 양궁종목을 선택
 - 활의 상태와 체중이동, 풍속등을 계측하기 위하여 다양한 센서가 사용됨
- (4) 운동장비에 손상을 주지 않고 부착하기 위한 센서 개발과 부착방법 제시
 - 양궁에 적용시 활에 장력센서를 개발하고 부착방식을 제시
- (5) 영상 2채널과 다양한 센서의 데이터를 이용하여 효율적인 동작분석을 제공하는 소프트웨어 개발
 - 양궁에 적용시 활의 장력, 선수의 체중, 환경적인 특성인 풍향/풍속

제3절 연구개발의 범위

본 연구는 다음과 같은 범위를 갖는다.

- (1) 영상2채널(240프레임)과 시간적으로 동기된 체중, 장력/기울기, 활의 장력 데이터를 전송하는 무선센서 모듈을 개발하고, 각 센서데이터와 영상을 처리하여 양궁 코치가 효과적으로 선수를 코칭할 수 있는 양궁분석 시스템을 구현
- (2) 구현된 분석 시스템을 이용하여 실제 양궁 선수에 적용하여 테스트를 진행함

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내외 스포츠 동작분석 현황

최신 IT기술 및 센서기술을 접목하여 스포츠 선수의 운동능력을 다각도로 정밀히 분석하고자하는 시도들이 이루어지고 있음

가. 국내 현황

- ① 한국 전자통신연구원에서 깊이맵 영상을 취득하여 스켈레톤(뼈대)를 추출하고 사용자의 동작을 실시간으로 인식하는 기술을 개발하였다. 하지만 상용화에 있어서는 안정성, 재현성이 떨어지며 다중센서 연동이 되지 않는 문제점을 가지고 있음
- ② 스윙뱅크사에서는 신체에 마커를 부착하고 3~6개의 적외선 카메라로부터 정보를 수집하여 3차원적으로 변환. 다중센서 연동이 되지 않음
- ③ 골프존에서는 swingtalk 블루투스와 자이로 센서를 이용하는 제품을 클럽에 부착하여 스윙모션 분석기에 활용하고 있다. 하지만 단순하고 정확성이 떨어짐

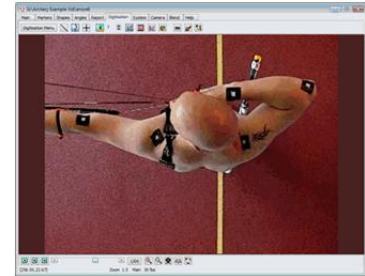
나. 국외 현황

- ① Xsens는 무선센서네트워크를 기반으로 속도/자이로 데이터를 전송하여 모션을 캡쳐하도록 구성되어 있다.
- ② 네츄럴포인트는 적외선기반의 마커를 사용자 몸에 부착하여 스포츠 동작을 분석하도록 하였다.
- ③ 두 제품 모두 사용자 몸에 센서와 마커를 부착하는 방식이며 부가적인 센서를 추가하여 동시에 계측할 수는 없다.

다. 양궁분석

- ① 이액션사에서 양궁 멘탈 트레이닝 프로그램을 제공하는데 오직 영상 1채널과 심박수 센서와 추가로 무게 중심을 표시하는 장치로 구성된다. 심박수와 경기력 관계를 측정하며 국외로는 Quintic Consultancy사에서 고속 카메라(200~300frame)와 마커 부착으로 팔동작의 운동역학적인 결과를 산출한다. 하지만 역시 영상이 한 개이며 추가적인 센서는 부착되지 않는다.

구분	내용	관련 기술 사진
국내 기술 현황	<p>1. 한국전자통신연구원 깊이맵 영상에서 스켈레톤을 추출하고 사용자의 동작을 실시간으로 인식하는 기술 개발함. 안정성등이 미흡하여 상용적용이 힘듬. 다중센서 연동이 되지 않음</p>	
	<p>2. 스윙뱅크 신체에 마커를 부착하고 3~6개의 적외선 카메라로부터 정보를 수집하여 3차원적으로 변환. 다중센서 연동이 되지 않음</p>	
	<p>3. 이액션 1대의 카메라와 COG(무게중심)장비 심박수 측정 모듈로 구성되어 있다. 추가적인 센서는 부착이 되지 않음</p>	
	<p>4. 골프존 골프 클럽에 센서부착하여 블루투스로 핸드폰과 연동 자이로 센서 사용 단순하고 정확성 떨어짐</p>	
국외 기술 현황	<p>1. Xsens(미국) 무선 통신을 이용한 속도/자이로 센서 기반 와이어리스 모션 캡쳐 기술을 적용하였으나 추가적인 장비의 데이터를 얻기위한 센서를 부착할수 없음. 모션과 체중2채널만 가능(체중유선연결)</p>	

<p>2. 네츄럴포인트(미국) 모션 캡쳐 시스템기반 3D Swing analysis 시스템이며 사용자에게 마커를 부착하므로 스포츠 동작분석시 불편함. 또한 부가적인 센서연동이 되지 않음</p>	 
<p>3. Quintic Consultancy: GB Archery 1대의 고속카메라(200~300) 대와 마커 무착으로 팔동작의 움직임을 계측한다. 추가적인 센서 부착이 되지 않음</p>	

<표 2-1 > 국내외 동작분석 현황

제2절 동작분석 시장현황 및 특성

가. 국내외 동작분석 시장의 특성

- ① 국내의 경우 대기업을 중심으로 동작인식 기술이 적용된 제품들(예, 삼성 스마트 TV ES8000, 팬택 VEGA LTE M)이 출시되었으나 단순 동작만 인식 가능함.
- ② 동작인식 관련 시장의 경우 2010년부터 연평균 25.6%의 높은 성장률을 기록하며 2015년에는 6억 2,500만 달러의 시장 규모를 형성할 것이라 전망하고 있으며, (Market Research, 2011.06). Kinect의 누적 판매량은 12년 1월 기준으로 1,900대로 공식 발표되었으나 이 후 판매량이 급격하게 증가하고 있음

나. 국내외 동작분석 시장의 현황

- ① 다양한 동작분석 시스템들이 국외 시장에서 상용화되었으나 소형화의 어려움 / 편

- 의성 부족으로 아직 스마트 TV/폰 등에 탑재되지는 못하고 있으나, 향후 다양한 제품에 적용되어 큰 시장으로 성장할 것으로 전망됨
- ② 국내의 동작분석 시장은 주로 골프산업과 연관되어 있다. 골프 모션 분석기는 골프 산업의 성장과 더불어 각광의 받으며 레슨 프로들에게 사용되고 있음
 - 골프존은 현재 업계 부동의 1위 자리를 지키고 있으며, SwingTalk이라는 제품을 클럽에 부착하여 스윙모션을 분석함
 - 엑스골프는 7개 채널의 정밀센서로 센서 수가 가장 많아 매우 정교한 분석결과를 제공한다. 스윙의 궤적, 타출각, 타격 강도, 볼의 타격 지점 등에 대한 세밀한 정보를 피드백 받을 수 있어 스윙분석이 용이하다.
 - ③ 양궁 분석기 시장은 현재 미개척지로 남아있다. 양궁에 관련하여 센서를 부착하여 정보를 제공해 주는 시스템은 거의 없기 때문에 양궁 분석기 개발이 완료된다면 국내외로 새로운 시장을 창출할 수 있을 것으로 예상함

다. 센서별 스포츠분석 개발 현황

- ① 센서의 종류에는 압력센서, 기울기센서, 풍량풍속센서, 장력센서, 뇌파센서, 근전도 센서, 맥파센서, 가속도센서 등이 있음
- ② 압력센서는 골프, 야구, 배드민턴, 테니스, 탁구 등에서 그립의 압력이나 타격의 정확성을 측정하고, 사이클, 복싱에서는 안장압력와 페달압력을, 태권도에서는 전자호구나 헤드기어에 장착되어 타격 강도를 측정하고 있음
- ③ 뇌파센서는 양궁이나 사격선수의 멘탈트레이닝에 적용되며, 근전도센서와 맥파 센서는 육상이나 축구, 농구, 사이클 등의 선수들에게 부착•착용시켜 운동시 신체상태를 계측하고 있다. 가속도센서는 선수나 장비의 속도를 측정하는 종목에 적용되어 사용되고 있음

라. 국내외 스마트센서 분석

- ① 스마트 센서가 사물인터넷(IoT) 핵심 요소로 주목받고 있음. 최근 정보통신기술진흥센터(IITP)가 내놓은 'ICT 이슈 보고서'에 따르면 센서와 모듈 관련 기술분야가 전체 IoT 매출의 30% 이상을 차지할 것으로 전망하고 있음
- ② BCC Research에 따르면 세계 센서시장은 2014년 795억 달러에서 연평균 7.9%의 성장률을 보이며 2019년에는 1,161억 달러로 성장할 것으로 전망하고 있음
- ③ 한편 센서는 유형별로 이미지와 압력센서 그리고 바이오 센서 순으로 비중이 큰 것으로 나타나며, 가장 큰 비중을 보이는 이미지 센서는 주로 스마트 기기, 디지털 카메라, 방송촬영용 카메라, 의료영상기기 등에 사용되고 있음

- ④ 센서 유형별 시장점유율을 2012년과 2019년도를 비교해 살펴보면, 가장 큰 비중은 역시 이미지 센서가 차지하고 있으며, 2012년 기준 13%의 비중인 바이오 센서는 2019년에는 압력센서를 제치고 15%의 비중을 차지할 것으로 전망되고 있음
- ⑤ 어플리케이션 형태별 시장점유율을 동태적으로 살펴보면 자동차 산업 적용, 프로세스 산업 적용은 2012년 대비 2019년 시장점유율이 소폭 감소하나, 모바일 기기의 확산과 헬스케어 분야의 관심고조로 일반소비재 산업과 의료산업은 점유율이 다소 증가할 것으로 전망되고 있음
- ⑥ 산업통상자원부 자료에 따르면, 국내 센서 내수시장은 2012년 약 54억 달러 규모에서 2020년 99억 달러 규모로 연평균 10.4% 성장할 것으로 전망되고 있음
- ⑦ 정부는 ‘첨단 스마트 센서 육성사업’에 따라 2015년부터 6년간 1,508억 원을 투자할 계획이며, 2020년 기준 42억 달러 생산과 21억 달러 수출을 목표로 설정하고 있음

마. 스포츠 동작분석 기술개발 지원 현황

- ④ 스포츠산업 관련 R&D는 문화체육관광부에서 2007년도부터 계속 지원하고 있는 스포츠산업기술개발사업이 대표적이며, 산업통상자원부와 중소기업청 및 미래창조과학부에서도 R&D 사업을 생성하여 지원하고 있음
- ⑤ 기술수요조사 내용을 분석한 결과, 스포츠능력향상지원·구현기술과 스포츠콘텐츠·서비스기술에 대한 기술요구가 2013년 69.2%, 2014년 77.6%, 2015년 77%에 달할 정도로 비중이 높았으며, 정보서비스·가상스포츠의 최근 증가세가 매우 높은 것으로 나타남
- ⑥ 스포츠산업기술개발사업 과제지원 상황은 2007년부터 2014년까지(2015.3 기준) 정책과제 18건, 지정공모과제 47건, 자유공모과제 80건, 총 145건의 과제를 지원하였으며 각 연구기관의 수행결과, 성공평가 138건, 실패판정 4건, 중단 판정 3건을 기록하고 있음
- ⑦ 145건 연구수행의 투입대비성과로는 SCI 논문 19건(0.5건/10억원), 국내특허등록 48건(1.1건/10억 원)을 기록하였으며, NTIS 연구개발단계 분류에서 스포츠산업기술개발사업이 속한 ‘개발연구’ 분류의 국가개발과제 전체평균 SCI 0.5건/10억 원 및 국내특허등록 0.8건/10억 원을 만족하거나 뛰어넘는 성과를 내고 있는 것으로 나타남
- ⑧ 지원과제의 주제는, 사업의 초창기인 2007년, 2008년에는 주로 기계·기구적인 부분의 적용이 주를 이루었고, 2009년 이후에는 IT융·복합(전자센서, 통신, 소프트웨어) 적용이 이루어지고 있으며, 최근에는 하이테크 신소재 적용 과제도 나타나고 있음
- ⑨ 이는 타산업 R&D와 마찬가지로 스포츠산업 R&D도 ICT융·복합 활성화가 이루어지고 있으며, 하이테크 소재 적용을 통한 소재 고도화의 단계로 접어들었음을 나타낸다고 할 수 있음
- ⑩ 문화체육관광부 외 타부처 스포츠 R&D는 한국산업기술평가원과 중소기업기술

정보진흥원 등을 중심으로, 전통적인 의류 및 신발산업에서부터 레저스포츠, IT융복합, 산업마케팅 뿐만 아니라 경기력 향상을 위한 기초연구, 스포츠메가이벤트 매니지먼트시스템 개발 등의 지원이 중소기업혁신기술개발사업 등의 사업 내에 포함되어 이루어지는 것으로 나타남

- 한국스포츠개발원의 기술수요조사 내용 중 동작분석에 관한 내용

1. 3D 신속 성형방식을 이용한 개인 맞춤형 스포츠 기어 설계 기술개발
2. 하이브리드 체험형 야구게임 시뮬레이터 기술 개발
3. 동계 트랙 스포츠용 웨어러블 실시간 코칭 시스템 개발
4. 경기용 핸드바이크 개발
5. 스포츠과학기반 동계스포츠용 헬멧 개발
6. 스포츠과학기반 동계스포츠용 설상 종목용 신발 개발
7. 첨단소재를 활용한 개인 맞춤형 골프클럽 샤프트 제조설계
8. 자유의지 운동을 지원하는 트레드밀 개발
9. 스마트 Force-platform 개발
10. 모션센서를 이용한 사격자세 평가 모바일 시스템 개발
11. 조정종목을 위한 원격 관절동작 패턴의 원격분석 시스템 개발
12. 스포츠 ict 융합 수련용 태권도 전자호구 개발
13. mems 센서와 스마트폰을 이용한 개인용 3d 골프스윙 비디오 분석기
14. 경륜용 ALL-카본 자전거프레임 연구 및 제조
15. 흡한, 건속성이 우수한 생체역학기반 스포츠클라이밍용 신발 개발
16. 골프 이벤트의 체계적인 운영지원을 위한 지식체계 기반의 통합 운영지원서비스 플랫폼 구축
17. 운동량 측정 기능과 동적 모션 구현이 가능한 스마트 스파링 운동기구 개발
18. 자세 조절이 가능한 자전거용 페달
19. 스포츠클라이밍 활성화를 위한 ICT 기반 인터랙티브 인공암벽장 기술 개발
20. 스포츠산업 경쟁력 강화를 위한 기술혁신정책 프로세스 개발
21. 스포츠서비스 R&D 전략 연구
22. 경기력 향상을 위한 IT융합 컬링 훈련 시스템 개발
23. 체력 향상을 위한 접이식 전동 풀 골프 카트
24. 반도핑 약물검사를 위한 동화성 남성 호르몬 스테로이드들의 검출 기술
25. 평생 개인 스포츠 이력 관리 기술 개발
26. NESTFIT 기술 기반 선수 경기력 향상을 위한 전문마라톤화 개발
27. 인터랙티브 태권도 3D 컨텐츠를 활용하는 학습시스템 개발

28. 운동 부하조절이 가능한 스포츠용 하이브리드 사이클 장치 개발
29. 전자동 로봇 농구대 개발
30. 공압 하중분산 모션플랫폼을 이용한 실감형 루지 시뮬레이터 개발
31. 스마트 모션센서를 이용한 디지털 휴트니스 퍼스널 트레이닝 기술개발
32. 신체와 정신의 균형적인 발달을 위한 지능형 바이오피드백게임 휴트니스시스템 개발
33. 1:1 맞춤형 헬스 트레이닝 시스템 기술 개발
34. 퍼터그립시스템(양손잡이그립)개발
35. 최적 골프 페팅을 위한 사용자 친화형 스마트 퍼터시스템 개발
36. 노약자용 나비골프클럽 개발
37. “RF 무선망 상에 위치추적기술을 이용한 LBS 골프장경기위치 관제시스템” 개발
38. 골프클럽 다용도 복합기 개발
39. 고탄성 inner-tire system을 이용한 레이싱용 인라인 스케이트 wheel 개발
40. 영상추적기술을 이용한 수영 분석 시스템
41. 유도 경기력향상을 위한 다기능 유도 인형시스템개발
42. 스포츠 무릎손상 예방 및 무통치료용 고탄성 섬유강화 복합재료 무릎보조기의 개발
43. 첨단체력측정 및 평가 기반기술개발
44. 고령자용 스포츠용품 기반기술개발
45. 보급형 장애인 스포츠 보조기구 핵심기술 개발
46. 고령자 음파진동 레그프레스 시스템 개발
47. 고령자용 신종 운동기구 핵심기술개발
48. 스포츠인조잔디용 소재 신뢰성 평가기술개발
49. 등속성 근력운동기능을 갖는 지능형 전자식 헬스 운동기기 개발
50. 감성골프시스템 구현을 위한 3차원 센서기술 개발
51. 이중 충격드라이버 개발
52. 인조잔디구장 충격성능 자동 평가 시스템 개발

제3장 기술개발 내용, 방법 및 결과

제1절 기술개발의 목표 및 평가방법

1. 기술개발의 목표

양궁종목의 아마추어와 프로 선수 구분 없이 경기력 및 운동능력 향상을 위하여 고속 영상신호(고속 디지털 카메라 2채널)와 영상신호와 동기된 다채널 소형 무선센서 모듈로 구성된 양궁 동작 분석시스템 개발.

- 분석대상의 체중이동 분석을 위한 체중센서, 활의 장력과 기울기를 측정하는 장력/기울기 센서, 분석대상과 타겟 사이의 풍향/풍속을 측정하는 풍향/풍속센서를 무선으로 전송하게 하는 소형 무선 센서 모듈 개발.
- 코치가 센서데이터를 활용하여 분석대상의 동작을 입체적으로 분석할 수 있게 도움을 주는 통합 분석 프로그램 개발



<그림 3-1> 양궁분석시스템 개념도

개발 목표		내용
1	스포츠 동작 분석 시스템 장치 (SMAS) 개발	-시간동기를 위한 RTC와 무선전송을 위한 지그비 탑재 -시간동기 서버기능 -카메라 영상을 제어하는 트리거 신호발생 기능 -센서 모듈과 무선통신으로 데이터 송수신하고 PC와 유선 통신기능
2	센서 데이터 취득과 무선 전송을 위한 센서 모듈 개발	-시간동기를 위한 RTC와 무선전송을 위한 지그비 탑재 -시간동기 클라이언트 기능 -기울기/장력, 체중, 풍향/풍속모듈 개발 - 480Hz 샘플링 - 기울기/장력 센서 모듈을 활에 부착 고정하는 기울기 센서 고정 브라켓 제작 - 활에 부착하는 장력센서와 장력 센서를 활에 부착하여 고정하는 장력센서 고정 서포터 제작
3	무선센서간 시간 동기화구현	-센서모듈과 SMAS간 동기화 절차 및 동기화 프로토콜 구현 -SMAS와 케이블 연결시 동기화 절차 자동실행으로 SMAS의 시간으로 무선센서 시간을 동기시킴(최대오차 1ms이내)
4	영상과 센서데이터 동기화 구현	-SMAS는 영상생성을 컨트롤하는 트리거 신호 발생하고 그 시간을 획득하여 각 센서모듈로 전송하면 센서모듈은 그 시간데이터를 전송하여 동기화 구현
5	동작 분석용 소프트웨어 개발	-동작분석 소프트웨어를 위한 기능정의 - SMAS와 통신 프로토콜 정의 - 카메라 설정 제어 - 수신된 데이터 처리 효과적으로 디스플레이하고 분석 가능한 툴제공 - 2인의 비교화면 제공
6	동작분석시스템 기획 컨설팅 및 테스트 (위탁/충남대 산학연)	- 스포츠동작분석 수요조사 - 양궁분석 컨텐츠 수집 - 양궁분석 요구사항 수집 - 소프트웨어 테스트 - 개선사항 피드백

< 표 3-1> 기술개발목표

2. 기술개발 평가방법

평가항목	단위	목표치	평가방법
센서 최대 데이터 샘플링 레이트	Hz	480	
센서 동기화 시간 허용오차	ms	1	
체중 오차율	%	±5	공인인증시험
활 장력 오차율	%	±5	기관
활 기울기 최대오차	°(도)	1	(입회시험)
카메라 640x480 해상도 2채널, 240프레임 저장시간(10초)	sec	10	

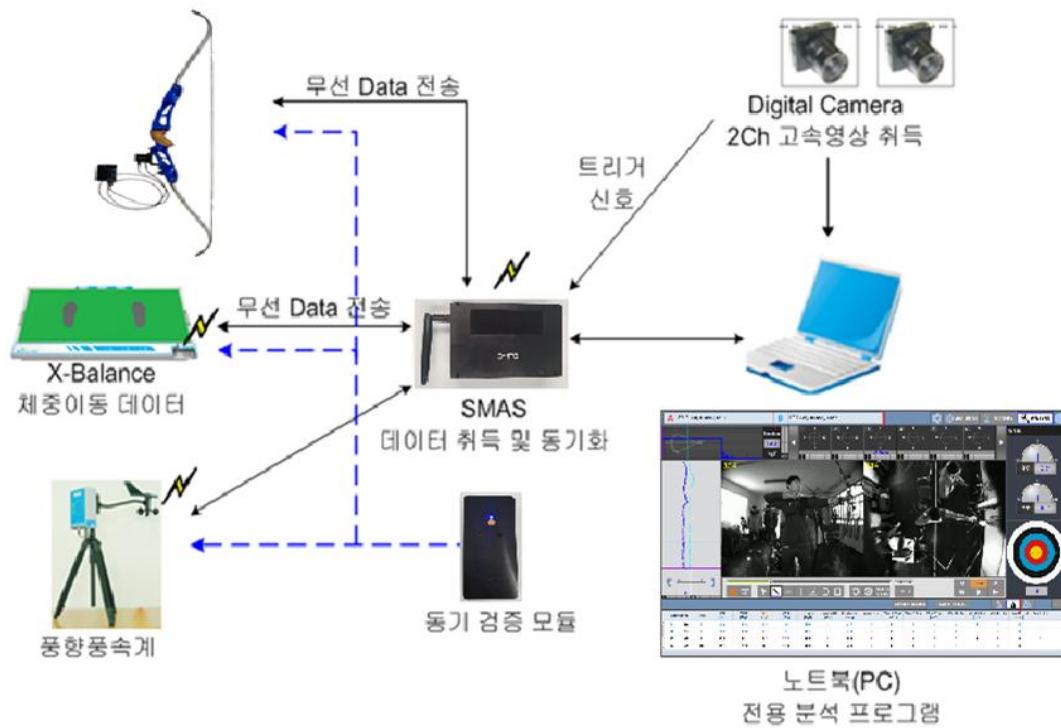
<표 3-2> 기술개발 평가방법

제2절 세부 개발 내용

1. 스포츠 동작 분석 시스템(SMAS - Sports Motion Analysis System)장치 개발

가. 구성 및 시스템 설계

- (1) <그림2-1>은 SMAS를 비롯하여 주변 장치로 유/무선 Data를 전송할 수 있는 센서 단말 장치와 동기 검증모듈 및 분석프로그램 등으로 구성.
- (2) SMAS는 체중이동 데이터, 풍향풍속 데이터를 무선으로 취득하고 취득된 모든 센서 데이터는 고속 이더넷 통신을 통하여 PC로 전송.
- (3) 무선으로부터 취득되는 센서데이터와 영상데이터를 동기화를 위하여 SMAS내에는 고정밀 온도 보상 RTC(시계)를 적용.
- (4) SMAS는 고속 임베디드 시스템을 적용하여 모든 센서 Data를 취득, 저장할 수 있도록 설계하고 운영체제는 리눅스를 적용.



<그림 3-2> 양궁분석 시스템 구성도

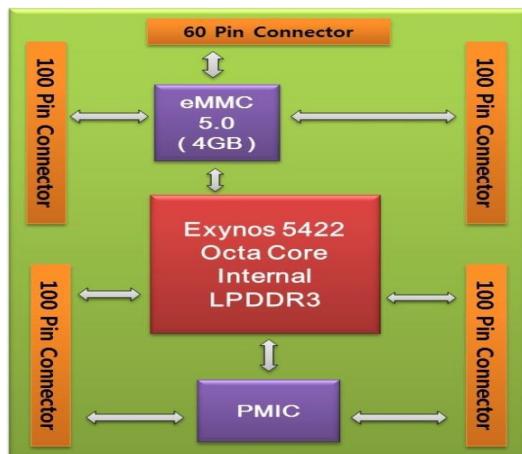
나. 하드웨어 사양

종류	내용
CPU	- 삼성 Exynos5422 Octa Core
탑재 OS	- 리눅스Kernel 3.10.9
무선기능	- 지그비 적용
RTC	- DS3232(Accuracy $\pm 2\text{ppm}$, I2C Interface)
GPIO	- 동기화 기능을 위한 고속 GPIO 2채널 - 카메라 컨트롤신호용 GPIO 2채널
LED	- 상태 확인용 고휘도LED
배터리	- 휴대가능 배터리 장착
통신	- Ethernet 100MBps - RS232 1Port

<표 3-3> 하드웨어사양

다. SMAS CPU모듈 검토 및 선정

- (1) 향후 개발 용용범위의 확장을 위하여 Android OS 또는 Linux OS 등 최신 OS가 탑재 가능한 SMAS 시스템의 CPU모듈로 선정.
- (2) 임베디드 최신 CPU 모듈을 선정함으로서 향후 업그레이드가 용이하고 외부 인터페이스가 다양하며 편리한 사용자 인터페이스를 구현할 수 있고 포터블형태의 제품으로 충분히 가능할 수 있는 CPU 모듈로 선정.
- (3) <그림 1-2>는 선정한 CPU모듈의 블록도로 CPU는 삼성에서 제공되고 있는 Exynos 5422 Octa Core CPU 임.



<그림 3-3> CPU모듈 블럭도

(4) CPU사양

(가) ARM Cortex-A15/A7 Octa Core(Cortex-A15 2.1Ghz/ A7 1.5GHz Core)

- Cortex-A15 2.1Ghz Quad Core: ARM Cortex-A15 Quad CPU, 32KB(instruction)/32KB(Data)Cache, 2MB L2 Cache
- Cortex-A7 1.5Ghz Quad Core: ARM Cortex-A15 Quad CPU, 32KB(instruction)/32KB(Data)Cache, 512KB L2 Cache

라. 스포츠 동작분석 시스템(SMAS) 보드 설계

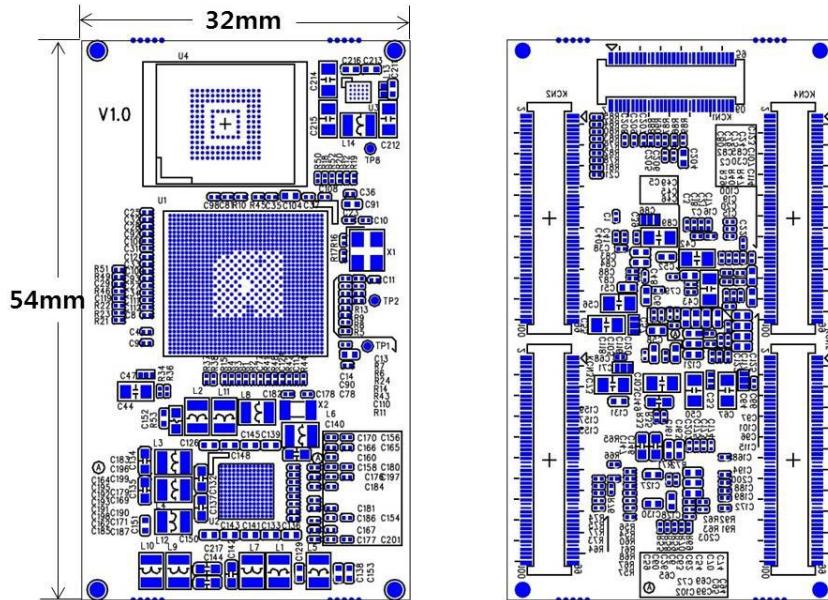
(1) CPU 인터페이스 설계

(가) SMAS 시스템에서 CPU는 탈부착이 가능한 설계를 통하여 향후에 CPU모듈 업그레이드를 고려하여 설계.

(나) 커넥터 사양

① AXK860145W, AXK800145W

- 0.4mm Pitch and mated heights of 1.5mm Header
- Strong resistance to adverse
- Constructed with impact dispersion keys inside the body



<그림 3-4> CPU모듈 도면

② 회로 설계

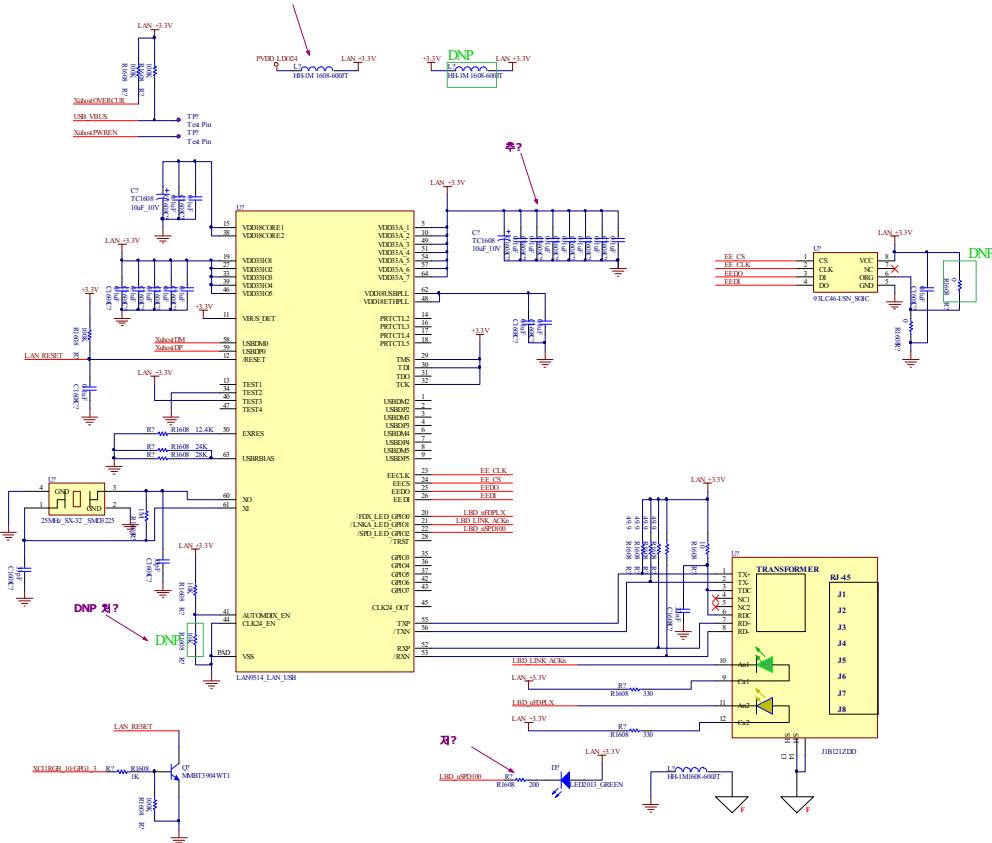
- Main Power 공급 전압: 5Volt
- 인터페이스 사양
 - RS232 통신 4 Port
 - SRAM Address/Data bus 16bit
 - GPIO 및 Control Signal

(2) Ethernet 통신 설계

- (가) SMAS 시스템에서 상위제어기(PC)와 고속 통신을 위하여 10/100 Ethernet 설계
 (나) 설계 사양

① LAN9514

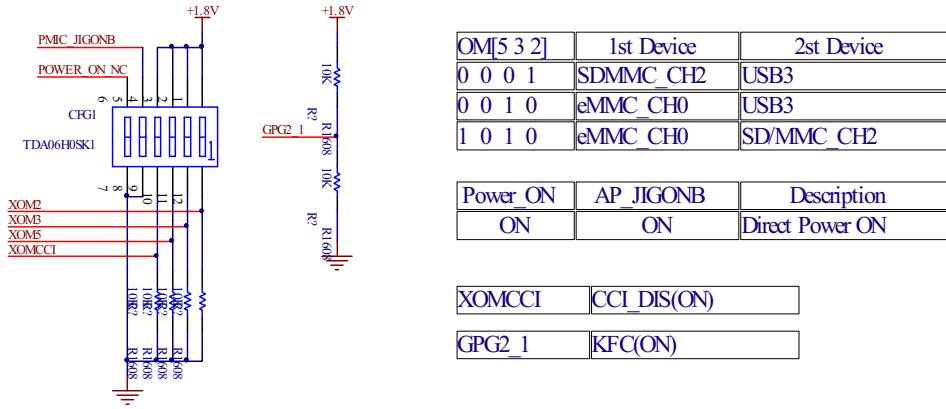
- Fore Downstream ports, One upstream port : USB 2.0 설계 제외
- Intergrated 10/100 Ethernet MAC with full-duplex support
- Implements Reduced Power Operating Modes



<그림 3-5> Ethernet 통신 설계

(3) CPU Booting Setting 설계 및 설정

- ① CPU 부팅은 아래의 <그림3-5>과 같이 설정할 수 있도록 설계.
- ② Boot 설정은 내부 메모리 eMMC Channel0 과 Channel2 그리고 외부 메모리에 의한 Booting으로 USB3 와 SD/MMC 카드로 Booting 가능.
- ③ 부팅 설정은 아래의 그림과 같이 XOM bit의 설정값에 따라 1st Device 와 2st Device를 설정할 수 있으며 본 시스템에서는 XOM[5 3 2] bit 값은 “010”로 설정하여 1st Device는 내부 메모리인 eMMC_CH0로 Booting 가능.

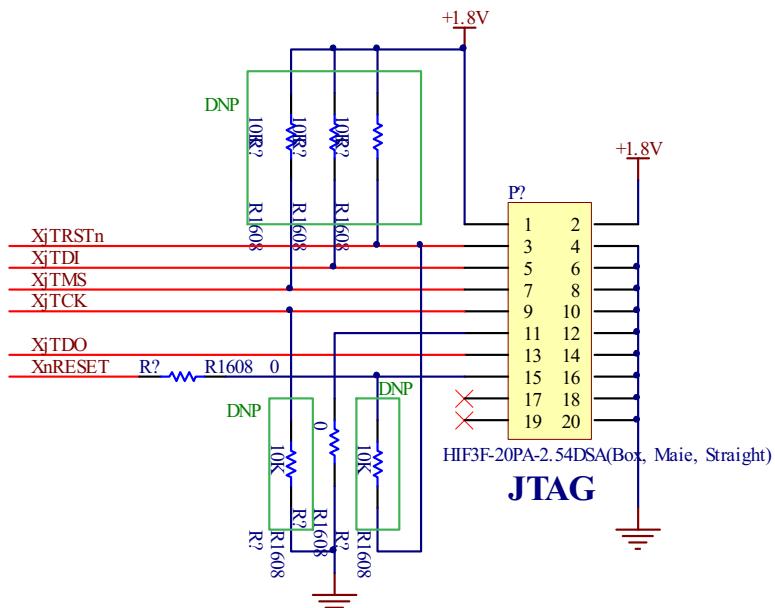


<그림 3-6> CPU Booting 설정 설계

(4) JTAG 설계 및 Power/Reset 스위치 설계

① JTAG 설계

- 설계사양
 - 커넥터: Box Header 20Pin, Straight 타입
 - 공급전원: 1.8Volt
 - Pull Up Register: 풀업 및 풀다운 저항은 설계상에서 반영하고 실제 조립하지 않는다. JATA 에뮬레이터에 따라 필요시 조립하도록 함.



<그림 3-7> JTAG설계

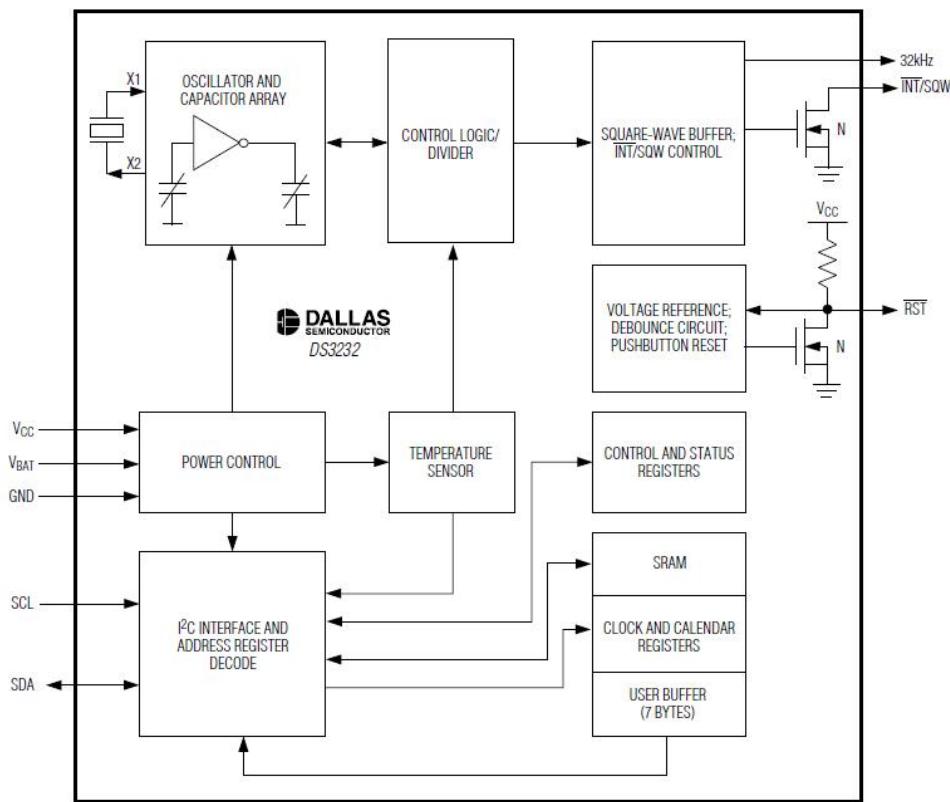
(5) Power/Reset 설계

- (가) Power는 Low Active로 설계하여 전원을 공급하고 버튼을 동작 시켜야만 전원이 ON될 수 있도록 함.
- (나) Reset 신호 또한 안정적인 동작을 위하여 Low Active로 설계하고 버튼 동작시 Reset 되도록 함.

(6) RTC 요구 사양 및 설계

(가) RTC 요구사양(DS3232)

- ① 온도보상 기능으로 Temperature compensated crystal oscillator(TCXO) 기능
- ② 오차 범위가 $\pm 2\text{ppm}$ 이하
- ③ Battery Backup 기능으로 Timekeeping 기능
- ④ 소비전력이 저 전력이어야 함.
- ⑤ Square Wave Output 기능.
- ⑥ CPU와 인터페이스를 위한 I2C 인터페이스 기능

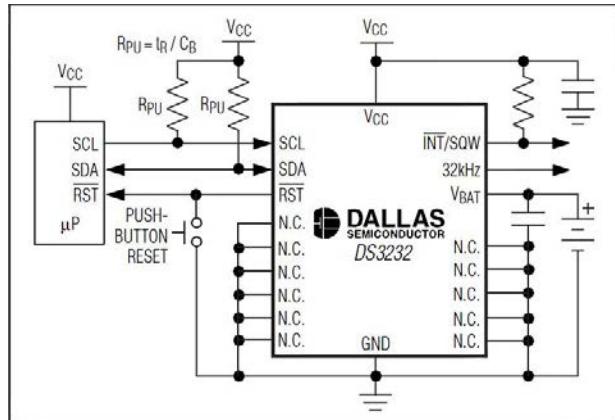


<그림 3-8> RTC 내부 블럭도

(나) RTC 회로 설계

- ① 아래의 그림은 DS3232의 기본 설계 개념을 나타내고 있다. CPU 와는 I2C 통신으로 인터페이스 하여 통신할 수 있도록 설계.

- ② 전원 공급은 3.3Volt 전원공급으로 설계.
- ③ INT/SQW은 1Hz에 해당하는 시간 출력으로 셋팅하여 CPU의 인터럽트로 사용할 수 있도록 설계.
- ④ 배터리는 별도공급 없이 전원 공급과 동일하게 설계.
- ⑤ Low Active Reset 신호는 Pullup 저항을 걸어주고 Reset 버튼 동작시 Low로 설계.

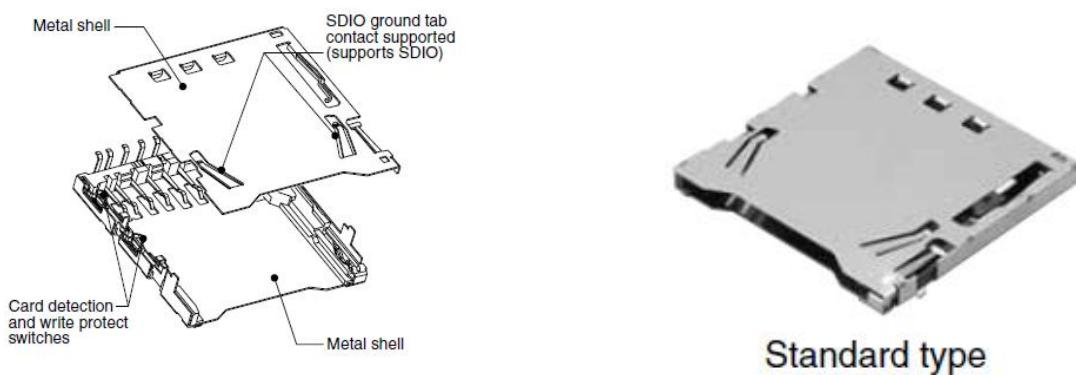


<그림 3-9> DS3232 기본 설계

(7) SD Memory Card 설계 사양 검토 및 부품 선정

(가) SD Memory Card 소켓 사양 검토 및 부품 선정

- ① 소켓은 기구적으로 견고하여 변형이 일어나지 않도록 Meta 형태로 설계.
- ② EMI 강인성이 높은 부품으로 선정.
- ③ SDHC Card와 호환 가능.
- ④ Write Protection 스위치 기능이 포함되어야 함.
- ⑤ Memory Card 장금기능 및 보호기능.
- ⑥ 그라운드 텅이 있어 시스템 그라운드가 가능하도록 함.



<그림 3-10> SD Memory Card 소켓(AXA2R73061)

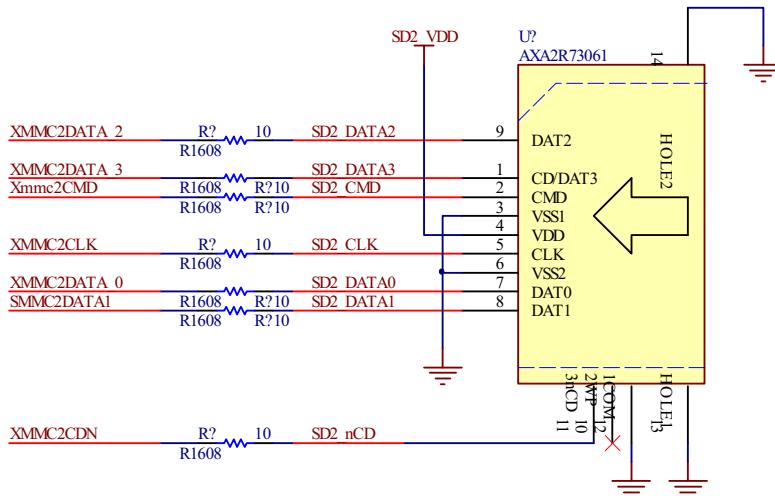
(나) AXA2R73061 사양

- ① 전류: 0.5A/1 터미널.
- ② Contact 저항: Max - 100mΩ, Min - 150mΩ.
- ③ Insulation 저항: 1,000MΩ.
- ④ Breakdown voltage : 500V AC for 1 min.
- ⑤ Insertion and removal life time: 10,000 times.
- ⑥ Ambient 온도: -25°C ~ 90°C.

(8) SD Memory Interface 회로 설계

(가) SDMMC 회로 설계

- ① 아래의 그림은 SDMMC CH2 설계 도면을 나타내고 있다. SDMMC CH2는 CPU .
- ② 내부 메모리에 의한 부팅이 되지 않을 경우 SD Memory에 부팅에 필요한 커널 등 을 메모리에 적용하여 부팅이 가능하도록 하는 기능을 담당.
- ③ Clock과 Data Bus의 임피던스 매칭을 위하여 10Ω의 직렬 저항을 적용.
- ④ 소켓의 고정 Hole과 COM Port는 EMI에 안정적으로 대응하기 위하여 시스템 Ground와 연결.



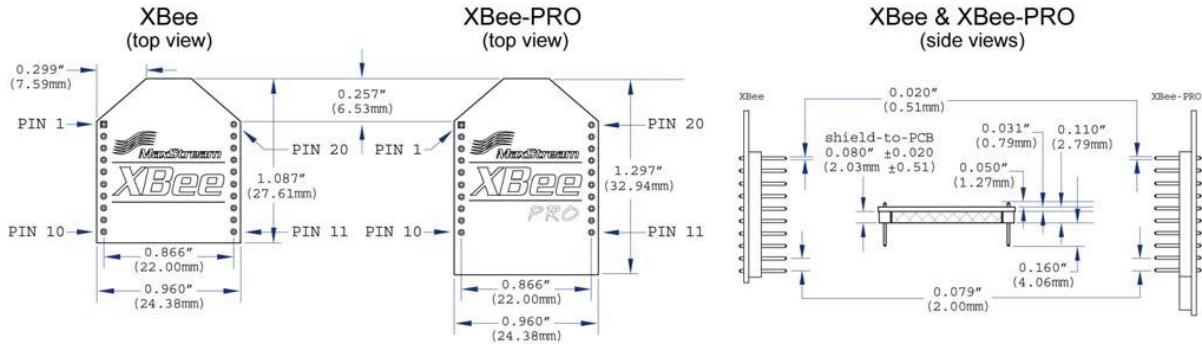
<그림 3-11> SD Memory Interface 회로 설계

마. 무선모듈 설계 사양 검토와 설계

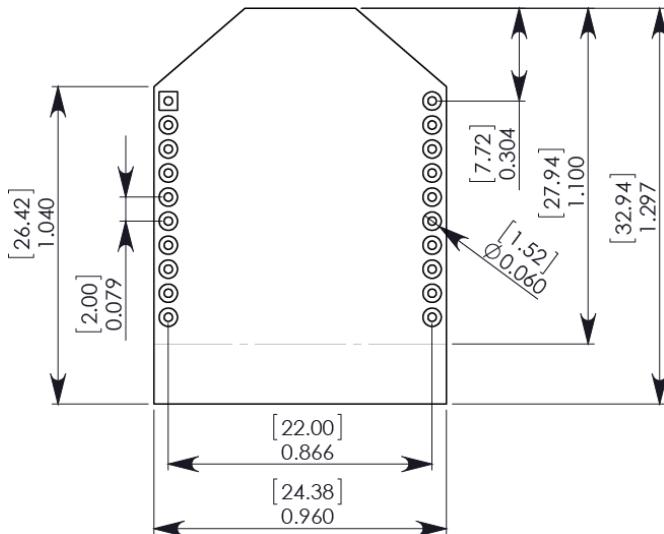
(1) 무선 모듈 사양 및 모델 선정

- (가) 무선모듈은 ZigBee 무선통신 방식과 WiFi 무선통신 방식을 모두 사용 가능도록 모듈형태로 인터페이스하여 테스트 후 적합한 모델을 선정할 수 있도록 설계.
- (나) 아래의 그림 1과 그림2와 같이 각각의 모듈이 물리적으로 호환 가능한 모듈 선정.
- (다) ZigBee 설정 모델: XBee-PRO.

(라) WiFi 설정 모델: XBee-PRO.



<그림 3-11>. XBee-PRO ZigBee 모듈 규격도



<그림 3-13> XBee-PRO ZigBee 모듈 규격도

(2) ZigBee 무선 모듈 상세 사양

- 인도어 조건에서 무선 통신 거리: 100 m.
- RF Data Rate: 250,000 bps.
- Serial Interface Data Rate: 1,200 - 250,000 bps.
- 수신 감도: -100 dBm(1% packet error rate).
- Operating Frequency: ISM 2.4 GHz.
- Supported Network Topologies: Point-to-Point, Point-to-Multipoint & Peer-to-Peer

(3) WIFI 무선 모듈 상세 사양

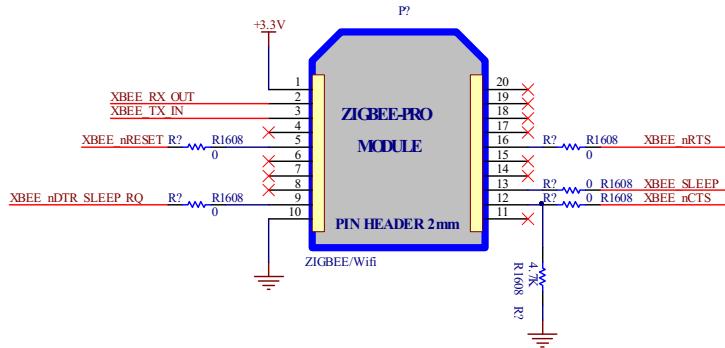
- Number of Channels: 13.

- RF Data Rate: 1Mb/s to 72.22 Mb/s.
- Serial Interface Data Rate: up to 1Mb/s.
- 수신 감도: -93 to -71 dBm(1% packet error rate).
- Operating Frequency: ISM 2.4- 2.5 GHz.

(4) 무선 모듈 Interface 회로 설계

(가) 무선 모듈 호환 설계

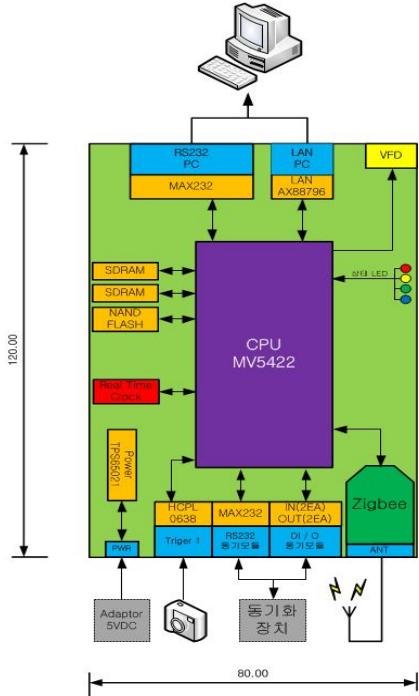
- ① 아래의 그림은 무선모듈 Interface 설계 도면을 표시.
- ② XBEE Rx, Tx는 CPU UART0와 인터페이스하여 통신함.
- ③ 무선 통신 모듈은 흐름제어가 필요함으로 CPU UART0의 CTS, RTS와 무선모듈 CTS, RTS를 연결하여 흐름제어가 가능.
- ④ 기타 I/O는 CPU인터럽트 및 GPIO에 연결하여 무선모듈을 제어함.



<그림 3-14> 무선모듈 인터페이스 설계

바. SMAS PCB 보드 규격 설계

- ① PCB: 사이즈는 80*120 mm 로 하고 두께는 1.6 t로 한다.
- ② 표시부 : VFD LCD 선정하고 적층형태로 구성하여 상부에 표시되도록 배치.
- ③ 스위치: Tact Switch는 외부에서 동작시킬수 있도록 외부 돌출형으로 구성.
- ④ 무선모듈: PCB 적층형태로 배치하고 소켓사용으로 교체가 용이하도록 설계.
- ⑤ CPU모듈: PCB 적층형태로 배치하고 교체가 용이하도록 설계.



<그림 3-15> SMAS PCB 규격도

사. 동기 검증 모듈 설계

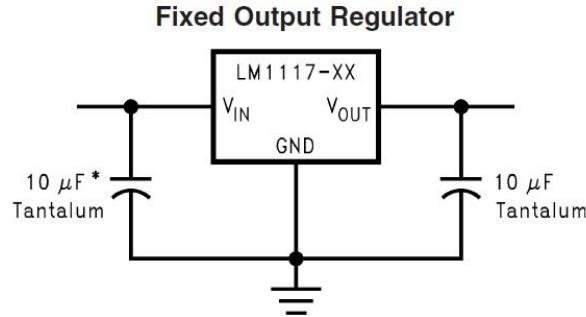
(1) 배터리 전원 모듈 설계

(가) 전원부 설계 사양 및 모델 선정

- ① 동기 검증 모듈의 전원부 설계는 이동형 또는 Portable한 구조로 설계 되어야 함으로 전원은 충전전전지를 적용.
- ② 입력전원은 6.5Volt 이상 12Volt 이하의 사양이어야 함으로 NI-MH(니켈수소) Rechargeable 250mAh 8.4Volt 배터리를 적용하여 충전하여 재사용 가능하도록 함.
- ③ 동기검증 모듈의 소모 전력은 25mA 이하로 설계하였을 때 사용시간은 10시간 사용 가능하고 동기 검증 모듈의 실제 사용은 필요시 구동 방식이므로 장기 사용 가능.

(2) 전원부 설계

- ① 동기 검증 모듈의 내부 동작 전압은 5Volt로 적용.
- ② 내부 동작 전원을 가변하여 사용할 경우가 없으므로 Fixed Low-Dropout Linear Regulator 로 LM1117S 5.0을 적용.
- ③ 외부 입력 전압은 6.5Volt 이상 12Volt 이하에서 정상 동작함으로 유연한 입력 가능.
- ④ Output Current 800mA Max.
- ⑤ Package는 SOT223 적용.
- ⑥ 아래의 참고 회로도와 같이 입출력단에 탄탈 케페시터를 적용하여 전원 노이즈 특성을 향상시키도록 설계 함.



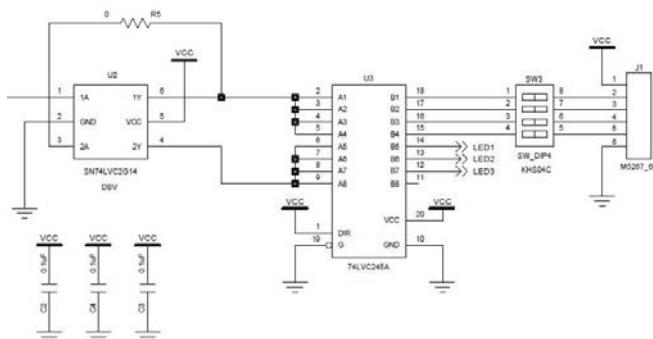
* Required if the regulator is located far from the power supply filter.

<그림 3-16> 전원부

(3) 동기 검증 신호 출력 및 회로 설계 및 LED 구동

(가) 동기 검증 신호 출력 회로 설계

- ① 입력단 회로에 Dual Schmitt-Trigger Inverter를 적용하여 입력신호의 신호 안정성을 고려함.
- ② 동기 검증신호는 High Active 이고 LED 구동부는 Low Active 이므로 LED 구동 신호는 동기 검증 신호를 궤환하여 Invert하여 출력하도록 회로 구성.
- ③ SN74LVC2G14의 경우 동작 지연 시간이 5Volt 동작조건에서 4.3ns 이하이므로 Gate를 2번 통과 조건에서도 10ns이하로 동작가능하여 동작지연을 무시하여도 됨.
- ④ LED구동은 동시에 3개의 고휘도 LED구동 할 수 있도록 병렬로 입력회를 구성하여 동작 시키도록 설계.
- ⑤ 동기 검증신호 출력은 외부 단말기에 직접 신호를 출력하는 신호로 4개의 신호를 병렬로 시간지연없이 출력하고 Dip Switch에서 선택하여 출력하도록 설계.



<그림 3-17> 동기 검증 신호 출력 및 LED 구동

아. SMAS 회로 수정보완 설계

(1) RTC I2C 통신 회로 수정보완 설계

(가) I2C SDA

- ① Serial Data Input/Output Pin으로 Open Drain 방식으로 되어있어 외부에 Pull-Up 저항이 연결되어야 함.
- ② 외부 풀업저항값은 1.2KΩ으로 하고 풀업전압은 최대 5.5Volt까지 가능함으로 5Volt 풀업 전압을 인가함.

(나) I2C SCL

- ① Serial Clock Input으로 I2C 시리얼 통신에서 Data 동기를 맞추는 역할을 하고 이 신호 역시 Open Drain 방식으로 연결.
- ② SDA신호와 동일하게 외부에 풀업저항을 추가하여 통신 연결함.

(2) 카메라 트리거 출력신호 회로 수정 보완 설계

기존의 카메라 동기는 카메라로부터 Strobe신호를 SMAS에서 받아서 센서신호와 동기시키는 알고리즘을 적용하였으나 카메라로부터 출력되는 Strobe신호가 영상 신호와 일치되지 않는 문제가 발생하여 SMAS에서 카메라로 출력하여 동기를 구현하는 방식으로 수정 됨.

- ① CPU 쪽에서 출력되는 신호는 CPU GPIO중에 GPD1_1로 할당함.
- ② CPU에서 출력되는 GPIO 신호의 전압 Level은 1.8V를 2단계를 거쳐 전압을 5Volt로 승압할 수 있도록 함.
- ③ GPIO 전압승압은 버스 트랜시버인 SN74AVC4T245DGV를 적용하여 1.8V에서 3.3Volt Voltage Translation을 진행함.
- ④ 3.3Volt의 카메라 트리거 신호는 최종적으로 5Volt로 출력하기 위하여 74HC245 bus Tranceiver를 이용하여 5Volt의 트리거 신호를 출력할 수 있도록 수정 보완

(3) DS3232의 1Hz Clock를 외부출력으로 Direct연결하여 동기 교정신호로 적용.

(4) Zigbee 무선 모듈은 수동 버튼에 의한 Reset부분은 삭제하고 CPU의 GPIO를 이용하여 프로그램적으로 Reset을 컨트롤 할 수 있도록 회로 수정.

(5) 외부 카메라 연결에서 5V를 전원공급회로 부분은 외부 인터페이스 회로로 수정하는 것으로 0Ω의 저항값을 10KΩ의 저항값으로 수정하여 Pull-Up인터페이스가 가능하도록 수정설계.

2. 무선센서 모듈 구성 및 설계

가. 입력사양

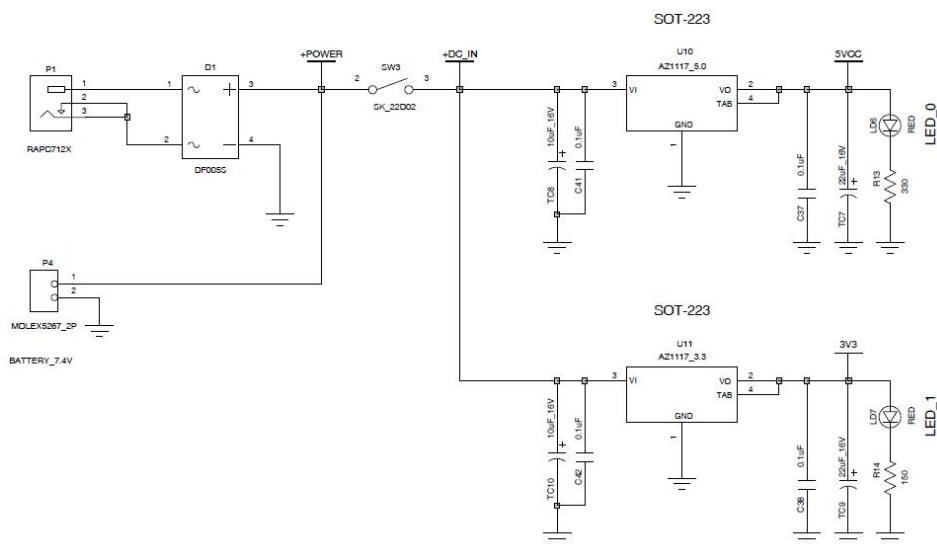
- (1) 입력전원: DC 18V 2.2A DC
- (2) 배터리 용량: 1000mAh 이상
- (3) 기울기센서: 3축기울기센서: X, Y, Z
- (4) 장력센서: 200Kgf F.S (자체 설계 제작)
- (5) 풍향풍속센서: 디지털 입력 2채널
- (6) RTC 내장

나. 출력사양

- (1) 무선통신 1채널: 지그비, 블루투스, Wifi 검토
- (2) 유선통신 1채널: RS-232
- (3) 디스플레이 출력: LCD 혹은 VFD

다. 전원부 회로

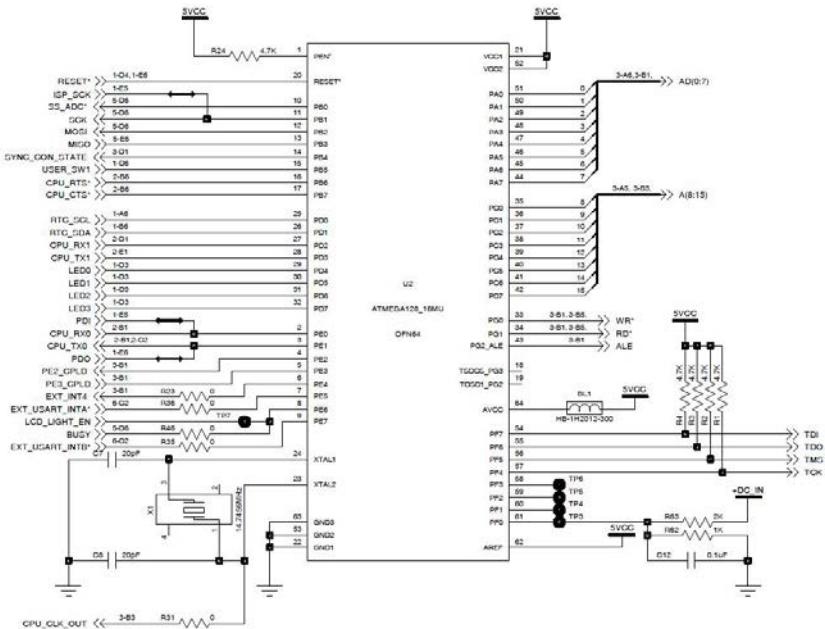
- (1) 일반적인 아답터의 DC 잭을 이용
- (2) 배터리전원입력을 병렬로 연결
- (3) 입력단 스위치를 적용하여 메인전원을 On/Off 하도록 설계
- (4) 메인 사용전원은 5V와 3.3V 전원을 사용
- (5) 전원의 상태표시용 칩LED를 적용



<그림 3-18> 무선센서모듈의 전원부

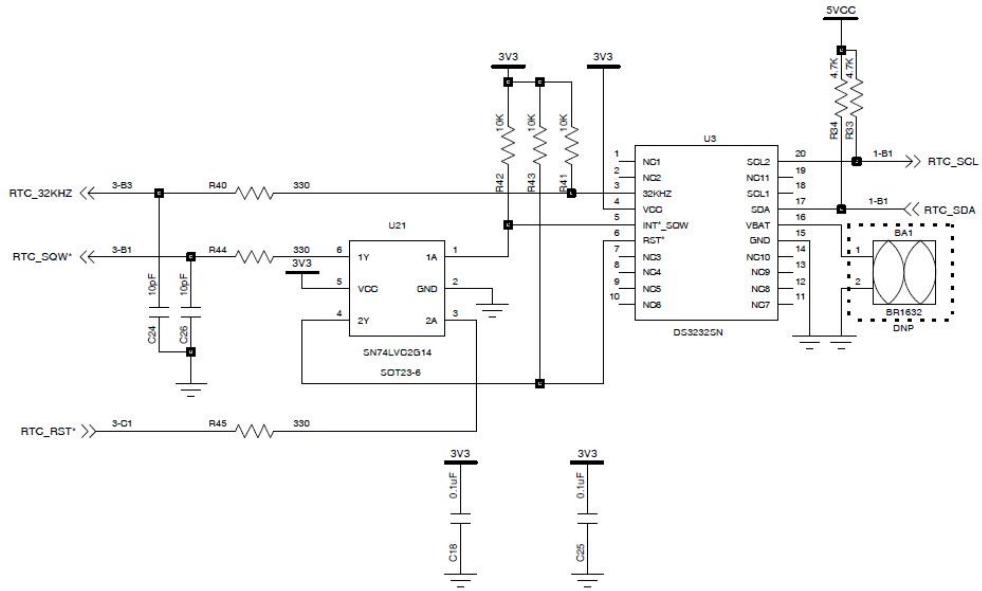
라. CPU 및 주변회로(RTC)

- (1) Atmel 사의 ATMega128을 메인으로 선정
- (2) 다양한 IO와 빠른성능, 내장 플래시 메모리로 주변회로가 간단
- (3) 데이터 및 어드레스 버스를 사용하여 메모리 영역을 확장
- (4) 사용 클럭은 14.7456MHz를 사용하여 통신 에러율을 최소화 및 고속 연산
- (5) 내부 UART로는 디버깅에 필요한 메시지 출력
- (6) 외부 통신(2채널)을 위해서는 외부 UART선정하여 데이터 손실 방지



<그림 3-19> 무선센서모듈의 CPU부

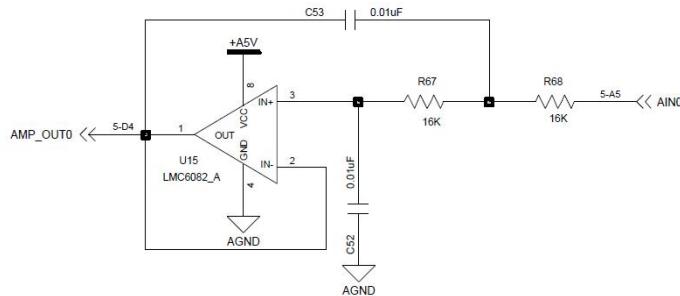
- (7) RTC(Real Time Clock)의 설정은 Maxim사의 DS3232
- (8) 정밀도($\pm 5\text{ppm}$), 내장램(SRAM), 배터리로 백업이 가능
- (9) 저전력 부품을 사용
- (10) 통신방식은 I2C 방식
- (11) $\pm 5\text{ppm}$ 은 하루에 $\pm 0.432\text{초}$ 가 변동 가능한 범위
- (12) 1Hz Output



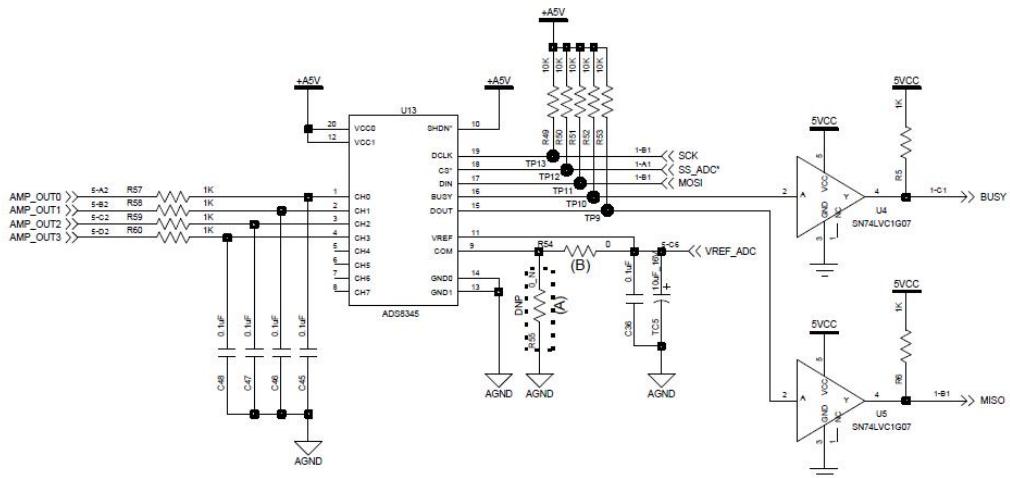
<그림 3-20 > 무선센서모듈의 RTC부

마. ADC 및 아날로그 앰프 회로

- (1) 센서입력 전압신호들의 간단한 필터링과 ADC입력단의 보호
- (2) 버퍼 및 필터링 회로를 적용
- (3) ADC 는 정밀한 16비트 8채널 적용
- (4) 활의 텐션과 기울기(4채널사용)
- (5) SPI 고속 시리얼 인터페이스 방식



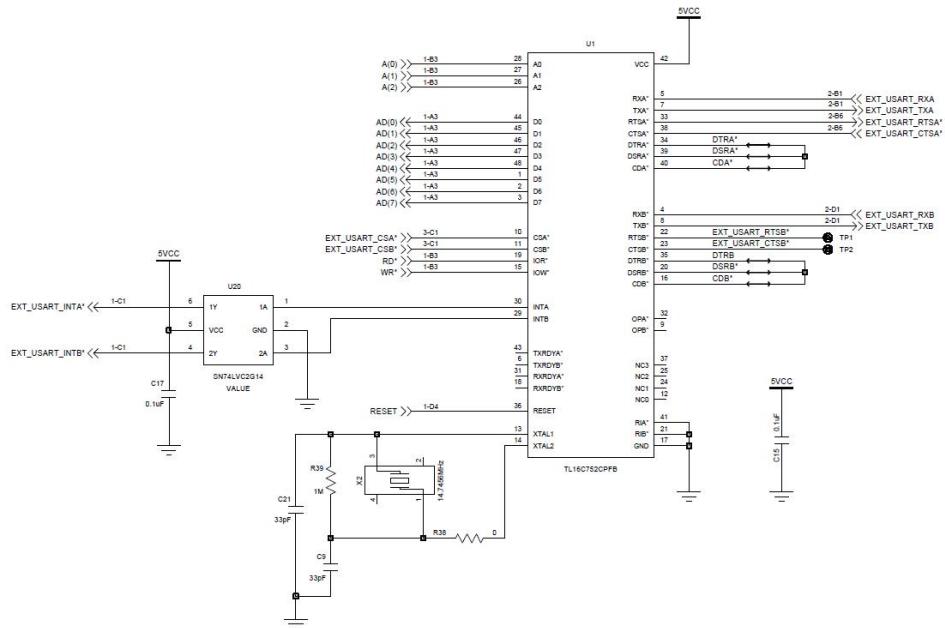
< 그림 3-21 > 아날로그 입력단 보호회로



< 그림 3-22 > 무선센서모듈의 16bit ADC부

바. 통신부

- (1) 무선센서모듈은 RS-232방식
- (2) 외부UART를 추가하여 무선통신과 유선통신을 구현
- (3) 64KB FIFO를 내장하여 데이터 무손실

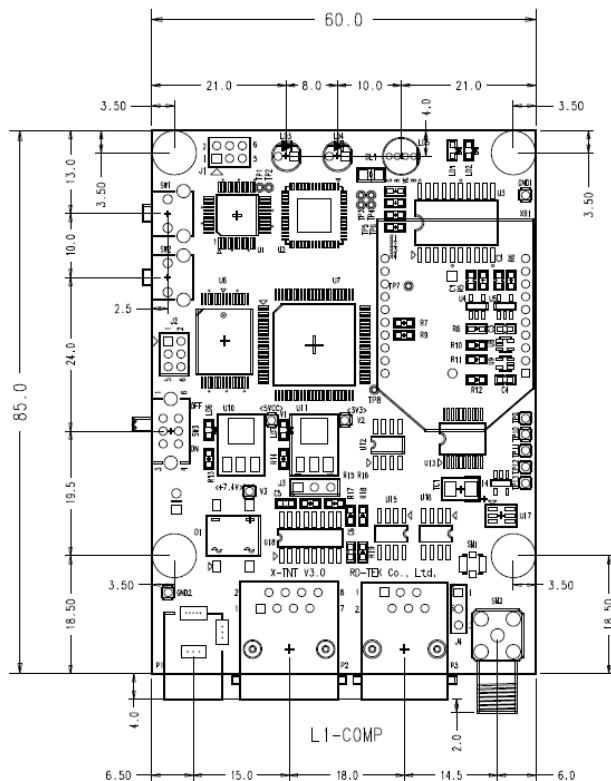


<그림 3-23> 무선센서모듈의 외부 UART 부>

사. 무선센서 전송 모듈 PCB 규격 설계

- (1) 기울기 / 장력 전송 모듈에 사용
 - (2) PCB 보드규격 및 부품배치

- PCB 규격은 가로 60mm 세로 85mm 최대높이 23mm 부품적용으로 설계
 - 부품의 상단에 상태표시용 LED를 배치



<그림 3-24> 무선센서모듈의 PCB 보드규격

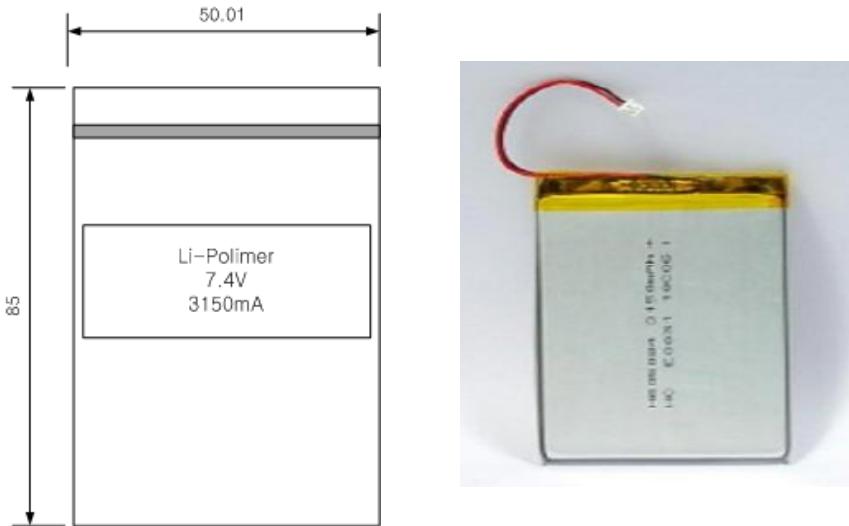
- 하단에 충전전원공급 및 인터페이스 커넥터, 안테나 등이 위치함
 - 왼쪽 측면에 전원스위치 및 푸시버튼 배치

항 목	사양	비고
MCU	• ATMega128 14.7456MHz	
통신인터페이스	<ul style="list-style-type: none"> • 유선 RS-232 2채널 • 무선 ZigBee 1채널 • Digital I/O 각 2채널 	
RTC	• DS3232	
A/D Coverter	• 16bit Resolution 4채널	
Power	• 7.4V 배터리	

<표 3-4> 무선센서모듈 사양

(3) 적용 배터리의 규격

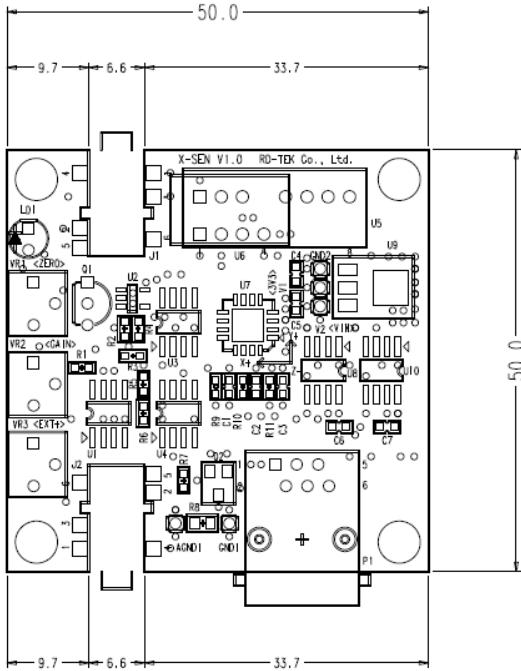
- 고밀도의 가볍고 메모리 효과가 없는 Li-Polimer 배터리 사용
- 7.4V 3150mA 급으로 선정
- 무선센서모듈의 연속 사용시간 2시간 기준
- 크기는 가로 50mm, 세로 85mm 두께 14mm 이내



<그림 3-25 > 무선센서모듈의 배터리 규격

아. 장력기울기 앰프 PCB 설계 및 아트워크

- (1) 무선센서모듈에 연결하여 장력 및 기울기 3축 데이터를 계측하는 서브 보드를 설계하고 아트워크함
- (2) 아래는 장력기울기 앰프보드의 부품배치 및 보드규격이다. 작은사이즈에 빼곡이 커넥터와 부품들이 밀집



<그림 3-26> 장력 기울기 앰프보드

- (3) 주요기능으로서 장력센서의 미세신호를 증폭해주는 앰프회로와 3축 기울기를 센싱하는 센서가 탑재
- (4) 4채널의 데이터는 RJ22 커넥터를 통해 무선센서모듈로 연결하여 무선으로 SMAS로 데이터를 전송하는 구조

항 목	사 양	비 고
장력센서	<ul style="list-style-type: none"> 센서타입: 스트레인게이지 용량: 100kgf 정격출력: 1.7462mV/V 비선형성: 1% R.O Hysteresis: 1% R.O 반복성: 0.5% R.O 	
기울기센서	<ul style="list-style-type: none"> 센서타입: 가속도계측방식 계측Axis: X, Y, Z 출력범위: $\pm 90^\circ$ 출력전압: $0.85\text{V} \sim 2.45\text{V}$ 	
Power	<ul style="list-style-type: none"> 5Vdc 	

<표 3-5> 장력기울기 앰프보드 사양

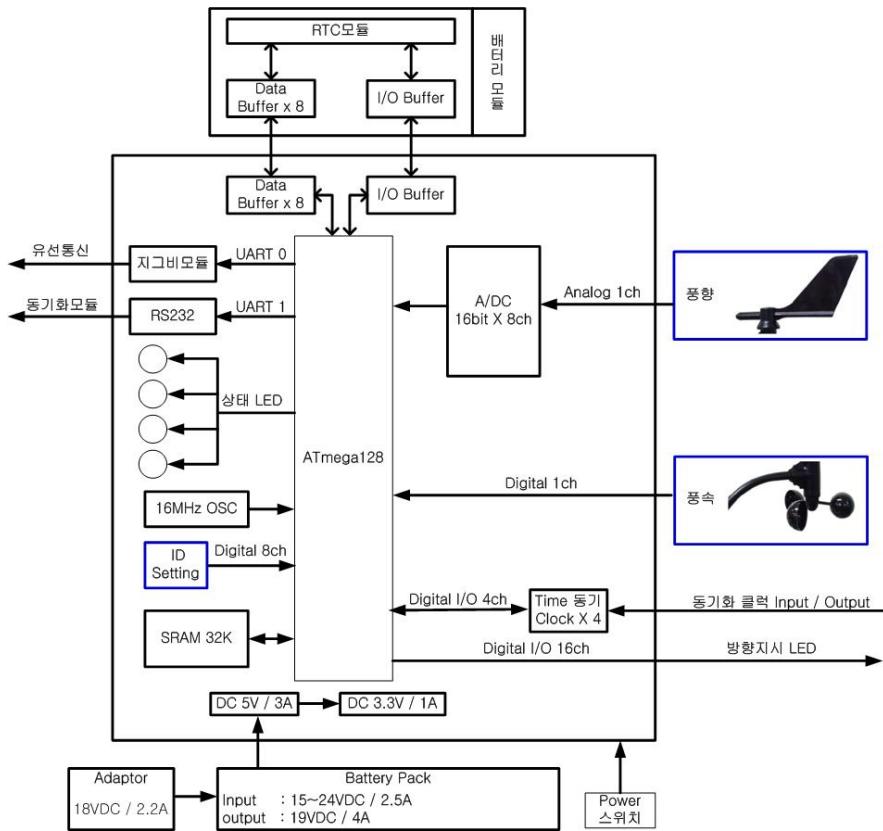
자. 풍향풍속센서 및 모듈 사양

- (1) 센서로부터 아날로그로 입력되는 풍향과 풍속센서데이터를 16Bit ADC에서 계측하여 정밀하게 변환 후 풍향풍속데이터를 생성
- (2) 외부 인터페이스 및 기본사양

- 풍향 및 풍속센서의 표시(LED 출력, 상태LED)

항 목	사 양	비 고
풍향센서	<ul style="list-style-type: none"> 센서 방식: Potentio meter Accuracy: $\pm 7^\circ$ 출력 전압: $0^\circ \sim 360^\circ \Rightarrow 0 \sim 5V$ 불연속 구간 포함 	
풍속센서	<ul style="list-style-type: none"> 센서 형식: Large cups anemometer 계측 범위: $1 \sim 54 m/s$ (193kph) Accuracy: $1m/s$ or 5% 360° 회전 당 1펄스: 1펄스당 1m 	
MCU	<ul style="list-style-type: none"> ATMega128 14.7456MHz 	
통신인터페이스	<ul style="list-style-type: none"> 유선 RS-232 2채널 무선 ZigBee 1채널 (2.4GHz) Digital I/O 각 2채널 	
RTC	<ul style="list-style-type: none"> DS3232 Accuracy $\pm 2ppm$ 	
A/D Coverter	<ul style="list-style-type: none"> 16bit Resolution 4채널 	
동시사용대수	<ul style="list-style-type: none"> 모듈당 아이디 설정 가능: 15대 	
Power	<ul style="list-style-type: none"> 18Vdc 아답터 혹은 배터리 	

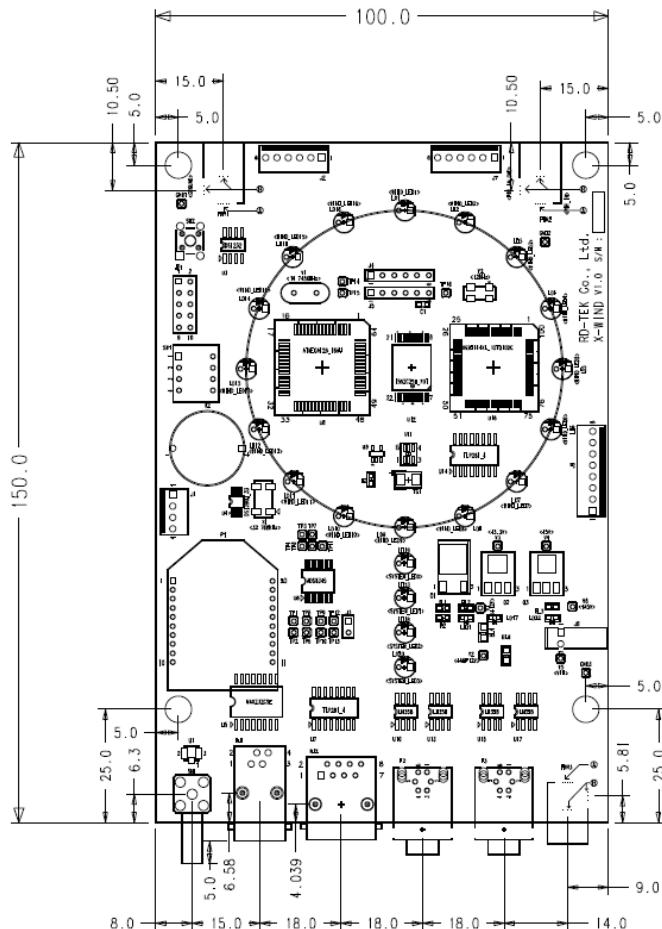
<표 3-6> 풍향풍속 모듈 사양



<그림 3-27> 풍향/풍속센서 모듈 블록도

차. 풍향풍속모듈용 PCB 회로설계

- (1) 보드규격은 150*100 사이즈로 케이스를 별도로 설계하여 제작
- (2) 야외에서 사용가능하도록 하단부에 커넥터들을 배치하여 빗물이 직접 유입되지 않도록 함
- (3) 지그비 안테나를 외부에 부착할 수 있도록 함



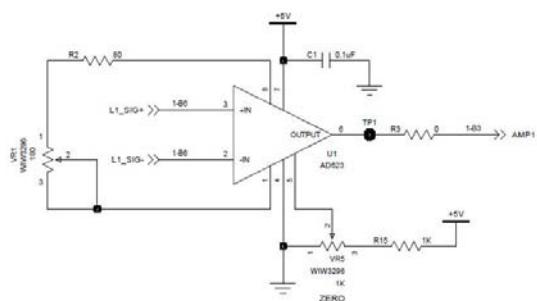
< 그림 3-28 > 풍향/풍속 모듈 PCB 설계

카. 체중밸런스 앰프모듈의 설계

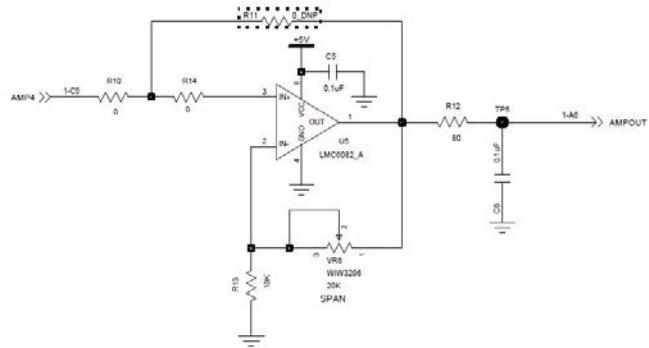
- (1) 체중밸런스 보드의 로드셀 앰프모듈은 12V 전원입력으로 별도의 전원을 사용하여 구성
- (2) 무선전송모듈의 단일전원으로 구동하기위해 앰프모듈을 설계하여 시스템구성 간략화

항 목	사 양	비 고
하중센서	<ul style="list-style-type: none"> 센서타입: 스트레인게이지 모델: CB183-K50 Dacell 용량: 50kgf 정격출력: 1.0200mV/V 비선형성: 0.02% R.O Hysteresis: 0.02% R.O 반복성: 0.02% R.O 센서갯수: 1채널당 4ea 총 16개 	
하중센서앰프	<ul style="list-style-type: none"> 사용전원: 5Vdc 입력채널: 4채널 증폭방식: Instrumentation Amp. Zero Adj, Span Adj 가능 4채널 Sum output 방식 출력범위: 0~100kg=> 1V~3V 출력 	
MCU	<ul style="list-style-type: none"> ATMega128 14.7456MHz 	
통신인터페이스	<ul style="list-style-type: none"> 유선 RS-232 2채널 무선 ZigBee 1채널 Digital I/O 각 2채널 	
RTC	<ul style="list-style-type: none"> DS3232 Accuracy $\pm 2\text{ppm}$ 	
A/D Coverter	<ul style="list-style-type: none"> 16bit Resolution 4채널 	
Power	<ul style="list-style-type: none"> 7.4V 배터리 	

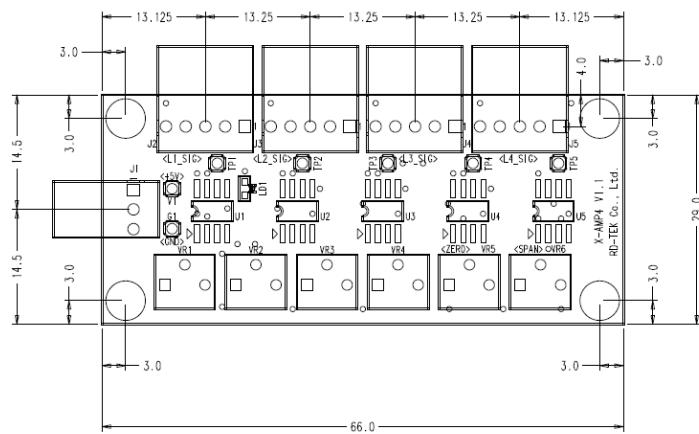
<표 3-7> 체중모듈 사양



<그림 3-29> 로드셀 앱프부 회로



<그림 3-30> 앰프 출력부 증폭회로

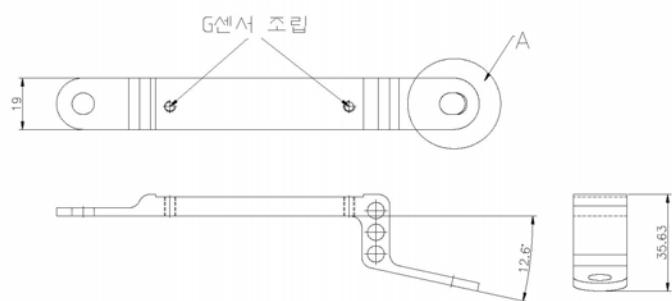


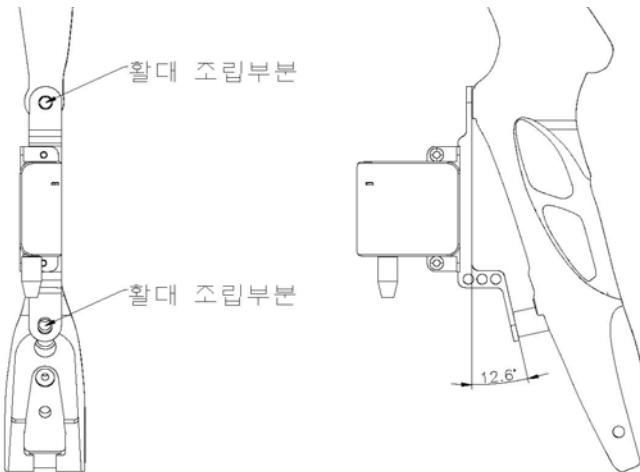
<그림 3-31> 앰프보드 부품배치

3. 기구물 및 케이스 설계

가. 센서 모듈 부착 장치 설계 장력센서 설계

(1) G(기울기)센서 부착하기 위한 브라켓 설계(win&win)



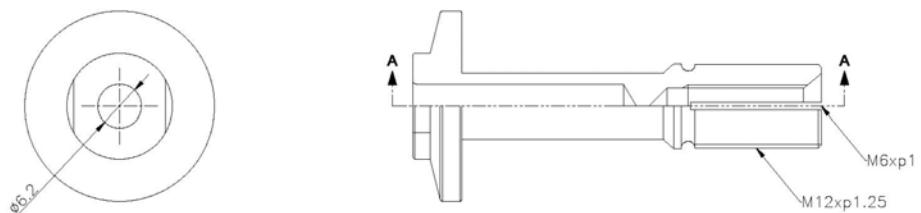


<그림 3-31> G센서 고정 브라켓

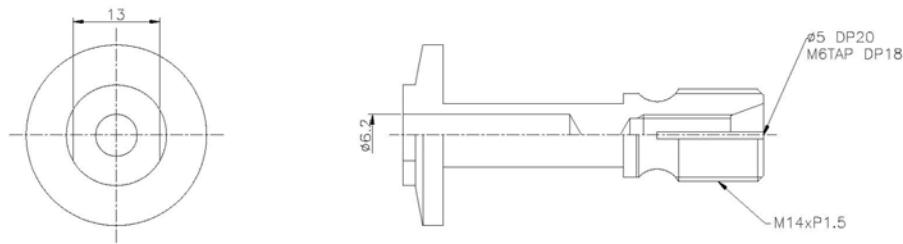
- ① 각도 및 핸들(활대) 조립부분의 위치를 직접 각도기와 차를 이용해 측정. (각도는 12.6도 / 활대조립부의 거리는 134mm)
- ② 위의 도면과 같이 A 부분의 가공은 조립부분의 문제 해결을 위해 장공으로 가공하여 조립을 원활히 할 수 있도록 설계.

(2) 장력센서 서포터(supporter)

- ① 원형의 장력센서를 활 핸들에 고정하기 위한 장치.
- ② 장력센서 서포터는 메이커 종류에 따라 변경되는 구조.
- ③ 두 브랜드(윈&윈, 삼익)는 수나사부와 전체길이가 다름.
- ④ 장력센서 브라켓을 서포터에 조립하여 배선되도록 설계.
- ⑤ 핸들(활대)에 취부 가능하도록 설계.
- ⑥ 장력센서를 취부하여 배선 처리부분에 어려움이 있어 서포터의 hole 가공 제거 및 TAP 가공 제거와 무게를 줄이기 위한 ø6.2 가공으로 재 설계.
- ⑦ 장력센서 서포터에 취부방식이 아닌 끼워 맞춤식 별도의 장력센서 브라켓을 설계.



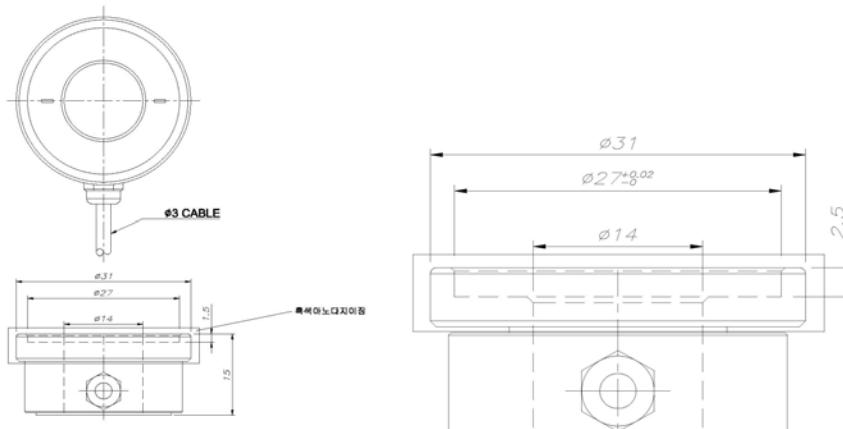
<그림 3-32> WIN&WIN 장력센서 서포터



<그림 3-33> 삼의 장력센서 서포터

(3) 장력센서

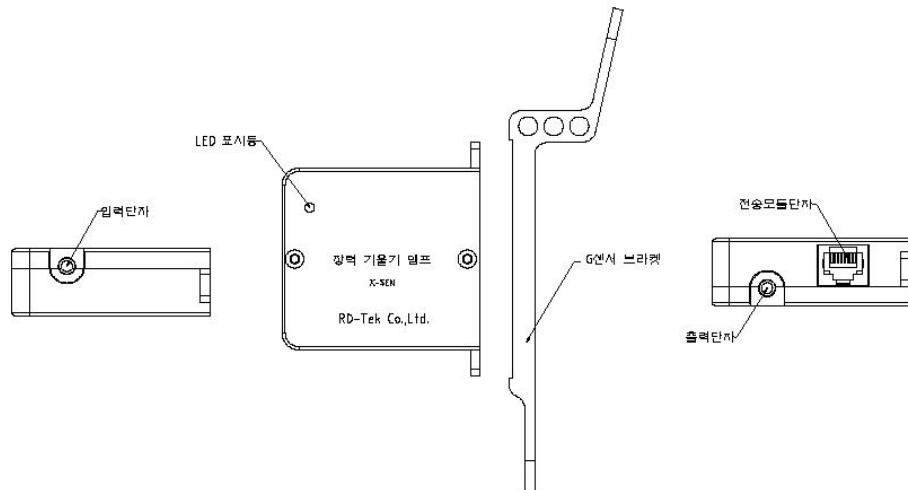
- ① 기성품으로는 활의 장력을 측정하기가 어려워 활 핸들에 장착할수 있는 장력센서를 설계하고 제작함.
- ② 장력센서 서포터는 메이커 종류에 따라 변경되는 구조에 반해, 장력센서는 메이커 구분 없이 공통적용이 가능하게 설계.
- ③ 장력센서 support에 직접 취부 방식이 아닌 별도의 끼워 맞춤식 장력센서 브라켓 설계
- ④ 제작 업체와의 세 차례의 협의 후, 높이는 15mm에서 16mm, 깊이 1.5mm에서 2.5mm로 변경이 있었으며 형태도 수정함.
- ⑤ 재질은 알루미늄이며, 후 처리는 부분 흑색 아노다이징임.



<그림 3-34> 장력센서

(4) 장력/기울기센서 앰프 모듈 설계

- 기울기센서와 장력센서를 내장하고 양궁의 현을 기준으로 전/후/좌/우의 기울어진 정도 및 계측된 장력 값을 일정하게 증폭한다.

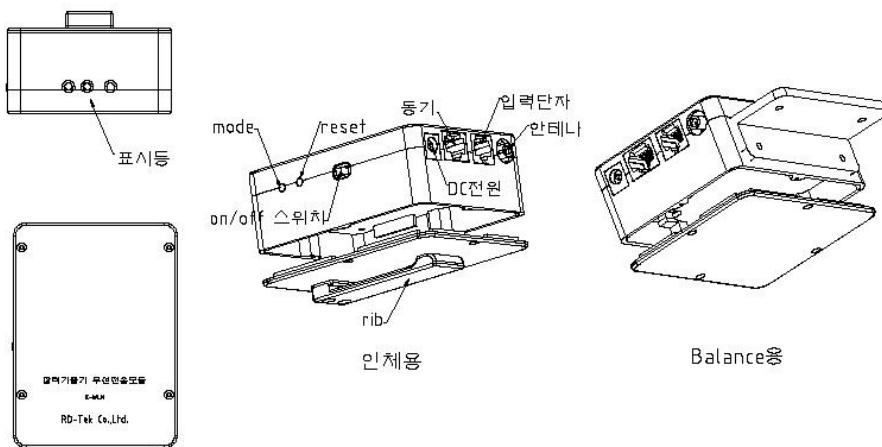


<그림 3-35> 장력 기울기 앰프모듈 케이스

- ① G센서 브라켓에 취부할 수 있는 형태로 활대에 직접 부착 할 수 있다.
- ② 앰프보드를 BASE에 조립하여 커버를 덮어 조립되는 형태의 모듈로 설계.
- ③ 앰프 보드 작동여부 확인은 커버를 취부한 후에도 식별이 가능하도록 함.
- ④ 위면 연결부는 장력센서의 입력을 받는 단자로 케이블을 외부로부터 꽂는 형태로 연결 용이.
- ⑤ 아랫면 연결부는 센서 출력용 단자와, 장력 기울기 전송모듈 단자로 케이블을 외부로부터 꽂는 형태로 연결 용이.

(5) 장력기울기센서 전송 모듈 설계

- BASE에 각 연결부 보드를 조립하고 배터리를 넣어 커버를 취부하는 형태의 모듈로 케이스화함

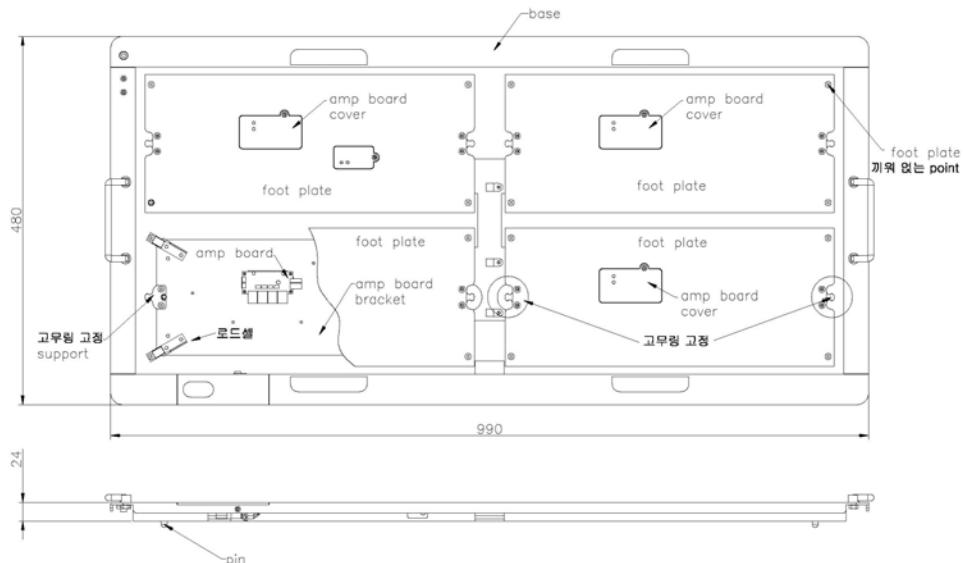


<그림 3-36> 장력/기울기센서 전송모듈

- ① BASE에 보드를 조립하는 형태로, 뒷면에는 배터리를 넣을 수 있는 공간의 형태를 가지며 쉽게 교체 가능하도록 전용 커버(덮개)를 취부하는 구조.
- ② 동기 신호 LED를 확인 할 수 있도록 했으며, on/off 스위치 작동 여부 용이.
- ③ DC전원, 동기, 센서 입력 단자, 안테나 단자 케이블 연결 용이.
- ④ 별도의 rib 취부하여 벨트에 끼울 수 있는 형태(인체용)
- ⑤ 별도의 브라켓을 취부하여 기계에 직접 취부 가능하도록 함 (Balance용)

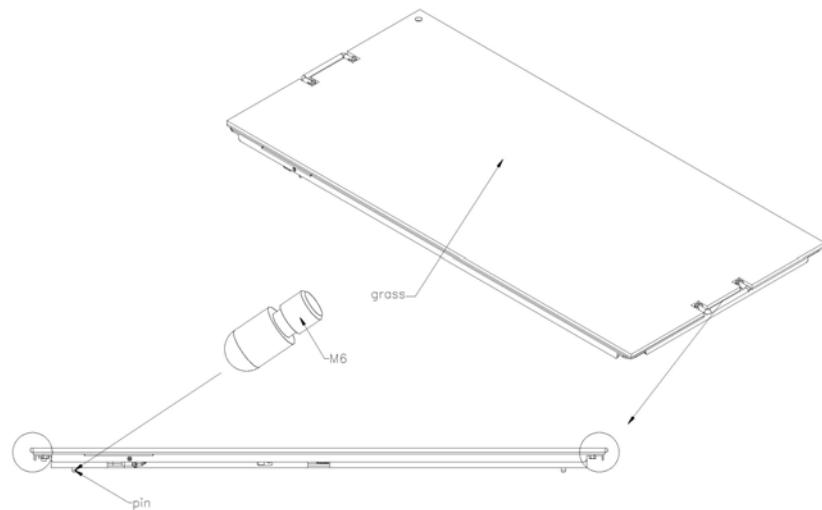
(6) 체중 4채널 설계

- 체중을 측정하기 위한 4채널(전/후/좌/우) 발판 설계



<그림 3-37> 체중 발판 전면

- ① Base에 바형 로드셀을 4귀 끝단에 위치시키고, foot plate은 로드셀 위에 자연스럽게 올려놓는 형태의 모듈 4개로 4ch를 구성한다. 각 모듈은 신체의 좌우와 전후의 체중을 측정한다.
- ② balance의 재질은 알루미늄으로 경량화 되어 있으며, base와 foot plate의 뒷면 거리가 최소높이 2mm를 확보하였다.
- ③ foot plate 이탈방지를 위해 amp board 브라켓과 foot plate에 고무링을 고정하기 위한 support를 조립하여 2포인트에 걸도록 설계.
- ④ 각 foot plate에 amp board cover를 따로 고정하여, amp board의 신호 상태를 쉽게 파악할 수 있도록 하였다.

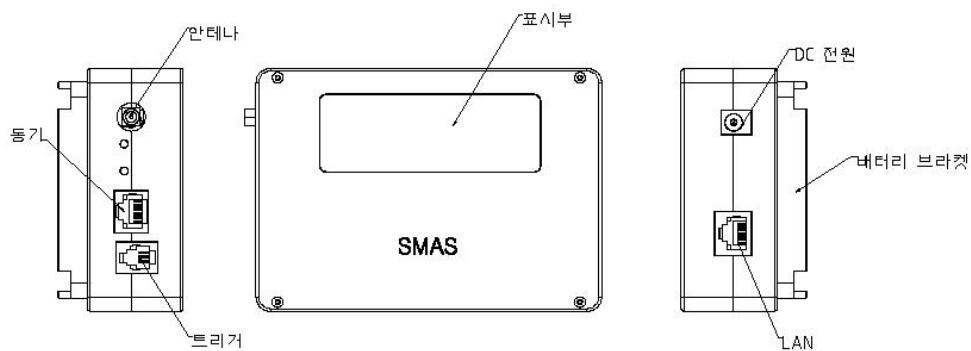


<그림 3-38> 체중발판 케이스

- ⑤ 모듈의 미끄럼 방지를 위해 M6의 나사부가 있는 pin 4ea를 돌려 base에 조립.
- ⑥ 손잡이를 사용하여 운반시 용이하며, 잔디를 얹었을 때 걸림이 없도록 접이식을 사용.

(7) SMAS 모듈 케이스 설계

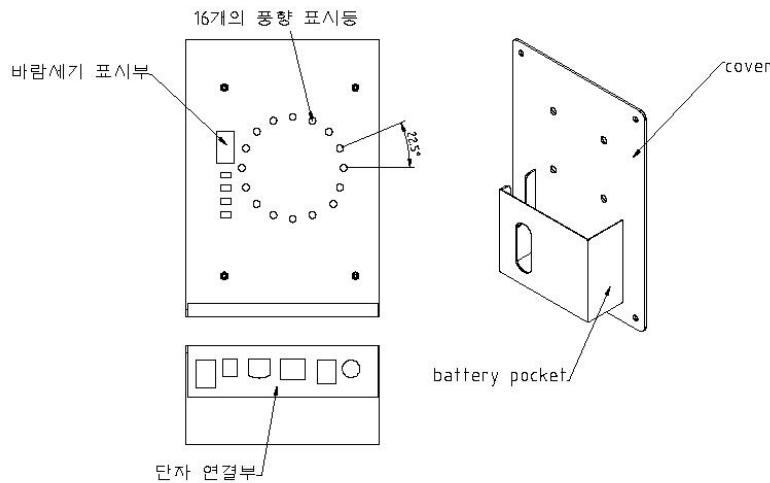
- BASE에 각 연결부 보드를 조립하고 커버를 취부하는 형태의 모듈을 케이스화 함



<그림 3-39> SMAS 케이스

- ① 정면부(표시부)는 커버에 아크릴를 부착하여 SMAS의 상태를 육안으로 식별 할 수 있는 형태
- ② 좌측면 연결부는 안테나, 동기, 트리거 단자 케이블 연결 용이.
- ③ 우측면 연결부는 DC전원, LAN 단자 케이블 연결 용이.
- ④ 뒷면에는 브라켓을 취부하여, 배터리를 밴드로 고정할 수 있도록 함.

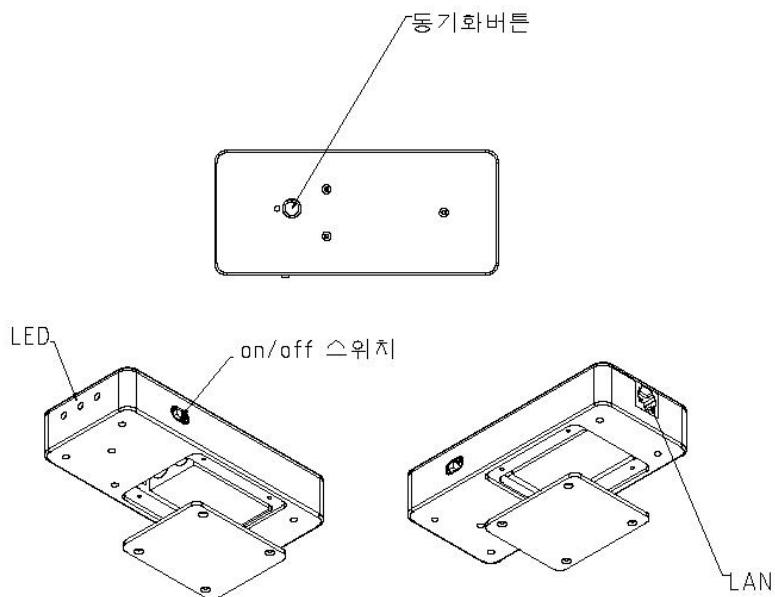
(8) 풍향/풍속 케이스 설계



<그림 3-40> 풍향 풍속 케이스

- ① 풍향 표시를 위한 16개의 원을 각도 22.5°로 array 했으며, 풍속 세기를 표시 할 수 있도록 함.
- ② 단자 연결부에는 외부로부터 연결 용이하도록 했으며, 커버는 포켓용으로 설계되어 배터리를 취부 할 수 있도록 함.

(9) 동기 검증모듈 케이스 설계



<그림 3-41> 동기 검증모듈 케이스

- ① BASE에 동기검증모듈 보드를 츄부하는 형태로 뒷면에는 배터리를 넣을 수 있는 공간의 형태를 가지며, 배터리를 쉽게 교체할 수 있도록 전용 커버(덮개)를 조립 되어 지게 함.
- ② 동기 신호 LED를 확인 할 수 있도록 했으며, 전원 스위치 on/off 작동여부 용이하도록 함.
- ③ 동기검증 버튼을 외부로 노출시켜, 전원 공급 상태를 육안으로 확인 할 수 있게 하였다.
- ④ LAN 케이블 연결 용이하도록 함

4. 시스템 소프트웨어 개발

가. SMAS 보드 하드웨어 설정

(1) 메모리 설정

- ① 하드웨어 인터페이스 되는 I/O는 모두 NCS3로 디코딩되어 동작함으로 CPU에서는 NCS3를 사용하여 LCD(VFD)에 접근하도록 함
- ② NCS3 Memory 영역은 0x0700_0000 ~ 0x0702_0000 으로 128KB 사이즈를 영역에 접근하도록 함.
- ③ Base Address는 0x0700_0000
- ④ GPY를 Data, Address 버스로 사용하기 위한 SFF셋팅
- ⑤ Data 버스는 16bit로 사용용할 수 있도록 설정
- ⑥ NCS3 Clock 개수를 설정하는 것은 0x02 이상의 값으로 설정
 - 0x1341_00C0 : 0x0022_2222 : GPY0 셋팅
 - 0x1341_00E0 : 0x0000_2222 : GPY1 셋팅
 - 0x1341_0120 : 0x2222_2222 : GPY3 셋팅
 - 0x1341_0140 : 0x2222_2222 : GPY4 셋팅
 - 0x1341_0160 : 0x2222_2222 : GPY5 셋팅
 - 0x1341_0180 : 0x2222_2222 : GPY6 셋팅
 - 0x1225_0000 : 0x0000_7009 : 16bit Bus 셋팅
 - 0x1225_0010 : 0x0004_0000 : NCS3 Clock 셋팅

(2) VFD(LCD) 메모리맵

- LCD 에 쓰기위해 접근하는 메모리 영역

순번	구 분	Address 영역	내 용	CPU 설정	비고
1	VFD(LCD)	0x0_7000~0x0_70FF	VFD Display Data Write and control	GPY Address/Data Bus 설정	

<표 3-8> Base Address Map

(3) CPU Interrupt Mapping

- 디바이스에서 인터럽트 핸들러에 등록하기 위한 인터럽트 번호 매핑테이블

순번	CPU 핀	기 능	CPU 설정	비고
1	XEINT0_GPX0_0	- RTC 32KHz 주파수 입력. - RTC 1Hz Clock.	입력	8
2	XEINT1_GPX0_1	- 동기신호용 Clock. 외부신호로 점퍼 - 분석카메라 Strobe 신호 입력	입력	gpio9
3	XEINT2_GPX0_2	- 카메라의 프래임 레이트 신호	입력	gpio 10
4	XEINT3_GPX0_3	- Mode 스위치 입력 - 초기상태 "High" --> "Low" Event	입력	gpio 11
5	XEINT4_GPX0_4	- 단말기로부터 입력받는 신호로 연결 단말기의 연결 상태를 알려주는 용도 - DI_SYNC0 - 초기상태 "Low" --> "High" Event	입력	gpio 12
6	XEINT5_GPX0_5	- 단말기로부터 동기신호 입력 - DI_SYNC1 - 초기상태 "Low" --> "High" Event	입력	x
7	XEINT6_GPX0_6	- 단말기로 출력하는 신호로 연결상태를 알려주는 용도로 사용 - DO_SYNC0	출력	gpio 14
8	XEINT7_GPX0_7	- CPU에서 사용하지 않고 OPEN 시킴	출력	x

<표 3-9> CPU Interrupt Table

- ① external interrupt XEINT3은 Mode 스위치를 누를 때 발생
- ② XEINT4는 동기케이블 연결시 발생하는 이벤트
- ③ XEINT6은 단말기로 SMAS상태를 알려주기 위한 신호(연결 또는 종료)

(6) ISP 통신

- I2C 통신을 하는 RTC에 쓰고 읽기 위한 매핑 ID

순번	CPU 핀	기 능	CPU 설정	비고
1	I2C_3	- RTC(DS3232) SCL, SDA	SDA: 입출력 SCL: 출력	

<표 3-10> I2C Mapping Table

(7) CPU I/O Mapping

순번	CPU 핀	기 능	CPU 설정	비고
1	XCI1PCLK/GPG0_0	- XBEE(무선 모듈: WiFi 포함) nReset - Low Active	출력 vusb_b oot5v	gpio 149
2	XCI1RGB_13/GPG1_6	- XBEE NDTR,Sleep Request - High Active	출력	163
3	XCI1RGB_11/GPG1_4	- XBEE Sleep Status - Low Active: Low sleep	입력	161
4	XCI1RGB_10/GPG1_3	- LAN Reset - High Active	출력	160
5	XCI1RGB_9/GPG1_2	- RTC Reset - High Active	출력	159
6	XCI1RGB_8/GPG1_1	- 분석카메라 Trigger 신호 출력 - Clock 출력	출력	158

<표 3-11> CPU I/O Mapping Table

- ① GPG0_0는 gpio149번으로 매핑되고 지그비 Reset신호
- ② GPG1_6는 gpio163번으로 매핑되고 지그비 sleep request
- ③ GPG1_4는 gpio161로 매핑되고 지그비 상태
- ④ GPG1_3은 Lan을 reset
- ⑤ GPG1_2은 RTC를 reset하며 RTC를 사용하기 위해서 반드시 실행해야함
- ⑥ GPG1_1은 분석카메라 Trigger 신호 출력으로 디바이스 드라이버에서 시간 체크해서 원하는 카메라 frame Rate 에 맞춰 신호를 출력함

(8) CPU RS232 통신 Mapping

순번	CPU 핀	기 능	CPU 설정	비고
1	UART_0	<ul style="list-style-type: none"> - XBEE(무선 모듈: WiFi 포함) 통신 - UART0_RXD - UART0_TXD - UART0_RTSN - UART0_CTSN 	CPU UART 설정	
2	UART_1	<ul style="list-style-type: none"> - Reserved 	CPU UART 설정	
3	UART_2	<ul style="list-style-type: none"> - 단말기 통신용으로 동기화 할 때 사용 	CPU UART 설정	
4	UART_3	<ul style="list-style-type: none"> - PC 통신 및 Debug 통신용 	CPU UART 설정	

<표 3-12> RS232 Mapping Table

- ① UART0는 지그비와의 uart로シリ얼통신시에 사용됨
- ② UART2는 센서모듈과 동기화를 위한 통신시에 사용
- ③ PCシリ얼케이블로 연결되며 SMAS 디버깅시 사용

나. SMAS와 PC간 통신 프로토콜 구조

(1) 통신설정

- ① 통신방식 : TCP
- ② SERVER IP(SMAS): 192.168.123.10
- ③ 기본 포트 : 55500

(2) 패킷(Packet)의 구성

(가) 전체구성

$$[\text{PACKET}] = [\text{Packet HEADER}] + [\text{Data FORMAT}] + [\text{TAIL}]$$

- ① 패킷해더(Packet Header) : 16 byte

$$[\text{Packet Header}(16)] = [\text{MID}(4)] + [\text{SID}(4)] + [\text{TLB}(4)] + [\text{CHK}(4)]$$

- ② 테일(Tail):4 Byte

- ③ 데이터 포맷(Data Format) : 송수신 정보를 가지고 있는 실질적인 데이터

(나) 송수신 패킷의 구성

① 송신패킷 [Snd Packet]

$$\begin{aligned}
 &= ([\text{MID}(4)] + [\text{SID}(4)] + [\text{TLB}(4)] + [\text{CHK}(4)]) + [\text{Data Format}] + [\text{TAIL}(4)] \\
 &= [\quad \text{Packet Header}(16) \quad] + [\text{Data Format}] + [\text{TAIL}(4)]
 \end{aligned}$$

② 구성표

순번	구 분		크기	위치	내용	비 고
1	SND/RCV Packet Header (16)	MID	4	0~3	MessageID [0x00 ~ 0xFFFF]	INTEGER
2		SID	4	4~7	Sub ID [0x00 ~ 0xFFFF]	INTEGER
3		TLB	4	8~11	Packet의 전체길이	INTEGER
4		CHK	4	12~15	CheckSUM 예약	INTEGER
5	Data Format		N	16 ~ 16+N-1	전송하고자하는 데이터 형식	BYTE[N]
6	TAIL		4		끝구분자 [0x0000 ~ 0xFFFF]	BYTE[4]

<표 3-13> 패킷구성

(다) 데이터포맷(Data Format)의 구조

① 전체구성

$$[\text{Data Format}] = [\text{Data Header}] + [\text{Groups}(N)] + [\text{Group Data}]$$

② 데이터 헤더(Packet Header)

$$[\text{Data Header}(12)] = [\text{CMD}(4)] + [\text{SCMD}(4)] + [\text{GCNT}(4)]$$

순번	구 분		크기	내 용	비 고
1	Data Header (12)	CMD	4	명령코드(Command)	DWORD
2		SCMD	4	부가명령(Sub Command)	DWORD
3		GCNT	4	GID 개수	DWORD

<표 3-14> 데이터 헤더

③ 그룹(GROUPS)

$$[\text{Group } (12)] = [\text{GID}(4) + \text{GLB}(4) + \text{RES}(4)]$$

순번	구 분		크기	내 용	비 고
1	Group (12)	GID	4	그룹ID(Group ID)	DWORD
2		GLB	4	길이(Group Length Byte)	DWORD
3		Res	4	예약	DWORD

<표 3-15> 그룹 헤더>

(라) 데이터포맷 구성(송수신 공통)

[Data Format]

$$\begin{aligned} &= [\text{Data Header}(12)] + [\text{Groups}(12 \times N)] + [\text{Group Data}[N]] \\ &= [\text{CMD}(4)] + [\text{SCMD}(4)] + [\text{GCNT}(2+2)] + [\text{Groups}(12 \times N)] + [\text{Group Data}[N]] \end{aligned}$$

(마) 구성 예

① 송신데이터

[Snd Packet] = [Snd Packet Header(16)] + [Data Format]+ [TAIL(4)]
 [Data Format]
 = [Data Header(12)] +[Groups(12xN)]+ [Group Data[N]]
 = [CMD(4)] + [SCMD(4)] + [GCNT(2+2)] +[Groups(12xN)]+ [Group Data[N]]

② 수신데이터

[Rcv Packet]= [Rcv Packet Header(16)]+[Data Format]+ [TAIL(4)]
 [Data Format]
 =[Data Header(12)]+[Groups(12xN)]+ [Group Data[N]]
 =[CMD(4)] + [SCMD(4)] + [GCNT(2+2)] +[Groups(12xN)]+ [Group Data[N]]

(바) 구성표

순번	구 분		크기	내용	비 고
1	Data Header (12)		CMD	4	명령코드(Command)
2			SCMD	4	부가명령(Sub Command)
3			GCNT	4	GID 개수
4	Groups[N](12)		12xN	그룹스[N]	DWORD[3] x N
5	Group Data[N]			그룹데이터	BYTE[]

< 표 3-16 > 데이터 포맷

(3) 적용

- (가) MID(Message ID) : 0x83c0
- (나) SID(Sub messageID) : 사용안함
- (다) TAIL(Terminator) : 0xffff
- (라) CMD(Command)

① 커맨드 리스트

순번	Command	코드	Sub Command	코드	비 고
1	STATUS	0xC000	없음		상태요청
2	XAPP_CTRL	0xC200	SC_CLOSE	0x00	연결종료
			SC_INIT	0x01	초기화
			SC_SET	0x02	XAPP 설정값 설정

			SC_DATA	0x08	SMAS->DLL로 보내는 DATA
3	BTW_CTRL (체중, 장력기 울기, 풍향풍 속)	0xC300	SC_STOP	0x00	계측종료
			SC_START	0x01	계측시작
			SC_SET	0x02	설정값 설정
			SC_SEARCH	0x03	단말기 검색
			SC_DATA	0x08	SMAS->DLL로 보내는 DATA

<표 3-17> 커맨드 리스트

② GID(Group ID) 리스트

구분	GID	코드	설명	비고
응답	GID_RESULT	0xD001	CMD에 대한 결과 형식	SMAS-> DLL
상태 요청	GID_STATUS	0xD002	원하는 GID List 해당하는 상태정보요청 형식	
SMAS	GID_SMAS_INFO	0xD101	SMAS 일반정보	
	GID_SMAS_USAGE	0xD102	SMAS 용도변경	
	GID_SMAS_INIT	0xD103	SMAS 초기화 설정 (HB 등 설정)	
BTW	GID_BTW_SET	0xD201	BTW 계측 위한 설정	
	GID_BTW_USE_SUBDEVICE	0xD202	사용 부속장치 (유선/무선)	
	GID_BTW_RUN_STATUS	0xD203	부속장치 동작상태 (유선/ 무선)	
	GID_BTW_TR_SEARCH	0xD204	무선단말기 검색 (체중, 기울기장력, 풍향풍 속)	
	GID_BTW_TR_STATUS	0xD205	무선단말기 상태 (체중스위치, 수신감도, 배 터리잔량)	
	GID_BTW_DATA	0xD211	BTW DATA 전송	SMAS-> DLL
CAM	GID_CAM_MOTION_TRIG	0xD301	모션카메라 트리거 설정	

<표 3-18 GID> 리스트

다. 개발환경 구축

- (1) 개발 보드 OS : linux 3.10.9
- (2) 부트로더 컴파일 : arm-eabi-4.4.3
- (3) 커널, 드라이버 컴파일 : arm-eabi-4.7
- (4) 개발 Host PC : Ubuntu14.04 64bit

```

pyun@pyun-VirtualBox:~/MV5422$ ls
Image      android-4.4.2.tar.gz  filesystem
Toolchain  bootloader          linux-3.10.9-kitkat_newlcd.tar.bz2
pyun@pyun-VirtualBox:~/MV5422$ 
pyun@pyun-VirtualBox:~/MV5422$ ls -al
합계 3623168
drwxr-xr-x  6 pyun pyun    4096  1월 21 17:36 .
drwxr-xr-x 21 pyun pyun    4096  2월  5 15:43 ..
drwxr-xr-x  2 pyun pyun    4096  1월 21 15:25 Image
drwxr-xr-x  3 pyun pyun    4096  1월 21 15:31 Toolchain
-rw-r--r--  1 pyun pyun 3613083850  5월  7 2015 android-4.4.2.tar.gz
drwxr-xr-x  2 pyun pyun    4096  1월 21 15:25 bootloader
drwxr-xr-x  2 pyun pyun    4096  1월 21 15:25 filesystem
-rw-r--r--  1 pyun pyun   97004876 11월 11 09:24 linux-3.10.9-kitkat_newlcd.tar.
bz2
pyun@pyun-VirtualBox:~/MV5422$ 

```

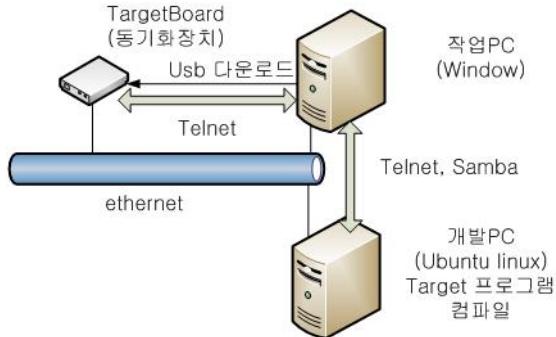
<그림 3-32> 컴파일 개발환경 구축

(5) 절차

- ① 개발 PC에 리눅스 배포본인 Ubuntu 14.04 64bit를 설치
- ② 커널, 램디스크, 부트로더 이미지를 다운로드 하기 위한 fastboot 설치
- ③ u-boot (부트로더) 컴파일
- ④ 커널 컴파일
- ⑤ 파일 시스템 생성(파일시스템 형식은 ext4)
- ⑥ 개발 PC에서 생성한 Image들을 Target System(SMAS)로 다운로드
- ⑦ 커널과 파일시스템을 타겟 시스템으로 전송 후 부팅이 된다면 이후 개발 PC에서 응용프로그램과 디바이스 드라이버를 컴파일 하여 타켓 시스템으로 파일을 전송하여 타겟 시스템에서 동작을 확인할 수 있음.

라. 개발 환경

- ① telnet : 개발 PC(리눅스)와 Target보드에 접속가능
- ② samba : 서로 다른 파일 시스템상에 있는 파일 공유



<그림 3-33> 개발환경

마. 센서 동기화 기능 디바이스 드라이버

- (2) 센서 동기화는 센서모듈과 동기화장치(SMAS)의 시간을 RTC를 이용하여 일치시킴
- (3) 디바이스 드라이버는 시스템의 특정 자원과 인터럽트를 사용할 수 있는 특권을 갖음
- (4) SMAS에서 동기화시 사용하는 1Hz의 신호를 생성
- (5) 1Hz 신호의 500ms 마다 falling edge와 rising edge에 인터럽트를 등록
- (6) falling edge와 rising edge에서 인터럽트가 발생하면 동기화 기능 어플리케이션을 Wake up 시키고 어플리케이션은 동기화를 수행하는 루틴을 수행함

바. 영상 동기화 기능 디바이스 드라이버

- (1) 카메라영상은 영상을 생성할 때 트리거 신호를 출력으로 생성하거나 외부 트리거 신호에 맞추어서 영상을 생성하는 기능을 갖는 카메라를 선택
- (2) 카메라 생성시 출력 트리거를 입력으로 받는 기능 설계
- (3) 두 대의 카메라의 영상을 동기시키기 위하여 SMAS에서 트리거 신호를 생성 할 수 있도록 설계하고, 카메라는 트리거 신호에 맞게 영상을 생성할 수 있도록 제어
- (4) 어플리케이션으로부터 프레임레이트를 입력받아 트리거 신호를 생성하는 기능구현
- (5) 트리거 신호의 falling edge에 인터럽트를 등록
- (6) Falling edge에서 인터럽트가 발생하면 카메라에서 영상 1프레임이 생성됨
- (7) 인터럽트가 발생하면 RTC의 현재 시간을 Read하고 어플리케이션을 WakeUp 시키고 어플리케이션은 이 시간을 이용하여 영상과 센서의 시간동기화를 구현

5. 센서 동기화 기술 구현

SMAS는 센서 모듈간 동기화 장치로도 사용되며 또한 영상신호를 사용하여 영상과 센서데이터의 동기 또한 구현함.

가. 무선센서 모듈간 동기화 기술 구현

(1) 센서 동기화 기능

- ① 각 센서와 SMAS는 정밀한 시간을 기록 가능한 RTC를 각각 장착.
- ② SMAS의 시간으로 각 센서의 시간을 동기화하여 일치시킴.
- ③ SMAS에 시그널 연결선과 데이터 전송을 위한シリ얼 라인을 연결하면 자동으로 동기화 프로세스를 동작.



<그림 3-34> SMAS시간으로 센서모듈 동기화

- ④ 허용오차 1ms 이내.
- ⑤ SMAS와 센서를 연결하면 센서의 시간을 확인 할 수 있고 SMAS와 센서의 시간오차가 1ms이내라면 동기화를 종료하고, 1ms 초과라면 동기화를 진행.



<그림 3-35> SMAS와 단말장치 동기된 시간표시

(2) 센서 동기화 절차

(가) 1단계 : 현재시간 요청 절차

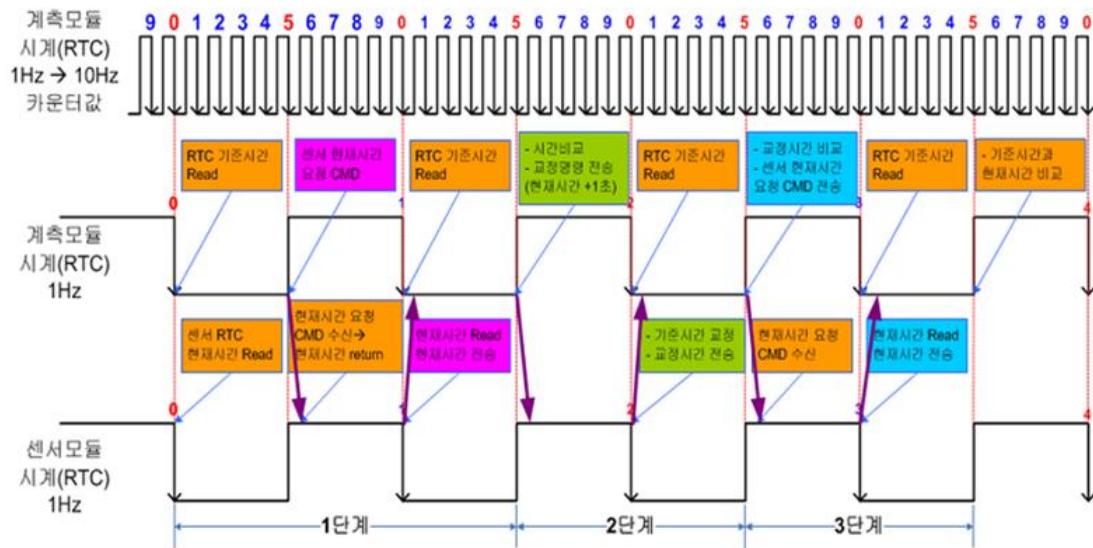
- ① 동기화장치(SMAS)과 센서모듈은 각각 내부에 있는 시간을 저장.
- ② 동기화장치(SMAS)는 센서모듈에 저장되어 있는 시간정보를 요청.
- ③ 센서모듈은 저장되어 있는 시간정보를 동기화장치(SMAS)에 전송.

(나) 2단계 : 교정 절차

- ① 동기화장치(SMAS)은 교정할 시간과 교정명령을 전송.
- ② 센서모듈은 동기화장치(SMAS)로부터 받은 시간으로 교정.
- ③ 센서모듈은 교정 시간을 전송.

(다) 3단계 : 교정 겹증 절차

- ⑤ 동기화장치(SMAS)는 센서모듈에 저장되어 있는 시간정보를 요청.
- ⑥ 동기화장치(SMAS)는 기준시간과 센서모듈의 시간을 비교.
- ⑦ 동기화장치(SMAS)는 기준시간과 일치하면 교정을 완료.



<그림 3-36> 동기화 순서와 타이밍



<그림 3-37> 동기화 순서 나열

(3) 동기화 프로토콜

- (가) 동기화 모듈과 센서 모듈간의 통신 프로토콜을 정의함.
- (나) 동기화 모듈을 기준시간으로 하고 센서 모듈로부터 받은 시간과 기준시간을 비교하고 설정할 수 있는 프로토콜을 구성.
- (라) 통신 설정
 - ① 통신 속도 : 115200
 - ② Data 비트 : 8비트
 - ③ 패리티 미트 : 없음
 - ④ 정지비트 : 1 비트
 - ⑤ 흐름제어 : 없음

(4) 동기화 모듈과 센서 모듈간의 통신 프로토콜

- (나) 통신 형식(동기화 장치 <-> 센서 모듈)

순 번	Data 내용	Data 번호	DATA	내용	비 고
1	HEAD	0	문자:<, hex 값:0x3C		
2	장치 ID	1	0x00	SMAS	
			0x10	체중	
			0x20	기울기/장력 모듈	
			0x30	예비	

			0x40	예비	
			0x50 - 0X5F	풍향/풍속기	
3	CMD	2	0x00	NULL 명령	
			0x01	현재시간 요청 명령	
			0x02	시간 설정명령	
4	DATA	3	msec	msec 상위 8bit	
		4	msec	msec 하위 8bit	
		5	초	0~60	
		6	분	0~60	
		7	시	0~24	
5	CHEC K SUM	8	Check Sum	NOT(SUM(0~7))+1, UnsignedCharacter Hexcode	
6	TAIL	9	문자:>, 값:0x3E	hex	

<표 3-19> 동기화 프로토콜

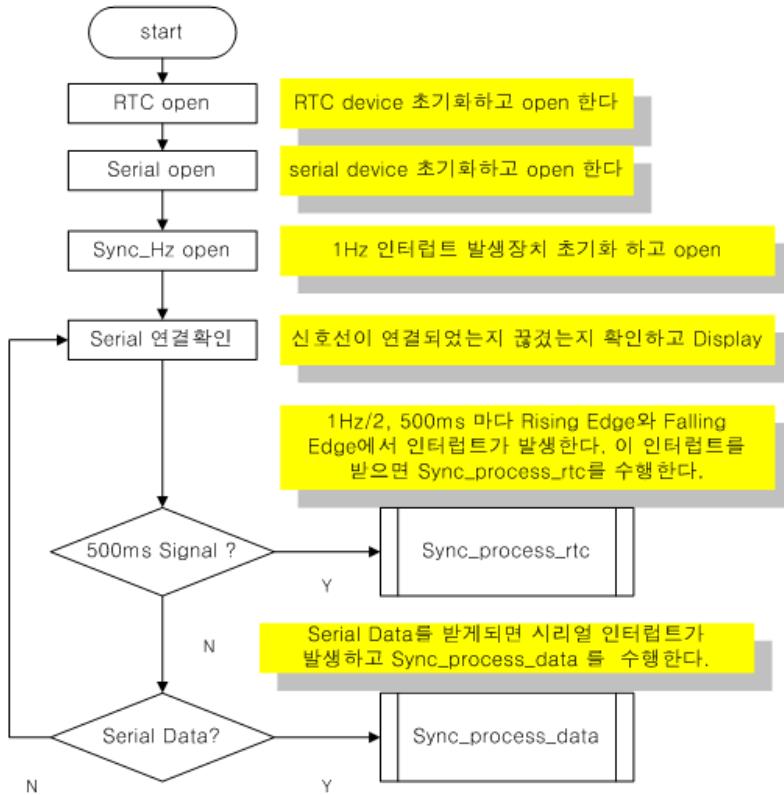
- ① HEAD/TAIL: Head와 Tail은 Data Packet의 시작과 끝을 나타내며 고정된 값
- ② ID : 단말기 식별번호로 사용
- ③ CMD
 - 현재시간 전송요청은 센서모듈의 현재시간을 동기화모듈로 전송하는 명령
 - 시간 설정명령은 센서모듈의 시간을 동기화모듈이 전송한 시간으로 설정하는 명령
- ④ Check Sum:
 - Head부터 DATA까지 부호없는 정수로 합한값을 Bit not을 취하고 더하기 1을 한 값

(5) 동기화 기능 순서도



<그림 3-38 > 동기화 연결

동기화를 수행하기 위하여 무선 디바이스와 동기화 디바이스를 1Hz 신호선과シリ얼 데이터를 전송하기 위한シリ얼 라인을 연결한다.



<그림 3-39 > 동기화 순서도-전체

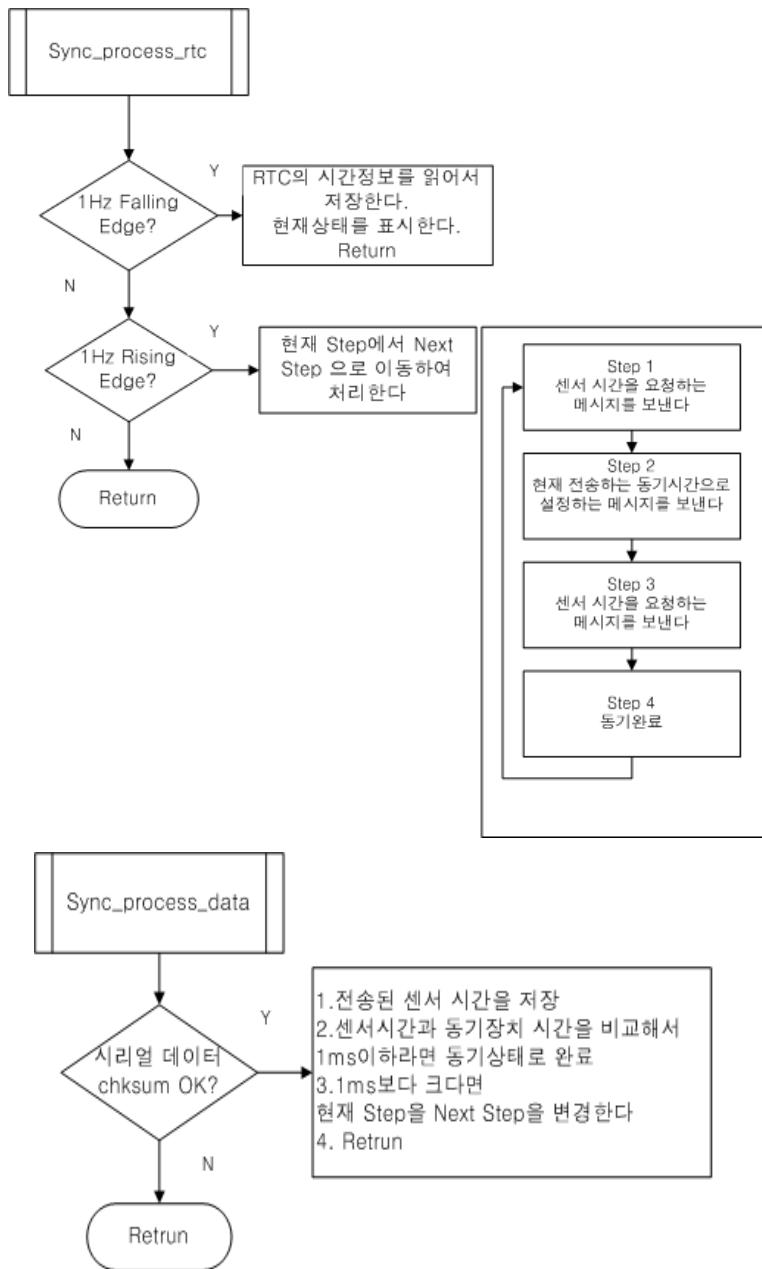
- ① RTC 디바이스를 초기화 / 시리얼 디바이스를 초기화하고 오픈함
- ② RTC설정을 i2c를 사용하여 1HZ 출력을 생성
- ③ 동기케이블이 연결되었으면 인터럽트 발생하여 무선모듈과 연결되었음을 확인
- ④ 매 500ms의 Rising Edge와 Falling Edge에서 인터럽트가 발생하고 Sync_process_rtc 수행
- ⑤ Serial 데이터가 들어오면 인터럽트가 발생하고 Sync_process_data를 수행

Sync_process_rtc

- ① Falling Edge면 현재 시간을 읽어서 저장하고 상태출력
- ② Rising Edge면 다음 스텝으로 이동

Sync_process_data

- ① 시리얼 인터럽트를 받으면 센서에서 전송된 시간데이터와 SMAS의 Falling edge에서 저장한 시간데이터와 비교
- ② 1ms 이상이면 동기가 틀어졌으니 다시 동기화 절차 시작
- ③ 1ms 이내이면 센서모듈과 SMAS의 동기가 맞으므로 종료



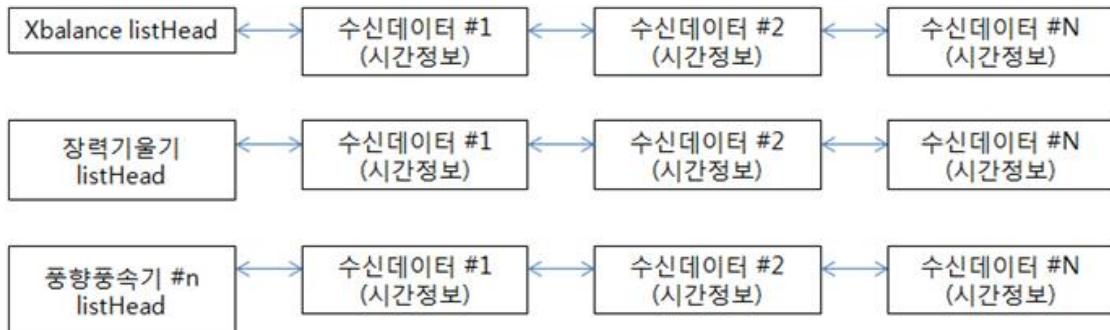
<그림 3-40> 동기화 순서도-인터럽트 처리

나. 영상신호와 센서신호의 동기화 방법 구현

SMAS의 트리거 신호에 맞춰 카메라에서 영상 1프레임을 생성하게 제어하여 트리거 신호 생성시의 시간을 가지고 영상신호와 센서신호의 동기화를 구현

(1) 무선데이터 처리(데이터 버퍼링관점)

- ① SMAS에서는 무선센서 모듈의 ID를 설정하여 이 ID로부터 들어오는 데이터를 수신할 때 개별적으로 데이터를 버퍼링함
- ② 데이터 버퍼링
- ③ 데이터 버퍼링구현은 체중, 장력/기울기, 풍향/풍속기 list header를 각각 가지고 있어서 각 단말장치에서 계측 데이터가 수신되면 시간순으로 리스트에 추가함
- ④ 모든 데이터가 수신되면 PC 어플리케이션으로 전송가능.



<그림 3-41> 데이터 버퍼링

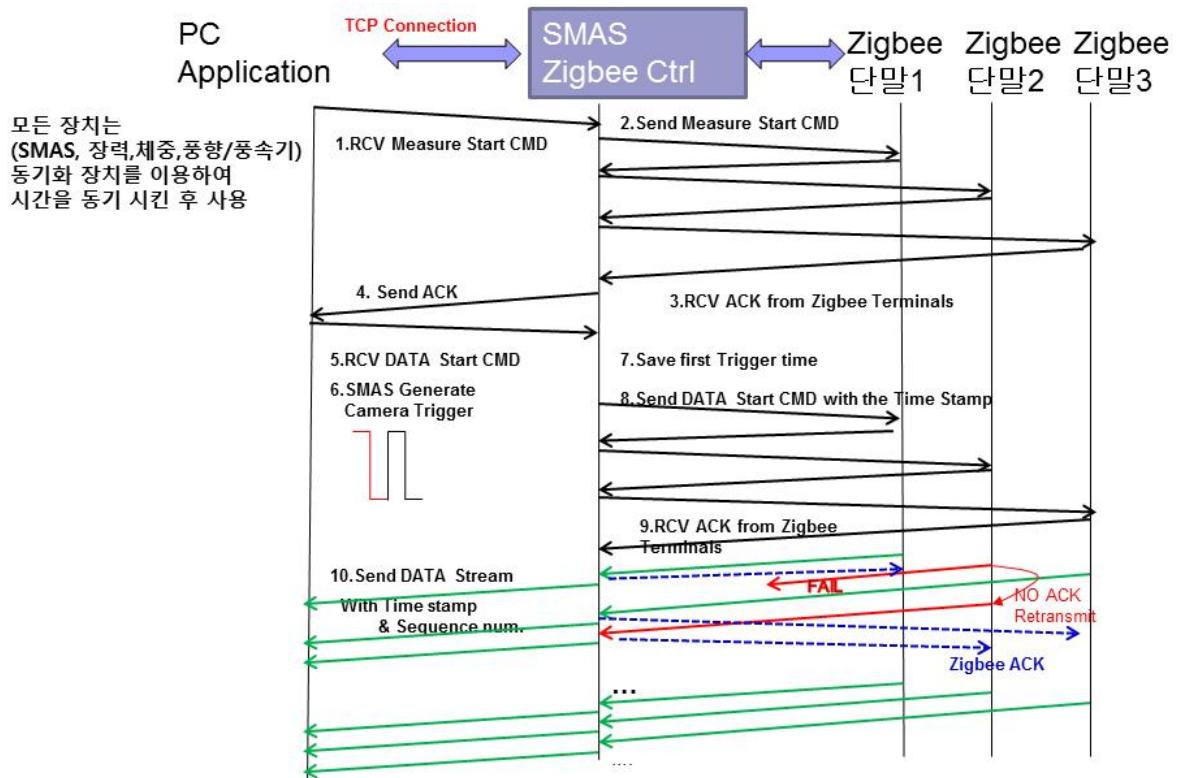
(2) 무선 데이터 처리 (커맨드 시퀀스-동기화 장치 관점)

모든 장치는 동기화장치를 이용하여 미리 시간을 동기화 함.

- ① PC 어플리케이션으로부터 계측 START를 명령을 수신.
- ② 수신명령을 받게되면 연결된 무선 단말(Zigbee)에게 데이터를 계측 시작을 명령
- ③ 무선단말장치가 잘 받았다는 ACK를 받음.
- ④ PC에게로 무선단말장치에 명령을 잘 보낸다는 ACK를 보냄.
- ⑤ 계측 데이터를 전송하라는 명령을 수신.
- ⑥ 카메라 트리거를 대기.
- ⑦ PC어플리케이션이 카메라를 구동시키고 트리거를 발생시키면 그 시간을 저장
- ⑧ 저장된 카메라 첫 번째 프레임 시간을 단말 장치로 전송하여 그 시간의 계측 데이터를 전송하라고 요청.
- ⑨ 명령에 대한 ACK를 받음.
- ⑩ 무선 단말로부터 스트림 데이터를 수신하여 처리하고 시간정보와 시퀀스 번호를 붙

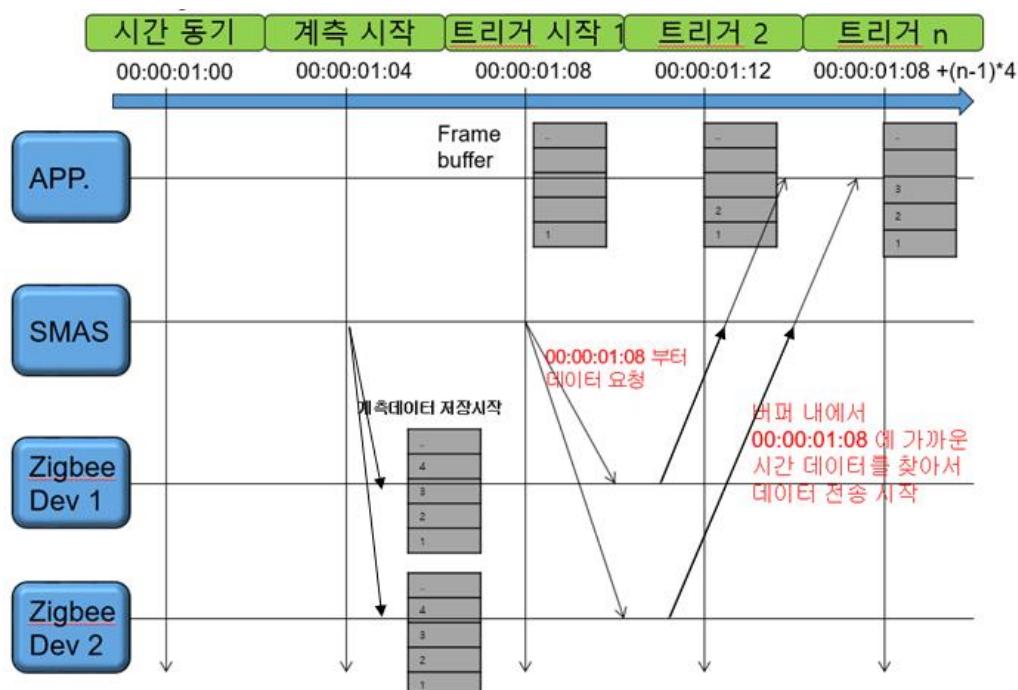
여서 PC로 전송.

- ⑪ PC 어플리케이션은 수신된 데이터를 저장하고 처리하여 분석에 사용.



<그림 3-42> 커맨드 시퀀스

(3) 예시

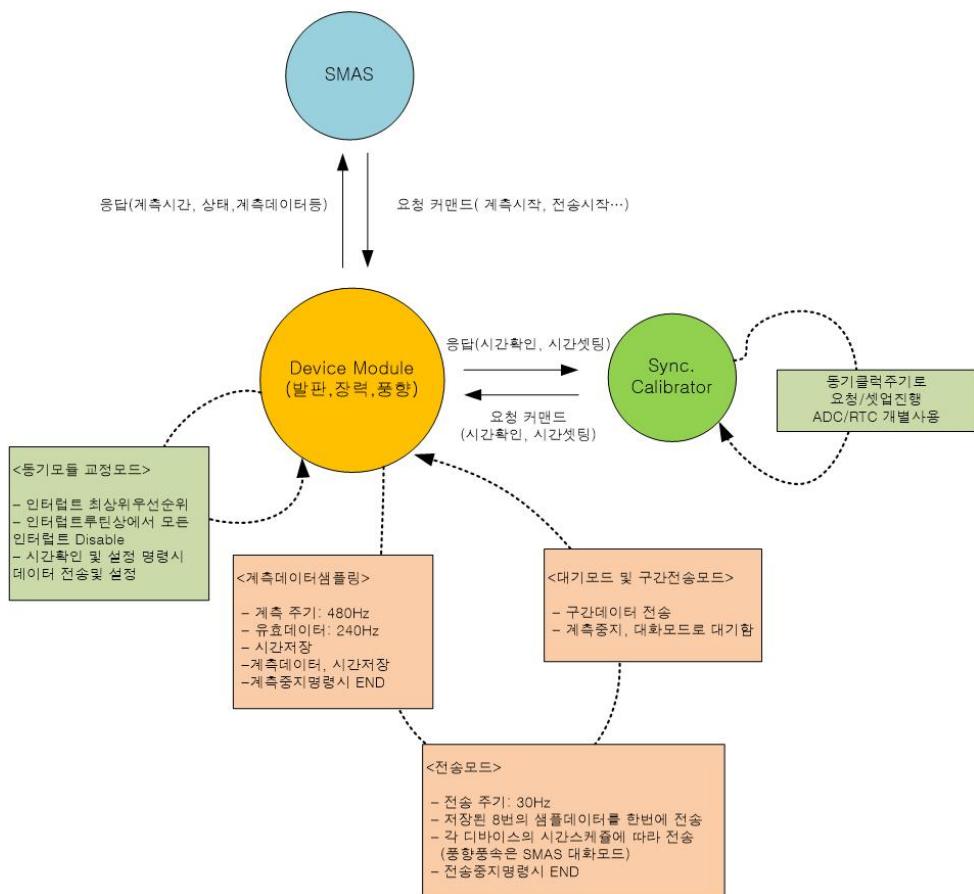


<그림 3-43> 영상과 센서데이터 동기화 절차

- ① 00(시):00(분):01(초):004(ms) 에 계측시작 명령을 하면 무선단말(계측모듈)은 샘플링 된 계측데이터를 자신의 버퍼에 저장한다
- ② 00:00:01:008 에 카메라 트리거가 발생하면 어플리케이션은 영상프레임을 생성후 버퍼로 저장하고 SMAS는 트리거 시간을 이용하여 단말들에게 00:00:01:008시간의 데이터를 요청
- ③ 단말들은 자신의 버퍼에서 00:00:01:008에 가장 가까운 시간의 데이터부터 전송시작
- ④ 영상의 생성 시간과 단말들의 생성시간으로 영상과 데이터 동기
 - 240frame일 경우 4ms(영상1frame) 내에서 일치됨

(4) 무선 단말장치 전송

- ① 동작 상태



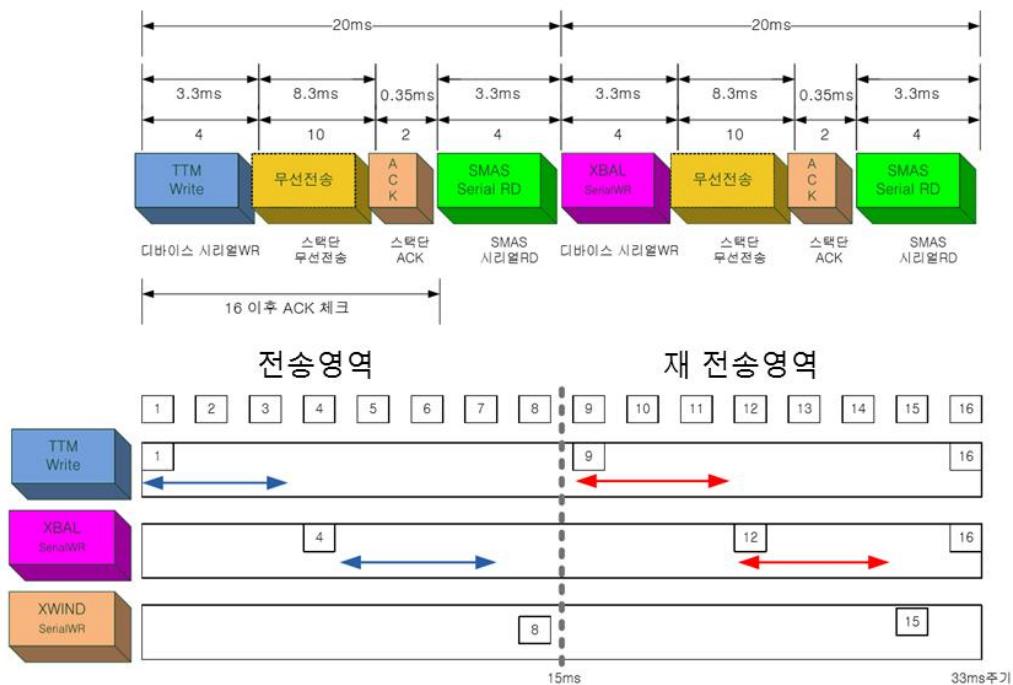
<그림 3-44> 무선단말장치 상태도

- SMAS와 동기 교정 장치는 동일함
- 대기모드에서 동기 교정장치와 연결되면 동기 교정모드가 되어 동기 절차대로 시간정보를 주고 받음

- SMAS의 명령어 계측시작에 샘플링 시작하고 버퍼에 저장
- 시간정보를 갖는 전송시작 명령에 따라 요청된 시간과 같은 샘플링 데이터를 전송하기 시작

② 전송 스케줄링

- 지그비 무선구간은 (2.4GHz) 유일하고 전송하려는 무선센서 단말이 여러개 있음
- 무선센서 단말들이 동시에 데이터를 전송하려면 충돌이 생겨서 데이터가 봉괴될 수 있음
- 따라서 각각의 센서 단말의 전송시간을 스케줄 함



<그림 3-45> 무선센서 단말 장치 전송 스케줄링

③ 전송방식

- 각각의 센서 단말은 정해진 시간에 30Hz(33ms) 주기로 SMAS로 Data 전송
- 모든 센서 단말은 33ms의 전반부 16ms 이내에 전송완료하고 후반부 16ms에 재 전송영역으로 남겨둠
- 영상 240frame과 동기를 위해서 한번에 8번의 샘플링데이터를 전송

④ 재전송

- 무선센서 단말이 데이터를 전송하고, SMAS가 수신하면 SMAS는 잘 받았다는 ACK 신호를 보냄

- 센서 단말이 ACK를 못 받으면 재전송 해야함
- 모든 센서 단말은 33ms의 전반부 16ms 이내에 ACK를 못받으면 후반부 16ms에 재전송

6. 동작분석 소프트웨어 개발

가. S/W 사양 정의

- (1) 모드 선택(계측 모드, 분석 모드)에 따른 옵션 및 기능 정의 : 저장 및 불러오기, 그래프 등의 출력이 가능하도록 설계.
- (2) 사용자 옵션 선택 : 장력, 체중 등의 감지 범위 설정이 가능하도록 설계.
- (3) 기타 필요 기능 정의 : 특정 구간별 영상 출력, 간단한 그리기 도구 등.
- (4) 메인 화면을 통해 계측 된 데이터를 실시간으로 확인 가능하도록 설계.

나. 메뉴구성

(1) 초기 설정

- 플레이어 이름 설정, 부속 장치의 사용 여부 설정, 카메라의 Frame Rate 설정 등.

(2) 모드 선택

- 계측 모드 : 부속 장치로부터 데이터를 획득 및 실시간 출력, 활을 발사되었음을 확인하여 계측 모드를 정지하고 분석 모드로 전환 하도록 함(활이 발생되었음을 확인하는 방법으로 장력의 급격한 변화를 체크)
- 분석 모드 : 계측된 데이터 저장여부, 계측 및 저장된 데이터를 불러와서 화면에 출력, 화면 출력 데이터 정의(필수 데이터 : 카메라 영상, 체중 그래프, 장력 그래프, 활 기울기 등, 추가 사항 : 풍향, 풍속 고려), 계측된 데이터 출력 기능.

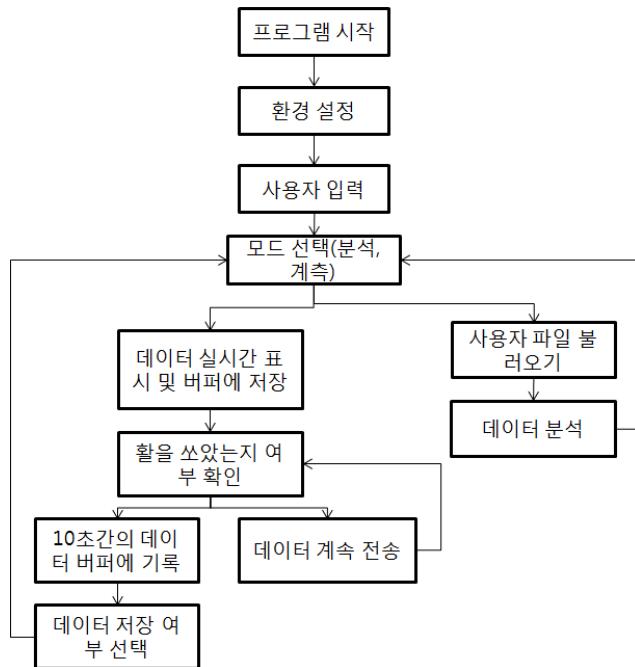
(3) Option

- 장치의 사용 여부(카메라, 활 사용 필수, 체중 장치 사용 여부 혹은 4채널, 2채널 선택, 풍향을 측정하기 위한 장치 개수 설정 여부, 데이터의 감지 영역 설정(체중, 장력, 풍 속 등의 데이터 획득 시 무시 가능한 범위 설정))
- 추가 고려 사항 : 활의 종류, 카메라 종류 변화에 따른 기능 설정 고려

(4) 사용자

- 사용자 이름을 설정하여 사용자별로 데이터 저장 가능하도록 하고 사용자의 Option 설정 사항 저장 고려. 저장할 필요가 있을 경우 저장할 방법 고려.

다. S/W 동작 순서도



<그림 3-46> 프로그램 동작 순서도

(1) 환경 설정

- 카메라의 프레임, 체중 계측장치 등의 사용 여부 설정 등

(2) 사용자 입력

- 사용자별로 데이터를 저장하기 위해 사용자 정보를 DB화하여 보관.

(3) 데이터 실시간 표시 및 버퍼 저장

- 영상, 체중, 장력, 활 기울기, 풍향, 풍속 등의 데이터를 화면에 실시간으로 표시함. 버퍼는 총 10초간의 데이터만을 담을 공간을 가짐(메모리를 많이 소모하기 때문에). 10초 가 넘을 경우 가장 먼저 계측된 데이터를 비우고 저장을 반복, 활을 쏜 것을 감지하면 4초간 데이터를 더 획득 한 후 계측 종료 후 데이터 저장 여부 선택.

라. 카메라 제어

- (1) 해상도 640x480 이상, Frame Rate 60~300fps 의 카메라를 사용하여 실시간 영상 출력과 계측 후 원하는 구간의 영상 정보를 저장하고 그 영상을 바탕으로 필요한 Data를 추출. 카메라의 트리거를 이용하여 무선 장치로 Data를 획득하라는 신호를 출력. 영상을 한번 획득 할 때마다 트리거 신호를 출력하여 획득한 모든 Data의 시간을 동기화 함.

(2) 카메라 초기 설정

- ① Data 버퍼 초기화(free buffer~) : 영상의 재생 및 저장을 위한 버퍼
- ② Thread 초기화(create thread) : 영상의 획득 및 Data 획득을 반복하기 위한 모듈 생성
- ③ 연결된 카메라 확인 및 카메라 포인터 생성 : 카메라 연결, 카메라 설정을 위한 포인터
- ④ 카메라의 연결 및 Index 할당 : 카메라의 위치 설정을 위한 인덱스 할당
- ⑤ Color Processing 알고리즘 및 출력 영상 Format 설정 : 카메라의 Raw Data를 처리하기 위한 정보 설정.
- ⑥ 카메라의 GPIO 및 Strobe 설정 : 트리거 신호를 출력하기 위한 Pin 정보 설정
- ⑦ 카메라 Video Mode 및 Frame Rate 설정 : 640x480, 240fps
- ⑧ 카메라 Capture 시작 - 영상 획득 및 실시간 출력 시작

마. 영상 획득

(1) 개념

- ① 카메라에서 획득 되는 영상을 기준으로 활이 쏘아진 시점에서 전후의 일정 시간동안의 데이터를 저장.
- ② 활이 쏘아진 시점을 알기 위한 방법으로는 급격한 변화를 보이는 데이터를 체크함.
- ③ 체중 또는 장력 및 활의 기울기가 급격한 변화를 보일 것으로 예상하며 가장 빠른 변화를 보이는 장력을 체크 하는 것이 가장 정확할 것으로 예상함.
- ④ Data의 저장 영역은 슛의 감지 시점 전후 6초, 4초를 획득하는 것이 유효한 Data일 것으로 추정함.
- ⑤ 향후 테스트를 통해 저장 시간 및 영역 재설정 필요.

(2) 영상 데이터 버퍼 구조체의 정의

```
struct {
    error state ; 각각의 이미지의 상태 체크
    index      ; 획득한 영상의 인덱스 확인을 위한 변수, 다른
                 데이터 와의 동기를 위한 변수
    row, col, stride, data size ; 이미지의 사이즈 정보
    Camera1 buffer[] ; 각각의 카메라에서 획득한 영상을 저장
    Camera1 buffer[] ;
}
```

- 위 구조체를 정의하고 한 장의 이미지 출력을 위한 일반 구조체 변수와 일정 시

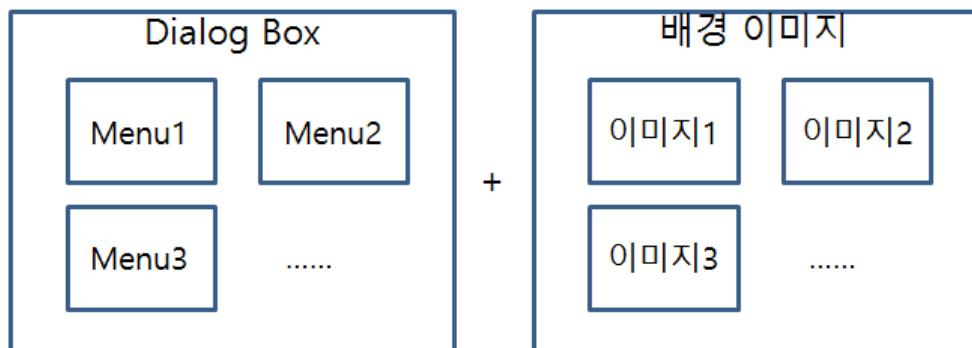
간동안의 data를 저장하기 위한 deque 형식의 구조체 변수를 각각 선언.

바. 영상의 실시간 재생 및 리플레이

- ① 각각의 카메라에서 Raw Image 획득 -> Image Convert (픽셀 포맷 변경) -> Converted Image 생성(실시간 재생용) -> 화면에 출력
- ② Raw Image : 카메라로부터 획득한 원본 이미지를 Replay 버퍼에 저장(변환 후 이미지의 크기가 커지기 때문에 Raw Image 상태로 저장), 슷 감지 후 원하는 구간의 Data 저장이 완료 되면 가장 낮은 인덱스의 이미지부터 차례로 영상변환을 거쳐 화면에 출력. 총 10초간의 이미지 영상이 재생 됨.
- ③ Converted Image : 실시간 재생을 위한 Image. Raw Image를 변환하여 byte 형 배열 버퍼에 저장. 배열의 이미지데이터를 지정된 영역에 출력. 영상 변환 후 Bitmap 3채널의 이미지로 변환되기 때문에 640x480x3의 배열 크기 할당.
- ④ Replay 영상 저장
- ⑤ Queue를 사용하여 영상 저장.
- ⑥ 일정 시간동안 획득한 Raw Image를 FIFO형식으로 인덱스를 부여한 후 Queue에 삽입(push-back). Replay용 버퍼는 총 10초간의 Data만 가지고 있으면 되므로 지정된 시간을 넘었을 경우 가장 먼저 삽입된 Data를 삭제 후(pop-front) Data를 삽입. 계측이 완료 될 때까지 반복.

사. S/W GUI 구성

- (1) Visual Studio 2012의 MFC 사용
- (2) MFC Dialog 기반 + PNG 이미지 사용
- (3) 프로그램 주요 기능 구성(MFC Dialog)

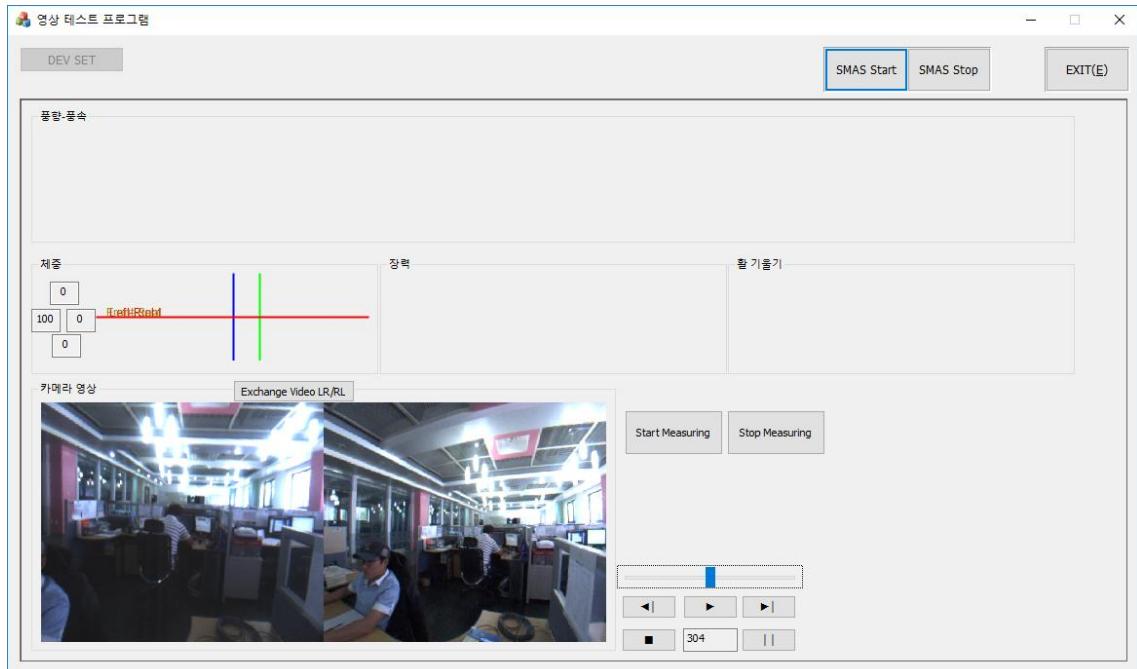


<그림 3-47> GUI 구성

아. 카메라 영상 획득 테스트

(1) 영상 획득 테스트 프로그램 제작

- 카메라를 구동시켜 10초간의 영상을 획득 및 수동으로 샷을 발사하여 영상이 제대로 전송 및 출력 되는지 확인하는 프로그램을 제작하여 테스트함.



<그림 3-48> 카메라 테스트 - 트리거 설정

(2) 카메라 동작 순서 및 영상 획득 방법

- 카메라 연결 및 설정 순서

카메라 개수 확인 : 카메라 변수 할당을 위해 필요 -> 카메라 변수 할당 -> 카메라 정보 확인 -> 카메라 연결 -> 카메라 영상 포맷 설 : RGB or Mono -> 카메라 속성 설정 : Frame rate, 해상도, 셔터 스피드, 밝기, 노출시간 등 -> GPIO 및 Strob 출력 신호 설정 : 장비로부터 신호를 받아서 데이터를 획득 또는 카메라에서 신호를 보내서 데이터를 획득 하는 방식을 정하기 위해 설정함 -> 카메라 연결 완료

(3) 카메라 영상 획득 및 재생 알고리즘

- 카메라 캡쳐 시작 -> 영상 획득 -> 실시간 영상 출력 -> 샷 감지 체크 -> 샷 감지 후 3 초 후 데이터 저장 완료

[영상 출력 타이머]

if(실시간 재생)

```

{
    큐 버퍼의 마지막 이미지 출력; //프로그램에서 영상을 재생하는 주기와 영
    상획득 쓰레드의 동작 주기가 차이가 나기 때문에 획득된 마지막 이미지를
    출력함.

}

if(리플레이 재생)
{
    0번 프레임에서 ~ (Frame Rate * 10) 프레임 까지 반복 재생
}

[데이터 획득 타이머]
while(샷 감지 && 샷 감지 시간 후 3초 경과)
{
    카메라의 영상획득;
    PushData(1 Frame 이미지);
    샷 감지 여부 체크;
    샷 감지 후 3초 경과 체크;
}

```

자. 카메라 영상 재생

- 영상을 화면에 반복적으로 표시하기 위해서 일정시간마다 반복 동작을 하는 타이머 함수 사용. MFC에서 제공하는 SetTimer 대신 콜백 형태의 타이머인 timeSetEvent를 사용함. SetTimer보다 timeSetEvent가 더 정밀하게 동작.

(1) 타이머

- 계측 시작 시 타이머가 동작하도록 타이머 시작 함수 호출.

uTimerID = ::timeSetEvent(uDelay, uResolution, lpTimeProc, dwUser, fuEvent);

- ① uTimerID : 타이머 함수 호출에 성공하면 타이머의 ID 값이 반환됨
 - ② uDelay : 이벤트 delay. 이벤트가 작동할 시간인데, 천분의 1초로 계산됨.
 - ③ uResolution : 타이머의 정밀도. 이 수가 작으면 작을 수록 타이머의 정밀도는 높아지지만 시스템의 부담은 커지게 됨.
 - ④ lpTimeProc : 콜백 함수 포인터
 - ⑤ dwUser : 타이머를 사용할 데이터의 포인터
 - ⑥ fuEvent : 타이머가 작동할 방식, 여기서는 매 uDelay 시간마다 작동하는 TIME_PERIODIC 사용
 - 프로그램 종료시 타이머 동작 중지 함수 호출.
- timeKillEvent(uTimerID)

(2) 콜백 함수

- 타이머의 lpTimeProc 인자 부분에 등록할 함수

```
void CALLBACK VideoDisplayProc() {
    // 영상을 화면에 출력하는 동작을 하는 함수
    DrawVideoImage();
}
```

(3) 영상 출력 함수

- 재생 속도 조절 및 프레임 이동, 재생 스크롤바 등의 비디오 플레이어의 기본적인 기능을 사용할 수 있도록 고려해야 함.

```
bool DrawVideoImage() {
    if(플레이 속도체크 변수 == 플레이속도) {
        //플레이 속도체크 변수 초기화
        if(영상 플레이 변수 == PLAY 상태) {
            // 해당 프레임의 영상을 가져와서 화면에 출력 }
        else {
            // 정지된 영상 화면에 출력 또는 스크롤 이동 시 영상 출력 }
    }
    else { 플레이속도체크 변수 값 증가 }
}
```

차. 화면에 데이터 출력

(1) 영상 데이터 가져오기

```
GetVideoFrameBmpInfo(pBitMap)           // 비트맵 정보 가져오기
GetVideoFrameDataCurrent(pImageBuf)     // 실시간 재생용
GetVideoFrameData(frameIdx, pImageBuf)  // 리플레이용
```

(2) 영상 데이터 확인

```
if(pBitMap)      // 비트맵 정보 체크
if(pImageBuf)   // 이미지를 제대로 가져왔는지 체크
```

(3) 영상 데이터 분리

영상을 저장할 때 두 영상을 하나로 모아서 저장하기 때문에 화면에 출력할 때 별도의 영상처리를 하기 위해서 다시 분리하는 작업이 필요함.

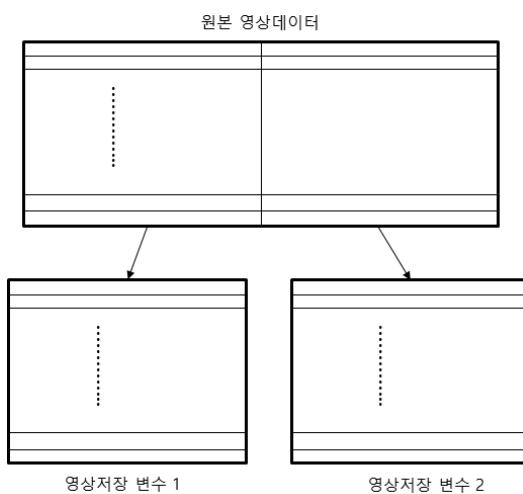
```
nWidthLength=pBitMap->bmiHeader.biWidth*3/2;
// 한 카메라 영상의 가로 사이즈 * 이미지 깊이 정보
```

```

g_FrontVideoM // 카메라1의 영상을 복사할 변수
g_SideVideoM // 카메라2의 영상을 복사할 변수

for(int i=0 i<이미지의 세로 사이즈; i++) {
    nSorc1=(i*2)*nWidthLength; // 원본에서 복사해올 카메라1 영상의 위치
    nSorc2=(i*2+1)*nWidthLength; // 원본에서 복사해올 카메라2 영상의 위치
    nDest1=i*nWidthLength; // 카메라1 영상을 복사할 위치
    nDest2=i*nWidthLength; // 카메라2 영상을 복사할 위치
    영상복사(&g_FrontVideoM[nDestF], &pImageBuf[nSorcF],nWidthLength);
    영상복사(&g_SideVideoM[nDestR], &pImageBuf[nSorcR],nWidthLength);
}

```



<그림 3-49> 영상 데이터 분리

(4) 영상 처리

좌우 화면 전환 및 프레임 정보, 그리기 정보(선, 원, 각도 등) 등의 영상 처리를 수행.

(5) 영상 출력 // 비트맵을 원하는 크기로 확대 축소 하여 출력하는 함수 사용

```

::StretchDIBits(hDC,
destsx, // Destination x
destsy, // Destination y
destdx, // Destination width
destdy, // Destination height
soursx, // Source x
soursy, // Source y
sourdx, // Source width

```

hDC ==> 그림을 그리게 될 DC
hDC의 시작 x 좌표
hDC의 시작 y 좌표
hDC의 가로 길이
hDC의 세로 길이
실제 그림의 x 시작좌표
실제 그림의 y 시작좌표
실제 그림의 가로 길이

sourdy, // Source height image_buff, // Pointer to bits p_BITMAPINFO, // BITMAPINFO DIB_RGB_COLORS, // Options SRCCOPY); // Raster operation code (ROP)	실제 그림의 세로 길이 이미지 포인트 비트맵 정보
---	-----------------------------------

카. 풍향풍속 데이터 처리

(1) 풍향풍속 DLG 변수 선언

```
CWindDlg*m_pwndWind[nMAX_WIND]; // 사용 개수만큼 배열로 선언
Gdiplus::Image* m_pBGImg; // 풍향 배경 이미지
Gdiplus::Image* m_pDirectionImg; // 풍향화살표이미지
float* m_lpfWindDir; // 풍향 데이터 배열
float* m_lpfWindSpd; // 풍속 데이터 배열
```

(2) 풍향풍속 배열 사이즈 할당

```
SAFE_NEWARRAY(m_lpfWindDir, float, MAX_FRAME_COUNT);
SAFE_NEWARRAY(m_lpfWindSpd, float, MAX_FRAME_COUNT);
```

(3) 풍향풍속 데이터 복사

```
GetWindData(타입, 슷번호, WIND_CH1, m_lpfWindDir, 프레임번호);
GetWindData(타입, 슷번호, WIND_CH2, m_lpfWindSpd, 프레임번호);
타입 : 현재 계측데이터, A파일, B파일
시 번호 : 총 시 데이터의 개수 중 몇 번째 데이터인지 전달
WIND_CH1 : 풍향 데이터 채널
WIND_CH2 : 풍속 데이터 채널
프레임번호 : 출력하기 위한 프레임 번호
```

(4) 풍향풍속 출력

```
// 해당 프레임에 해당하는 풍속값을 문자열로 변환하여 문자열로
풍속 출력 : DrawString(m_lpfWindDir[현재 프레임 번호]);
풍향 출력 : RectF rcDirectionImg; // 화살표 이미지 영역 설정
// 화살표 이미지를 그리기 영역의 원점으로 이동
TranslateTransform(WIND_DIRECTION_X, WIND_DIRECTION_Y);
// 해당 프레임의 방향값만큼 이미지 회전
RotateTransform(m_lpfWindDir[현재 프레임 번호]);
// 좌표이동 및 회전된 이미지를 출력
DrawImage(m_pDirectionImg, rcDirectionImg);
// 좌표이동 및 회전 각도 초기화
RotateTransform(-m_lpfWindDir[현재 프레임 번호]);
TranslateTransform(-WIND_DIRECTION_X, -WIND_DIRECTION_Y);
```

(5) 기타 표시 사항

- ① 풍향풍속 데이터가 없을 때 표시사항 - NoWind 표기 및 연결되지 않음을 표시
- ② 표시 화면의 사이즈로 총 6개의 풍향 풍속 데이터만 표시할 수 있도록 하고 별도의 버튼을 추가하여 풍향계의 번호를 바꿀 수 있도록 함.

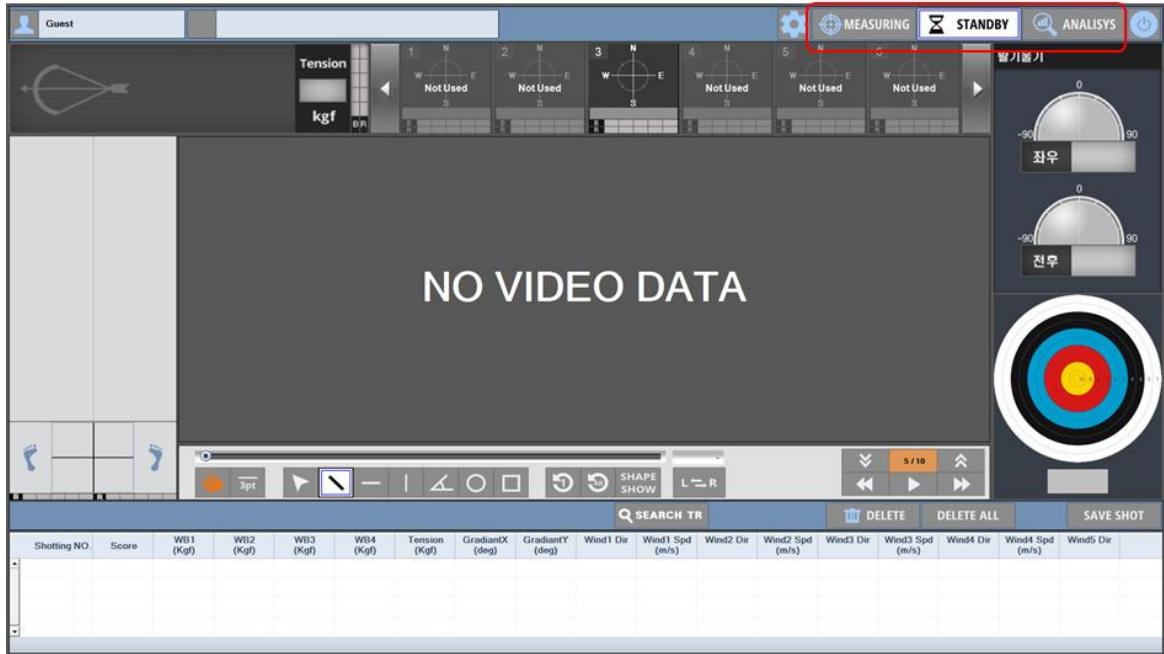
```

void OnBnClickedBtnPrevWind() or OnBnClickedBtnNextWind()
{
    if(m_nShowWindIndex <= 0)    return;
    // 첫 번째 표시되는 풍향풍속계의 번호 설정
    m_nShowWindIndex--;    or m_nShowWindIndex++;
    for(int i = 0 i <nMAX_WIND i++)
    {
        // 첫 번째 풍향풍속 번호 ~ 6개의 풍향풍속 표시
        if(i >= m_nShowWindIndex && i <= 5+m_nShowWindIndex)
        {
            m_pwndWind[i]->ShowWindow(SW_SHOW); // 표시
            m_pwndWind[i]->MoveWindow(출력 좌표 설정);
        }
        // 나머지의 풍향풍속은 표시 하지 않음
        else
        {
            this->m_pwndWind[i]->ShowWindow(SW_HIDE); // 숨김
        }
    }
}

```

7. 동작분석 소프트웨어 GUI 및 기능

(1) 시작화면



<그림 3-50> 분석소프트웨어 시작화면

● 모드선택

① MEASURING : 실시간 측정모드

- 장력, 체중, 기울기 등 센서로부터 데이터를 수신하여 영상 두채널을 동시에 실시간으로 그래프로 표시

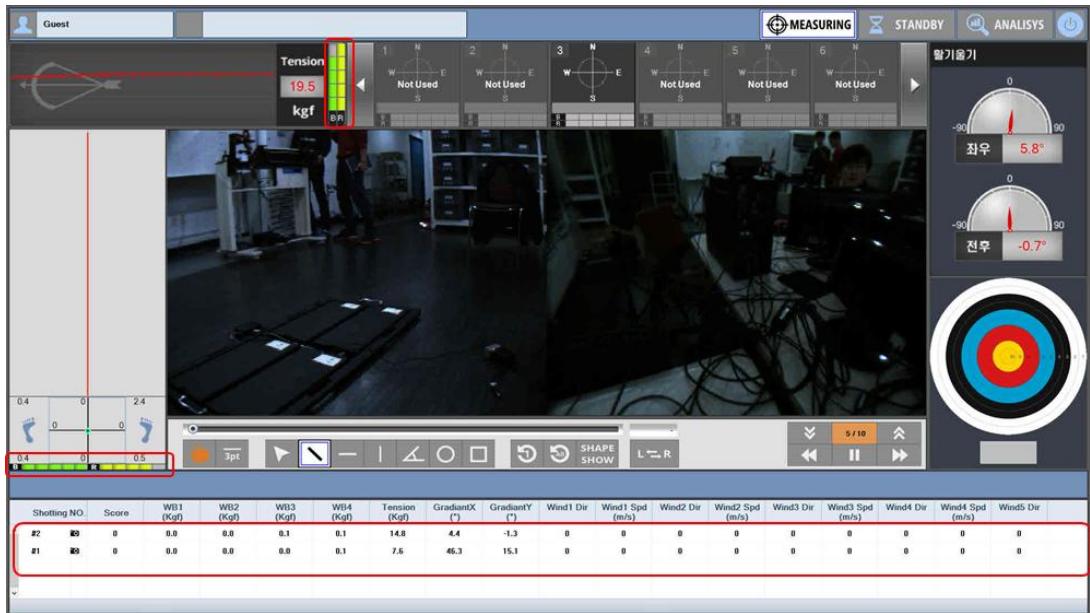
② STANDBY : 대기모드

- 프로그램 실행 시 기본이 되는 모드
- 대기모드에서 측정모드나 분석모드로 변경할 수 있음
- 센서로부터 상태데이터를 수신하여 배터리와 신호세기 표시
- 측정모드에서 대기모드를 선택하면 모든 센서 중지시키고 현재까지 저장된 데이터를 분석할 수 있음. 나중에 파일로 불러와서 분석하기 위해서 저장할 수 있다. 이때 슈팅한 점수를 기록하여 같이 저장함

③ ANALYSYS : 분석모드

- 현재 측정된 데이터나 저장된 파일을 불러와서 분석 가능함
- 2개의 파일을 불러와서 2명의 데이터를 비교 분석 할 수 있음

(2) 계측모드



<그림 3-51> 계측모드 화면

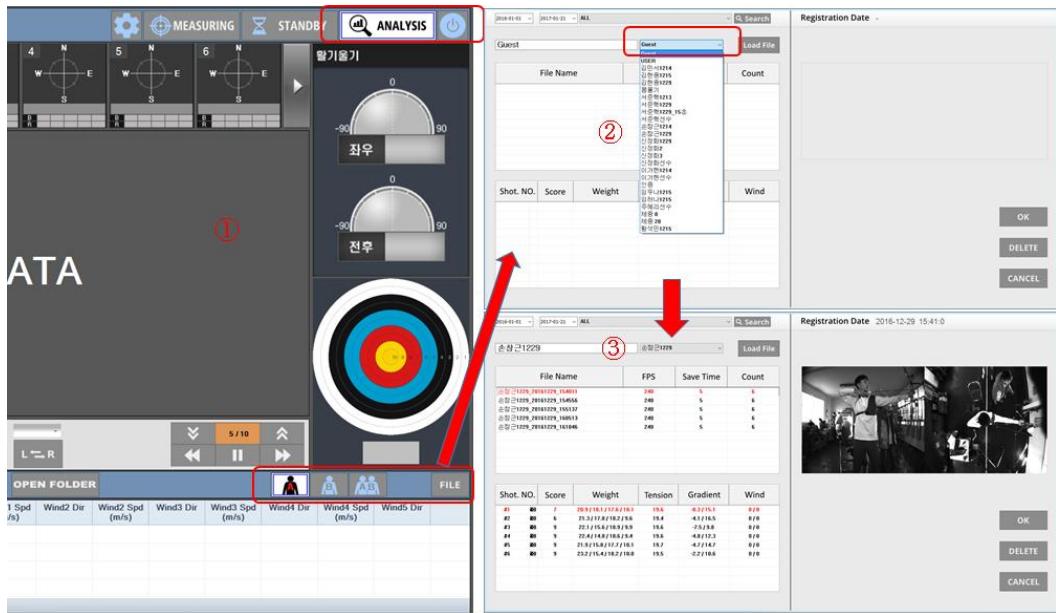
- ① 계측모드에서는 현재의 장력, 체중, 기울기, 풍향/풍속 2개의 영상을 동시에 표시함
- ② 장력기울기센서와 체중센서의 B(배터리 잔량)와 R(무선수신 감도)을 5단계로 표시
- ③ 슈팅이 감지되면 순차적으로 메모리에 기록 후 새로운 계측이 시작된다.
- ④ 슈팅 감지 후, 일정시간 이후 데이터를 저장
 - 설정에서 저장시간이 10초라면 슈팅전 6초 슈팅후 4초, 5초라면 슈팅전 3초 슈팅 후 2초를 저장하고 다시 계측 시작됨
- ⑤ 기록된 데이터를 분석하기 위하여 대기모드나 분석모드로 변경한다.

(3) 분석모드 - 파일 선택

분석모드에서 비교대상을 선택한다. 만약에 현재 계측한 데이터가 있다면 A로 선택된다.

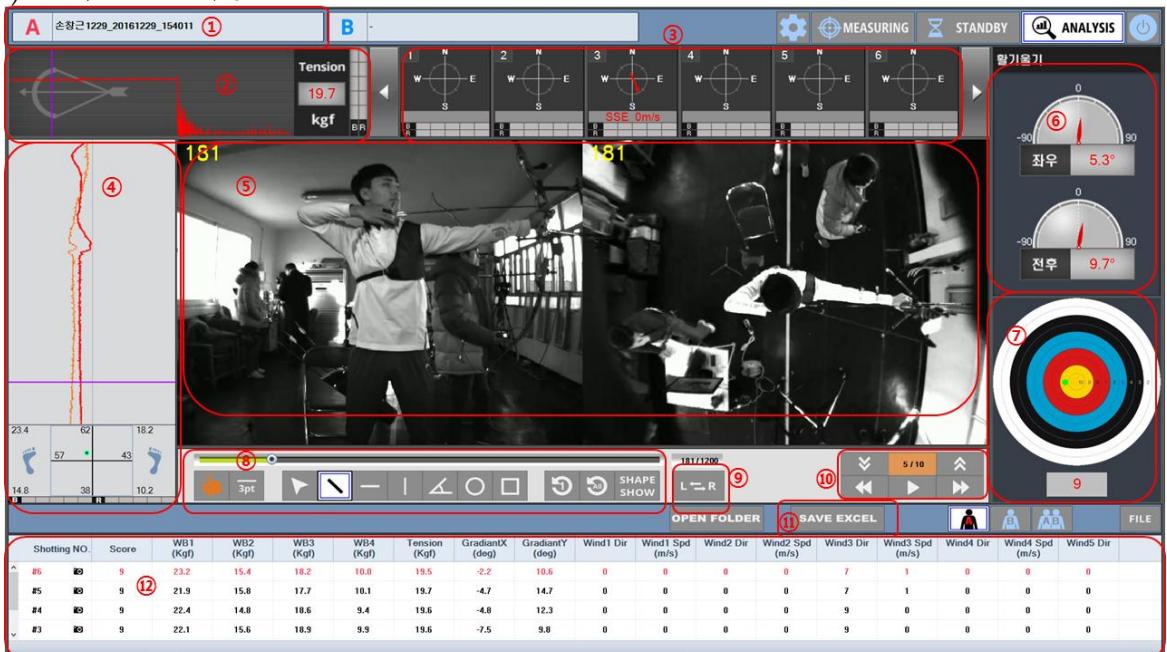
- A 첫 번째 대상, B는 두 번째 대상을 선택한다

- ① FILE을 선택하면 불러오기 윈도우가 뜨며 저장된 선수를 불러올수 있음
- ② 선수를 선택하면 그 선수가 여러 번 슈팅하여 저장한 기록을 불러온다.



<그림 3-52> 분석모드에서 파일 선택

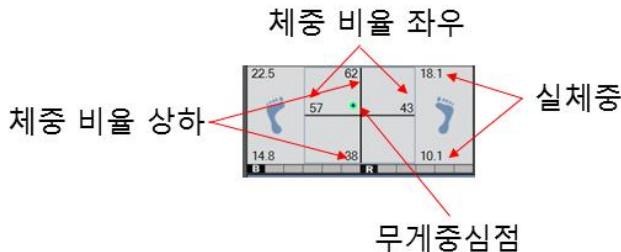
(4) 분석모드 - 기능



<그림 3-53> 분석모드 기능

- ① 선택된 선수 이름 표시

- ② 장력표시
 - ③ 풍향/풍속 표시
 - ④ 체중 표시
 - 빨간색 선은 좌/우 그래프
 - 주황색 선은 상/하 그래프(좌측이 상, 우측이 하)



<그림 3-54> 체중 UI 설명

- ⑤ 영상 2채널 : 전면/윗면
 - ⑥ 기울기 표시 : 전후/ 좌우
 - ⑦ 실제 슈팅 후 기록한 점수(계측모드에서 대기모드로 변경 후 기록)
 - ⑧ 영상 프레임조절/ 그리기 도구
 - ⑨ 영상의 좌/우 화면을 변경
 - ⑩ 좌/우를 선택하면 프레임을 이동하고 상하를 조절하면 프레임속도 조절
 - ⑪ 현재 선수의 데이터를 엑셀로 저장한다.

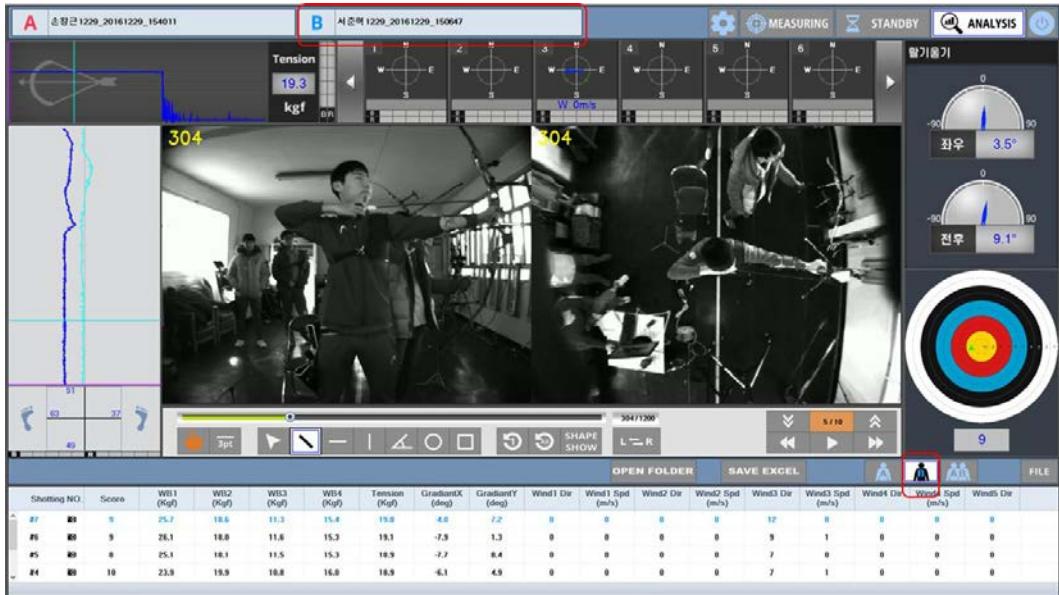
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	[FileName]	C:\Users\#pyun\Desktop\XArchery\Data\서준현1229\Shot\서준현1229_20161229_150043_1.xlsx												
2														
3	[Shooting Info]													
4	SaveTime	FrameRate	TotalFrame	Score	WB1	WB2	WB3	WB4	Tension	GradientX	GradientY	Wind3 Dir	Wind3 Spd	
5	5	240	1200	9	27.8	15.78	13.44	12.45	18.83	-6	7.97	10	0	
6														
7	NO	WB1	WB2	WB3	WB4	Tension	GradientX	GradientY	Wind3 Dir	Wind3 Spd				
8	Unit	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	°	°	16(0~15)	m/s				
9	1	27.75	16.49	13.23	12.04	19.36	3.41	8.31	SW (10)	1				
10	2	27.51	16.34	13.08	11.85	19.35	3.32	8.66	SW (10)	1				
11	3	28.93	16.37	13.27	12.14	19.35	3.43	8.92	SW (10)	1				
12	4	28.02	16.52	13.34	12.18	19.36	3.34	9.02	SW (10)	1				
13	5	27.72	16.49	13.27	12.1	19.36	2.98	9.21	SW (10)	1				
14	6	27.46	16.32	13.09	11.9	19.36	2.81	9.15	SW (10)	1				
15	7	27.51	16.36	13.13	11.99	19.36	2.66	9.19	SW (10)	1				
16	8	27.72	16.52	13.32	12.22	19.29	2.27	8.75	SW (10)	1				
17	9	27.69	16.49	13.25	12.14	19.37	2.52	8.92	SW (10)	0				
18	10	27.43	16.31	13.06	11.94	19.36	2.14	8.51	SW (10)	0				
19	11	28.61	16.38	13.2	12.15	19.37	1.97	8.62	SW (10)	0				
20	12	28.22	16.52	13.27	12.2	19.37	2.12	8.31	SW (10)	0				
21	13	27.69	16.49	13.17	12.14	19.36	2.25	8.16	SW (10)	0				

⑫ 한 선수에게 한번에 저장된 여러개의 슈팅 데이터 <그림 3-55> 엑셀로 저장한 결과

슈팅은 장력값이 급속하게 감소할 때 자동적으로 판별하게 되면 슈팅전 2번째 프레임의 데이터를 대표값으로 표시

(5) 분석모드 - 비교 :

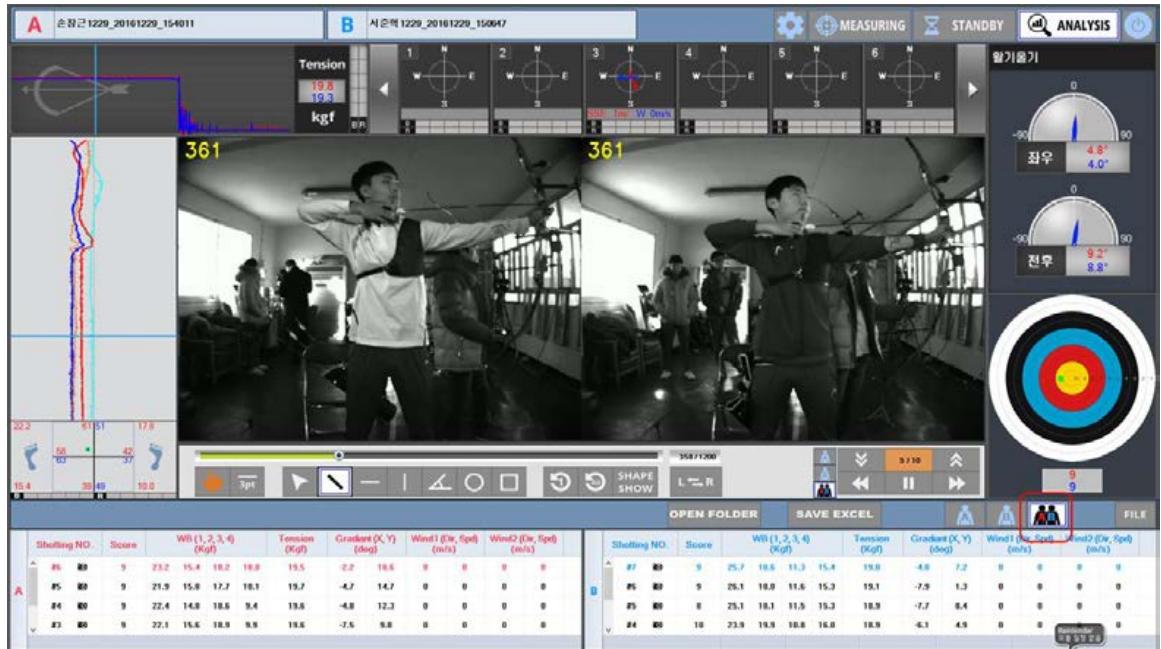
- ① 하단의 비교대상 B를 선택 후 저장 파일 선택



<그림 3-56> 분석모드-비교파일 선택

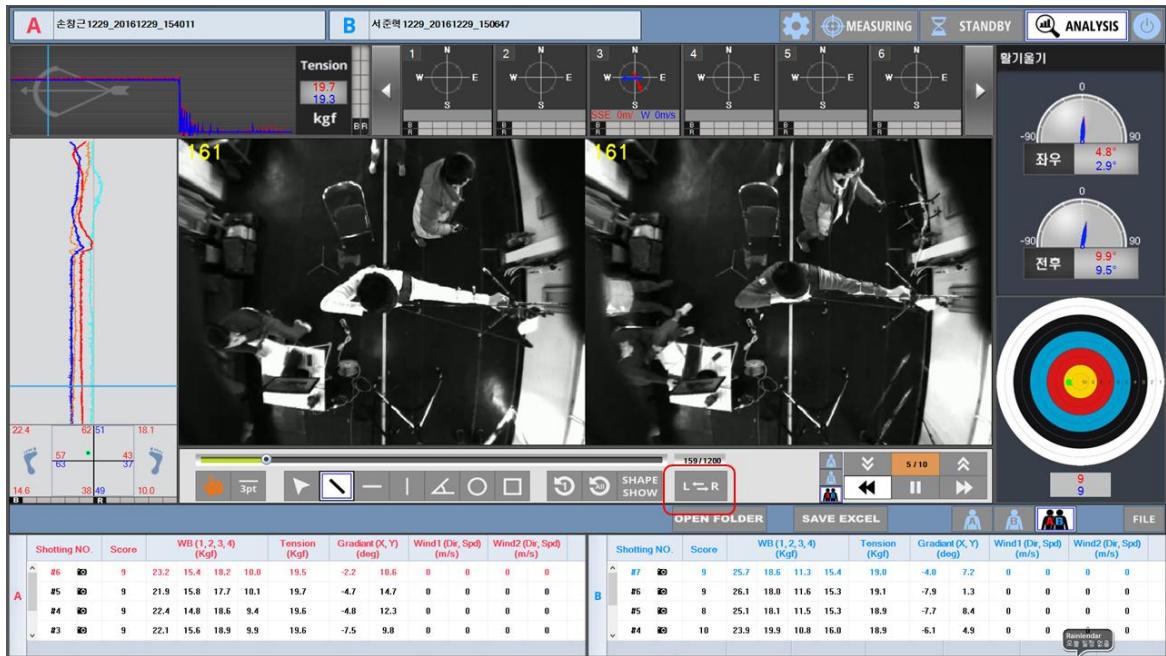
- ② 하단의 동시비교 AB를 선택하면 두선수의 정면영상과 데이터를 동시에 표시

- 빨간색/주황색이 A, 파란색/하늘색이 B 선수 표시
- 점수는 A는 동그라미, B는 세모로 표시



<그림 3-57> 분석모드 - 비교기능

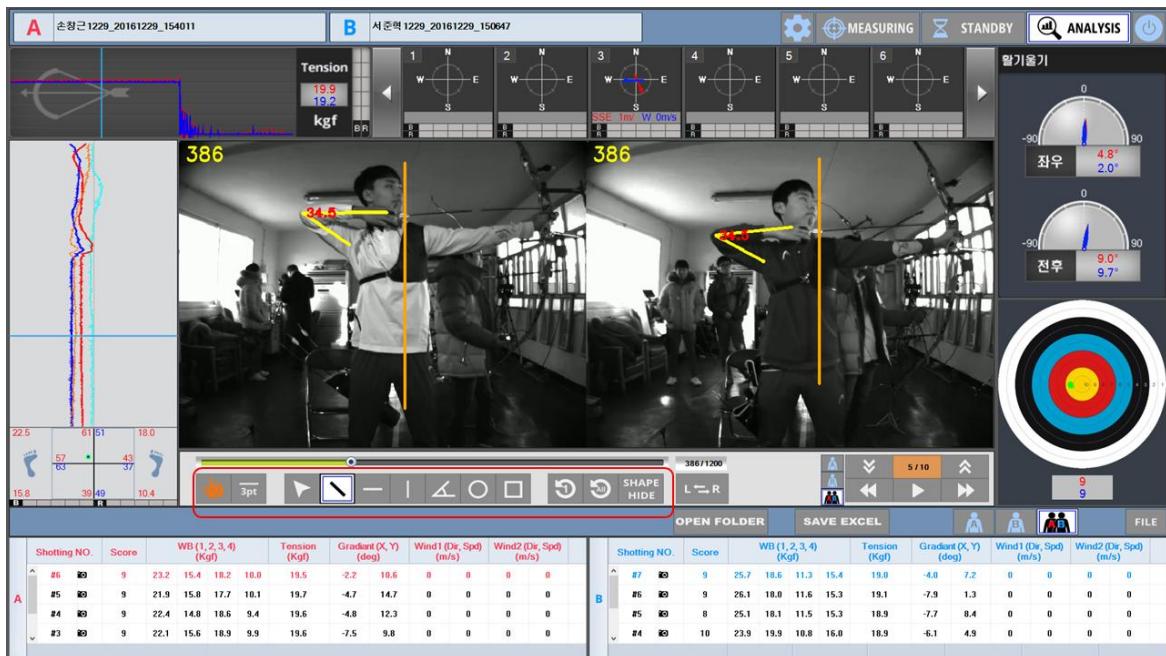
③ L<->R 변경을 선택하면 윗면 영상과 데이터로 변경



<그림 3-58> 분석모드-다른영상으로 바꾸기

- 그리기 도구를 활용한 예

하단의 그리기도구를 사용하여 선택, 사선, 가로선, 세로선, 각도, 동그라미, 네모의 모양을 선택할 수 있고 색과 두께를 선택할 수 있음



<그림 3-59> 그리기도구 활용

8. 양궁동작 분석시스템 적용 테스트

● 위탁연구/충남대학교

가. 목표

- 개발된 소프트웨어의 Test 및 교육용 소프트웨어의 원활한 움직임과 스포츠분야 적용방향, 양궁 동작분석 시스템 적용의 편리성 검증 실시

나. 양궁 분석 시스템 개발 사전 요구 사항 조사

- (1) 조사내용: 양궁 분석기 개발에 관한 포괄적 조사

(2) 조사대상

① 목원대학교 양궁부

② 대전체육중고등학교 양궁부

- (3) 조사일시 : 2016.4.1.~2016.11.30

- (4) 조사방법 : 방문 조사



(5) 조사내용

- ① 관찰조사: 훈련내용과 시간, 방식, 사용장비 등을 관찰 조사함
- ② 면접조사: 훈련 중 선수들에게 훈련 시 요구되는 장비의 개선사항이나 개발이 필요 한 장비, 밸런스나 풍향과 관계되어 경기 중 어려운 점 등을 인터뷰함

(6) 조사결과

- ① 관찰조사결과: 선수들은 양궁장비로 WIN&WIN 활을 많이 사용하고 있어, 실험장

비 부착을 위해 WIN&WIN 활률 구매하여 부착 가능성을 연구해야 됨을 발견함, 선수들의 훈련일정에 맞추어 측정 계획을 수립해야 됨을 상의함

- ② 면접조사결과: 선수들은 경기시 훈련상황과 다른 환경적 차이가 경기결과에 민감하게 영향을 미친다고 응답하였고, 양궁 훈련시의 환경과 경기기록의 관리, 경기력 향상을 위한 특별한 측정 장비가 없기 때문에 훈련과 경험에 의해서만 경기 결과를 예측한다고 얘기함.

다. 양궁 분석 컨텐츠 요구 사항

- ① 선수별, 요일별, 시간별로 기록을 쉽게 확인할 수 있도록 설계되어야 함
- ② 선수별 기록과 기록에 영향을 미친 요인들이 알아보기 쉽게 제기되어야 함
- ③ 장력, 기울기, 밸런스, 풍속의 영향이 보기 쉽게 제시되어야 함
- ④ 컨텐츠 활용을 쉽게 하기 위해선 한글 표기가 필요함
- ⑤ 풍향계가 여러개 표기되어 있으나, 1~3개 정도만 활용하는 것이 좋겠음
- ⑥ 측정값과 동기화가 오차 없이 진행되어야 함
- ⑦ 측정된 화면의 활용도를 극대화시키기 위해 신체 분절각 측정이 보다 세밀하게 결과로 보여질 수 있어야 함

라. 양궁 동작 분석 소프트웨어 테스팅

- 장비의 완성도를 높이고 포지셔닝 하기 위한 장비 테스팅 진행(2016.11.1.-11.30)

(1) 양궁 동작 분석 Test를 위한 장비 설치

- ① 양궁분석기 장비 Test를 위해 대전체육고등학교 양궁장에 측정 장비 설치함
- ② 설치는 Test용 활에 장력센서와 기울기센서를 장착
- ③ 체중이동에 따른 밸런스 측정을 위한 X-Balance를 설치한 후, 고성능(240프레임) 카메라 2(위, 앞)대를 피실험자 앞쪽에 설치하였음
- ④ 풍향/풍속 센서는 35m 앞에 설치함
- ⑤ 모든 측정장비를 포지셔닝 한 후 SMAS(Sport Motion Analysis System)을 통해 각각의 센서모듈을동기화시킴

마. 양궁 동작 분석 시스템 사용 개선 사항 조사

(1) 조사내용: 개발된 양궁 동작 분석 시스템 개선 사항 조사

(2) 조사대상 : 대전체육중고등학교 양궁부

- ① 관찰조사: 양궁 동작 분석 시스템 Test 현장에서 선수와 지도자의 반응 관찰 및 의 훈련상황을 녹화함
- ② 면접조사: 면접조사: Test에 참가한 선수 9명과 지도자 3명에게 장비사용시 불편한

점과 개선점을 조사함

(3) 조사일시 : 2016.11.1.~2016.11.30

(4) 조사결과

① 휴대편리 : 장비의 운반이나 관리가 편리하도록 개발되어야 함

- 현재 개발된 장비는 X-Balance(체육이동데이터 전송장치), 풍향풍속계, Digital Camera, 기울기/장력 센서, 동기검증모듈, SMAS(Sports Motion Analysis System, 데이터 취득 및 동기화 장비), 데스크탑, 모니터(240프레임 이상) 등과 이것을 고정하는 고정장치 등 장비의 구성요소가 많고 대형화되어 있어, 장비의 운반이나 설치가 어렵고, 설치 후 보관이 용이하지 않으므로 앞으로 장비가 단순화·경량화, 소형화 되어야 함.

② 기울기/장력 센서의 부착 편리성 : 코치 및 지도자가 장비에 탈부착하기 편리해야 됨.

- 현재 개발된 장비 중 장력 센서는 로우 림 라이저 부착 볼트에, 기울기 센서는 그립과 로우 림 결합부 사이에 부착을 하는데 양궁의 특성상 선수마다 자신의 활을 사용해야 하고, 활을 바꿀 경우 장력이 달라져 장력을 다시 맞추어야 하는 문제가 발생됨. 예민한 양궁(활)의 특성상 여러명의 선수가 이용할 경우 번거롭고 어려운 문제들이 발생됨. 또한 계측기의 장력은 파운드로 맞추어져 있는 반면, 양궁 활은 Kg으로 맞추어져 있어 매번 파운드와 Kg을 맞추어야 하는 불편사항이 발생되어 개선이 요구됨.

③ 무게: 센서 장비는 측정시 최대한 실제 시합과 같은 조건이어야 함으로 가벼워야 됨, 양궁은 무게에 매우 예민한 운동인데, 센서 부착을 위해 볼트(알루미늄 13g 스테인레스 39g)를 추가해야 돼서 무게가 영향을 미칠 우려가 있음, 또한 장력센서를 전송하기 위한 무선송신기를 누군가가 들고 있어야 하는 불편한 점이 발견되어 이의 개선이 요구됨.

④ 측정 결과 확인 편리: 측정 결과가 코치하게 쉽게 보여져야 됨, 노트북 모니터 또는 핸드폰 앱을 통해 코치가 현재 선수의 문제점들을 쉽게 찾아내어 지도에 활용할 수 있도록 정보가 제공되어야 하나 아직 연구의 초기 단계여서 영상 data 전송 용량의 문제로 인하여 모니터 사양이 1920×1080 사이즈 이상이어야 하고, 노트북의 경우 연결 잭이 맞는 제품이 없어 연결이 불가능했음. 추후 연구에서는 이를 개선할 수 있는 제품개발이 필요함.

⑤ 장비부착 부착용 최소화: 장비 부착이 선수들의 훈련 및 경기력에 미치는 영향을 최소화해야 됨, 장비부착으로 인한 심리적 불안이 형성되면 안됨(장비의 색감이나 크기도 중요함), 선수와 코치 모두 양궁이 심리적으로 예민한 운동임을 강조했고, 장비 부착시 실제 상황과 아주 흡사할 정도로 장비부착이 경기력에 영향을 미치지 않아야 됨을 강조함.

- ⑥ 피험자의 영상을 촬영한 모니터가 너무 어두워서 조명을 설치하였으나 조명이 정면에서 비추어서 경기에 불편함을 느끼게 됨

바. 양궁 동작 분석 소프트웨어를 활용한 분석

양궁 동작 분석 소프트웨어 Test를 위하여 9명의 피험자를 대상으로 측정을 실시하고 분석소프트웨어에서 개개인의 데이터를 엑셀로 받아서 통계처리 한 결과는 다음과 같음



(1) 측정대상

대전체육중고등학교 양궁선수 25명 중 경기력이 좋은 상위 선수 10명을 표집함. 총 10명의 선수들이 실험에 참여하였으나 1명이 중도에 실험을 포기하여 9명의 기록만 분석에 사용함

	이름	나이	학년	성별	경력	최근 최고 수상 경력
1	김민서(대전체고)	17	고1	여	6년	제34회 대통령기 전국남녀양궁대회 1위 (2016.7.14.)
2	김현종(대전체고)	17	고1	여	6년	문화체육관광부장관기전국시도대항양궁대회 3위 (2015.7.31.)
3	서준혁(대전체고)	17	고2	남	7년	화랑기 제37회전국시도대항양궁대회 1위(2016.8.20.)
4	손창근(대전체고)	18	고2	남	7년	화랑기 제35회전국시도대항양궁대회 1위(2014.8.10.)
5	신정화(목 원 대)	21	대2	여	9년	제34회 대통령기 전국남녀양궁대회 1위(2016.7.14.)
6	이가현(대전체고)	17	고1	여	6년	제34회 대통령기 전국남녀양궁대회 1위(2016.7.14.)
7	임두나(대전체중)	16	중3	여	5년	문화체육관광부장관기전국시도대항양궁대회 2위 (2016.7.31.)
8	임하나(대전체중)	16	중3	여	5년	문화체육관광부장관기전국시도대항양궁대회 2위 (2016.7.31.)
9	황석민(대전체고)	17	고1	남	6년	문화체육관광부장관기전국시도대항양궁대회 1위 (2015.7.31.)

<표 3-22> 측정대상 약력

(2) 측정방법

- ① 측정대상을 무순위로 시합상황과 똑같이 70m 표적의 6발의 화살을 6회 발사함
- ② 발사시 연구보조원1이 과녁판의 점수를 망원경으로 확인한 후 방향과 점수를 불러줌
- ③ 연구보조원2는 실험자가 6발을 모두 쏜 후 data를 불러와서 과녁판의 점수를 입력함
- ④ 위와 같은 방법으로 1인이 6회를 실시하며, 총 10명의 실험자가 실험에 응함
- ⑤ 측정 변인은 WB1(왼발앞), WB2(왼발뒤), WB3(오른발앞), WB4(오른발뒤), Tension (장력), GradianX(기울기좌우), GradianY(기울기전후), Wind3Dir(풍향), Wind3Spd (풍속)의 9가지를 선정함.

(3) 통계처리

양궁 분석 소프트웨어 테스트를 위해 측정된 data를 프로그램을 IBM SPSS Statistics v22.0 사용하여 분석함. 구체적인 자료처리는 다음과 같음.

- ① 피험자들의 특징을 파악하기 위해 빈도분석(frequency analysis)을 실시함.
- ② 피험자의 측정 요인간 상관관계를 파악하고자 상관분석을 실시함.
- ③ 회귀분석을 실시함.

(4) 결과분석

① 전체 피험자의 변인간 상관분석

전체 피험자의 측정 변인간 상관관계 분석은 아래 <표 2-1>과 같음

<표 3-23> 전체 피험자의 상관분석

	Score	WB1	WB2	WB3	WB4	Tension	GradientX	GradientY	Wind3Dir	Wind3Spd
Score	1									
WB1	0.163**	1								
WB2	0.122*	-0.300***	1							
WB3	-0.154**	0.267***	-0.322***	1						
WB4	0.167**	0.029	0.663***	-0.652***	1					
Tension	-0.366***	-0.144**	-0.256***	-0.032	-0.178***	1				
GradientX	0.028	-0.019	-0.016	0.120*	0.012	0.148**	1			
GradientY	-0.047	-0.041	-0.074	0.388***	-0.265***	0.218***	0.815***	1		
Wind3Dir	0.055	-0.031	0.033	-0.228***	0.053	0.029	-0.070	-0.123*	1	
Wind3Spd	-0.184***	-0.239***	-0.059	-0.010	-0.097	-0.055	-0.204***	-0.237***	-0.022	1

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-23>의 상관분석 결과를 보면, WB1($r = 0.163, p < 0.01$), WB2($r = 0.122, p < 0.05$), WB4($r = 0.167, p < 0.01$)는 양궁 점수(score)와 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 있고, WB3($r = -0.154, p < 0.01$), Tension($r = -0.366, p < 0.001$), Wind3Spd($r = -0.184, p < 0.001$)는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났음. 하지만 GradientX, GradientY, Wind3Dir는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 상관관계는 없는 것으로 나타났음.

이러한 결과는 실험에 참여한 선수들은 원발앞, 원발뒤, 오른발뒤의 벨런스와 양의 상관이 있는 것으로 나타났고, 오른발앞, 장력, 풍속은 음의 상관관계가 있는 것으로 나타남. 그러나 기울기좌우, 기울기전후, 풍향에서는 상관이 없는 것으로 나타남.

① 전체 피험자의 회귀분석

<표 3-24> 전체 피험자의 회귀분석

	비표준 계수		표준 계수 베타	t	유의확률	공선성 통계	
	B	표준 오차				허용 오차	VIF
(상수)	12.747	0.657		19.400	0.000		
Tension	-0.204	0.026	-0.364	-7.950	0.000	0.971	1.030
Wind3Spd	-0.324	0.086	-0.177	-3.780	0.000	0.932	1.073
WB3	-0.080	0.019	-0.200	-4.262	0.000	0.925	1.081
WB1	0.038	0.015	0.122	2.493	0.013	0.851	1.175

$$F = 26.555^{***}, R^2 = 0.216, R_{adj}^2 = 0.208$$

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-24>의 변수선택을 단계선택으로 한 회귀분석의 결과를 보면, Tension, Wind3Spd, WB3, WB1만이 양궁 점수에 통계적으로 유의한 영향을 주는 것으로 나타남.

Tension은 다른 독립변수들이 고정되었을 때에 Tension의 기본단위가 1 증가하면 양궁 점수는 약 0.204점 감소하고, Wind3Spd는 다른 독립변수들이 고정되어 있을 때에 Wind3Spd의 기본단위가 1 증가하면 양궁 점수는 약 0.324점 감소하고, WB3는 다른 독립변수들이 고정되어 있을 때에 WB3의 기본단위가 1 증가하면 양궁 점수는 약 0.080점 감소하고, WB1은 다른 독립변수들이 고정되어 있을 때에 WB1의 기본단위가 1 증가하면 양궁 점수는 약 0.038점 감소하는 것으로 나타남.

독립변수의 영향력 크기는 Tension($\beta = -0.364$) > WB3($\beta = -0.200$) > Wind3Spd ($\beta = -0.177$) > WB1($\beta = 0.122$) 순서로 나타났고, 4개의 독립변수들의 양궁 점수에 대한 설명력은 약 20.8%($R_{adj}^2 = 0.208$)임.

이러한 결과는 장력, 풍속, 양발 앞꿈치(WB1, WB3)가 양궁 점수 기록에 영향을 주는 요인이라는 것을 밝히는 것임. 따라서 장력이 1 증가하면 양궁 점수는 0.214점 감소하였고, 풍속이 1 증가하면 양궁점수가 0.324점 감소하였으며, 오른발앞꿈치 벨런스가 1 증가하면 양궁점수는 0.080점 점수가 감소하였고, 왼발앞꿈치 벨런스가 1 증가하면 양궁점수는 0.038점 감소하는 것을 밝혀줌.

이러한 결과를 통해 양궁선수들에게 벨런스 훈련이 매우 중요하며, 장력이 증가하

는 것이 기록에 좋은 영향을 미치지 못하고, 풍속이 증가할수록 기록이 나빠지는 결과를 예측하여 이에 맞는 훈련프로그램 개발이 이루어져야 됨을 제시함.

② 김민서 선수의 양궁 분석 결과

<표 3-25> 김민서의 상관분석

	Score	WB1	WB2	WB3	WB4	Tension	GradientX	GradientY	Wind3Dir	Wind3Spd
Score	1.000									
WB1	-0.248	1.000								
WB2	0.333	-0.801***	1.000							
WB3	-0.450*	0.608**	-0.782***	1.000						
WB4	0.168	-0.608**	0.597**	-0.805***	1.000					
Tension	-0.019	-0.375	-0.009	-0.128	0.217	1.000				
Gradient X	0.151	-0.373	-0.046	0.012	0.072	0.887***	1.000			
Gradient Y	0.048	-0.329	0.157	0.109	-0.015	0.290	0.512*	1.000		
Wind3Dir	-0.070	0.253	-0.264	0.034	0.052	0.065	-0.173	-0.303	1.000	
Wind3Spd	-0.602**	0.174	-0.240	0.152	0.133	0.129	-0.032	-0.138	-0.029	1.000

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-25>의 김민서 선수에 대한 상관분석 결과를 보면, WB3($r = -0.450, p < 0.05$), Wind3Spd($r = -0.602, p < 0.01$)는 양궁 점수(score)와 통계적으로 유의한 음의 상관관계가 있는 것으로 나타남. 하지만 WB1, WB2, WB4, Tension, GradientX, GradientY, Wind3Dir는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 상관관계는 없는 것으로 나타남.

<표 3-26> 김민서의 회귀분석

	비표준 계수		t	유의확률	공선성 통계	
	B	표준 오차			허용 오차	VIF
(상수)	9.438	0.131		72.077	0.000	
Wind3Spd	-0.937	0.293	-0.602	-3.202	0.005	1.000

$$F = 10.253^{**}, R^2 = 0.363, R_{adj}^2 = 0.328$$

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-26>의 김민서 선수에 대한 회귀분석 결과를 보면, Wind3Spd만이 양궁 점수에 통계적으로 유의한 영향을 주고 있으며, Wind3Spd의 기본단위가 1 증가하면 양궁 점수는 약 0.937점 감소한다. 참고로 Wind3Spd의 설명력은 약 36.3%($R^2 = 0.363$)임.

[해설] 김민서 선수는 오른발앞과 풍속이 경기력에 영향을 미치는 것으로 나타남.
회귀분석에서는 풍속이 1 증가하면 양궁 점수가 0.937점 감소하였음.

② 김현종 선수의 양궁 분석 결과

<표 3-27> 김현종의 상관분석

	Score	WB1	WB2	WB3	WB4	Tension	GradientX	GradientY	Wind3Dir	Wind3Spd
Score	1.000									
WB1	-0.203	1.000								
WB2	0.112	-0.740***	1.000							
WB3	-0.199	0.615***	-0.491***	1.000						
WB4	-0.043	-0.541***	0.467***	-0.581***	1.000					
Tension	-0.290*	0.318*	-0.148	0.287*	-0.046	1.000				
GradientX	0.229	-0.101	0.130	-0.546***	0.050	0.138	1.000			
GradientY	0.301*	-0.177	0.156	-0.643***	0.047	-0.170	0.896***	1.000		
Wind3Dir	0.222	0.121	-0.029	0.131	-0.097	0.181	-0.011	-0.008	1.000	
Wind3Spd	-0.145	0.107	-0.091	0.611**	-0.097	0.312*	-0.558***	-0.732***	-0.040	1.000

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-27>의 김현종 선수에 대한 상관분석 결과를 보면, Tension($r = -0.290, p < 0.05$)는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 음의 상관관계가 있고, GradientY ($r = 0.301, p < 0.05$)는 양궁 점수(score)와 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 있는 것으로 나타남. 하지만 WB1, WB2, WB3, WB4, GradientX, Wind3Dir, Wind3Spd는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 상관관계는 없는 것으로 나타남.

<표 3-28> 김현종의 회귀분석

	비표준 계수		표준 계수	<i>t</i>	유의 확률	공선성 통계	
	B	표준 오차	베타			허용 오차	VIF
(상수)	8.649	0.265		32.583	0.000		
GradientY	0.010	0.004	0.301	2.400	0.020	1.000	1.000

$F = 5.759^*, R^2 = 0.090, R_{adj}^2 = 0.075$

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-28>의 김현종 선수에 대한 회귀분석 결과를 보면, GradientY만이 양궁 점수에 통계적으로 유의한 영향을 주고 있으며, GradientY의 기본단위가 1 증가하면 양궁 점수는 약 0.010점 증가함. 참고로 GradientY의 설명력은 약 9.0%($R^2 = 0.090$)임.

[해설] 김현종 선수는 장력이 강할수록 경기력이 낮게 나타나는 것으로 분석됨. 또한 기울기전후가 증가하면 양궁 점수가 약 0.010점 증가함.

③ 서준혁 선수의 양궁 분석 결과

<표 3-29> 서준혁의 상관분석

	Score	WB1	WB2	WB3	WB4	Tension	GradientX	GradientY	Wind3Dir	Wind3Spd
Score	1.000									
WB1	-0.080	1.000								
WB2	0.084	-0.913***	1.000							
WB3	-0.171	0.679***	-0.875**	1.000						
WB4	0.195	-0.704***	0.836**	-0.929***	1.000					
Tension	-0.283*	0.330**	-0.445***	0.557***	-0.522***	1.000				
GradientX	-0.175	0.048	-0.111	0.146	-0.120	0.744***	1.000			
GradientY	-0.234*	0.157	-0.209	0.258*	-0.236*	0.731***	0.885***	1.000		
Wind3Dir	-0.094	-0.400**	0.394***	-0.285*	0.246*	0.193	0.345**	0.298**	1.000	
Wind3Spd	-0.023	0.024	0.014	-0.103	0.020	0.106	0.016	-0.071	0.031	1.000

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-29>의 서준혁 선수에 대한 상관분석 결과를 보면, Tension($r = -0.283$, $p < 0.05$), GradientY($r = -0.234$, $p < 0.05$)는 양궁 점수(score)와 통계적으로 유의한 음의 상관관계가 있는 것으로 나타남. 하지만 WB1, WB2, WB3, WB4, GradientX, Wind3Dir, Wind3Spd는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 상관관계는 없는 것으로 나타남.

<표 3-30> 서준혁의 회귀분석

	비표준 계수		t	유의 확률	공선성 통계	
	B	표준 오차			허용 오차	VIF
(상수)	18.601	3.699		5.029	0.000	
Tension	-0.514	0.198	-0.283	-2.590	0.011	1.000

$$F = 6.709^*, R^2 = 0.080, R_{adj}^2 = 0.068$$

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-30>의 서준혁 선수에 대한 회귀분석 결과를 보면, Tension만이 양궁 점수에 통계적으로 유의한 영향을 주고 있으며, Tension의 기본단위가 1 증가하면 양궁 점수는 약 0.514점 감소한다. 참고로 Tension의 설명력은 약 8.0%($R^2 = 0.080$)임.

[해설] 서준혁 선수는 장력이 강할수록 경기력이 낮게 나타나는 것으로 분석됨. 또한 기울기전후가 증가하면 양궁 점수가 약 0.514점 감소하는 것으로 나타남.

④ 손창근 선수의 양궁 분석 결과

<표 3-31> 손창근의 상관분석

	Score	WB1	WB2	WB3	WB4	Tension	GradientX	GradientY	Wind3Dir	Wind3Spd
Score	1.000									
WB1	0.348**	1.000								
WB2	0.273*	0.260*	1.000							
WB3	-0.376*	-0.613***	-0.798***	1.000						
WB4	0.388**	0.629***	0.785***	-0.980***	1.000					
Tension	-0.086	-0.015	-0.283*	0.320**	-0.300*	1.000				
GradientX	-0.351*	-0.765***	-0.484***	0.703***	-0.717***	0.182	1.000			
GradientY	-0.377*	-0.779***	-0.513***	0.724***	-0.722***	0.365**	0.882***	1.000		
Wind3Dir	0.027	-0.026	0.310*	-0.047	0.031	0.114	0.066	0.045	1.000	
Wind3Spd	-0.294*	-0.367**	-0.417**	0.421**	-0.416**	0.059	0.412**	0.398**	-0.234	1.000

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-31>의 손창근 선수에 대한 상관분석 결과를 보면, WB1($r = 0.348, p < 0.01$), WB4($r = 0.388, p < 0.01$)는 양궁 점수(score)와 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 있고, WB3($r = -0.376, p < 0.01$), GradientX($r = -0.351, p < 0.01$), GradientY ($r = -0.377, p < 0.001$), Wind3Spd($r = -0.294, p < 0.05$)는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 음의 상관관계가 있는 것으로 나타남. 하지만 Tension, Wind3Dir는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 상관관계는 없는 것으로 나타남.

<표 3-32> 손창근의 회귀분석

	비표준 계수		표준 계수 베타	<i>t</i>	유의 확률	공선성 통계	
	B	표준 오차				허용 오차	VIF
(상수)	6.762	0.566		11.945	0.000		
WB4	0.135	0.041	0.388	3.317	0.002	1.000	1.000

$$F = 11.006^*, R^2 = 0.151, R_{adj}^2 = 0.137$$

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-32>의 손창근 선수에 대한 회귀분석 결과를 보면, WB4만이 양궁 점수에 통계적으로 유의한 영향을 주고 있으며, WB4의 기본단위가 1 증가하면 양궁 점수는 약 0.135점 증가한다. 참고로 WB4의 설명력은 약 15.1%($R^2 = 0.151$)임.

[해설] 손창근 선수는 WB1(왼발앞), WB4(오른발뒤)가 경기력에 영향을 주었고, WB3(오른발앞), GradianX(기울기좌우), GradianY(기울기전후)가 증가하면 양궁 점

수가 줄었음.

③ 신정화 선수의 양궁 분석 결과

<표 3-33> 신정화의 상관분석

	Score	WB1	WB2	WB3	WB4	Tension	GradientX	GradientY	Wind3Dir	Wind3Spd
Score	1.000									
WB1	-0.542*	1.000								
WB2	0.469*	-0.695**	1.000							
WB3	-0.178	0.183	-0.610**	1.000						
WB4	0.206	-0.177	0.582**	-0.937***	1.000					
Tension	-0.267	-0.053	-0.432	0.725***	-0.741***	1.000				
GradientX	0.110	-0.083	-0.161	0.499*	-0.504*	0.152	1.000			
GradientY	0.026	-0.226	-0.079	0.501*	-0.513*	0.308	0.918***	1.000		
Wind3Dir	-0.290	0.024	-0.485*	0.636**	-0.656**	0.796***	0.472*	0.562*	1.000	
Wind3Spd	-0.565*	-0.063	0.055	0.096	-0.104	0.341	0.068	0.231	0.302	1.000

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-33>의 신정화 선수에 대한 상관분석 결과를 보면, WB1($r = -0.542, p < 0.05$), Wind3Spd($r = -0.565, p < 0.05$)는 양궁 점수(score)와 통계적으로 유의한 음의 상관관계가 있고, WB2($r = 0.469, p < 0.05$)는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 있는 것으로 나타남. 하지만 WB3, WB4, Tension, GradientX, GradientY, Wind3Dir는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 상관관계는 없는 것으로 나타남.

<표 3-34> 신정화의 회귀분석

	비표준 계수		표준 계수 베타	t	유의확률	공선성 통계	
	B	표준 오차				허용 오차	VIF
(상수)	21.021	3.281		6.407	0.000		
Wind3Spd	-0.803	0.197	-0.601	-4.080	0.001	0.996	1.004
WB1	-0.565	0.144	-0.579	-3.929	0.001	0.996	1.004

$F = 15.096^{***}, R^2 = 0.654, R_{adj}^2 = 0.610$

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-34>의 신정화 선수에 대한 회귀분석 결과를 보면, Wind3Spd, WB1만이 양궁 점수에 통계적으로 유의한 영향을 주고 있으며, Wind3Spd는 WB1이 고정되어 있을 때에 Wind3Spd의 기본단위가 1 증가하면 양궁 점수는 약 0.803점 감소하고, WB1은 Wind3Spd가 고정되어 있을 때에 WB1의 기본단위가 1 증가하면 양궁 점수는 약 0.565점 감소임.

독립변수의 영향력 크기는 Wind3Spd($\beta = -0.601 > WB1(\beta = -0.579)$) 순서로 나타났고, 2개의 독립변수들의 양궁 점수에 대한 설명력은 약 61.0%($R_{adj}^2 = 0.610$)임.

[해설] 신정화 선수는 풍속과 WB1(원발앞)이 경기력에 영향을 주었고, 풍속이 1 증가하면 양궁 점수가 0.803점 줄었음

⑤ 이가현 선수의 양궁 분석 결과

<표 3-35> 이가현의 상관분석

	Score	WB1	WB2	WB3	WB4	Tension	GradientX	GradientY	Wind3Dir	Wind3Spd
Score	1.000									
WB1	-0.072	1.000								
WB2	0.085	-0.841***	1.000							
WB3	-0.103	0.171	-0.347*	1.000						
WB4	0.141	-0.215	0.200	-0.810***	1.000					
Tension	0.506**	-0.291	0.310	-0.017	0.036	1.000				
GradientX	0.069	-0.142	0.226	-0.253	0.114	0.200	1.000			
GradientY	0.259	-0.269	0.459**	-0.175	-0.042	0.575***	0.716***	1.000		
Wind3Dir	-0.053	-0.037	0.166	0.004	0.013	0.109	-0.116	-0.046	1.000	
Wind3Spd	0.157	0.140	0.002	0.105	-0.024	0.154	-0.062	0.002	0.625***	1.000

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-35>의 이가현 선수에 대한 상관분석 결과를 보면, Tension($r = 0.506$, $p < 0.01$)은 양궁 점수(score)와 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 있는 것으로 나타남. 하지만 WB1, WB2, WB3, WB4, GradientX, GradientY, Wind3Dir, Wind3Spd는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 상관관계는 없는 것으로 나타남.

<표 3-36> 이가현 회귀분석

	비표준 계수		표준 계수 베타	<i>t</i>	유의확률	공선성 통계	
	B	표준 오차				허용 오차	VIF
(상수)	-4.971	4.116		-1.208	0.235		
Tension	0.774	0.226	0.506	3.423	0.002	1.000	1.000

$$F = 11.714^{**}, R^2 = 0.256, R_{adj}^2 = 0.234$$

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-36>의 이가현 선수에 대한 회귀분석 결과를 보면, Tension만이 양궁 점수에 통계적으로 유의한 영향을 주고 있으며, Tension의 기본단위가 1 증가하면 양궁 점수는 약 0.774점 증가한다. 참고로 Tension의 설명력은 약 25.6%($R^2 = 0.256$)임.

[해설] 이가현 선수는 장력이 1 증가할 때 양궁 점수가 0.774점 증가함.

⑥ 황석민 선수의 양궁 분석 결과

<표 3-37> 황석민의 상관분석

	Score	WB1	WB2	WB3	WB4	Tension	GradientX	GradientY	Wind3Dir	Wind3Spd
Score	1.000									
WB1	0.526***	1.000								
WB2	0.628***	0.616***	1.000							
WB3	0.469**	0.924***	0.614***	1.000						
WB4	0.138	0.588***	0.574***	0.554***	1.000					
Tension	-0.737** *	-0.696***	-0.815***	-0.683***	-0.172	1.000				
GradientX	-0.149	-0.248	-0.210	-0.514**	-0.026	0.362*	1.000			
GradientY	-0.136	-0.383*	-0.341*	-0.631***	-0.208	0.426**	0.910***	1.000		
Wind3Dir	0.073	-0.185	-0.056	-0.325*	-0.114	0.058	0.121	0.281	1.000	
Wind3Spd	-0.074	0.040	0.198	0.005	0.044	-0.192	-0.135	-0.219	-0.012	1.000

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-37>의 황석민 선수에 대한 상관분석 결과를 보면, WB1($r = 0.526, p < 0.001$), WB2($r = 0.628, p < 0.001$), WB3($r = 0.469, p < 0.01$)는 양궁 점수(score)와 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 있고, Tension($r = -0.737, p < 0.001$)는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 음의 상관관계가 있는 것으로 나타남. 하지만 WB4, GradientX, GradientY, Wind3Dir, Wind3Spd는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 상관관계는 없는 것으로 나타남.

<표 3-38> 황석민의 회귀분석

	비표준 계수		표준 계수 베타	<i>t</i>	유의확률	공선성 통계	
	B	표준 오차				허용 오차	VIF
(상수)	14.963	0.976		15.331	0.000		
Wind3Spd	-0.710	0.340	-0.224	-2.089	0.044	0.963	1.038
Tension	-0.309	0.042	-0.780	-7.286	0.000	0.963	1.038

$F = 26.790^{***}, R^2 = 0.592, R_{adj}^2 = 0.569$

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-38>의 황석민 선수에 대한 회귀분석 결과를 보면, Wind3Spd, Tension만이 양궁 점수에 통계적으로 유의한 영향을 주고 있으며, Wind3Spd는 Tension이 고정되어 있을 때에 Wind3Spd의 기본단위가 1 증가하면 양궁 점수는 약 0.710점 감소하고, Tension은 Wind3Spd가 고정되어 있을 때에 Tension의 기본단위가 1 증가하면 양궁 점수는 약 0.309점 감소함. 독립변수의 영향력 크기는 Tension($\beta = -0.780$) > Wind3Spd($\beta = -0.224$) 순서로 나타났고, 2개의 독립변수들의 양궁 점수에 대한 참고로 Wind3Spd와 Tension의 설명력은 약 56.9%($R_{adj}^2 = 0.569$)임.

[해설] 황석민 선수는 WB1(왼발앞), WB2(왼발뒤), WB3(오른발앞)이 경기력과 상관이 있고, 장력이 1 증가하면 양궁 점수가 0.710점 감소하였음

④ 임두나 선수의 양궁 분석 결과

<표 3-39> 임두나의 상관분석

	Score	WB1	WB2	WB3	WB4	Tension	GradientX	GradientY	Wind3Dir	Wind3Spd
Score	1.000									
WB1	-0.098	1.000								
WB2	0.064	-.947***	1.000							
WB3	0.017	.727***	-.752***	1.000						
WB4	0.322	-0.167	0.204	-0.173	1.000					
Tension	0.013	0.121	-0.066	-0.082	0.140	1.000				
GradientX	-0.060	-0.097	0.158	-0.362*	0.127	0.751***	1.000			
GradientY	0.162	-0.087	0.031	-0.145	0.268	0.560***	0.695***	1.000		
Wind3Dir	0.180	-0.346*	0.385*	-0.385*	0.384*	0.037	-0.067	-0.027	1.000	
Wind3Spd	-0.230	0.334*	-0.350*	0.162	-0.435**	0.013	0.002	-0.183	-0.352*	1.000

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-39>의 임두나 선수에 대한 상관분석 결과를 보면, WB1, WB2, WB3, WB4, Tension, GradientX, GradientY, Wind3Dir, Wind3Spd 모두는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 상관관계는 없는 것으로 나타남.

이러한 결과는 실험상황에 대한 적응 부족으로 인해 임두나 선수가 시합상황과 같은 경기력을 발휘하지 못한 것으로 해석되며, 추후 많은 Test를 통해 이러한 오류들이 줄어들것으로 사료됨.

⑤ 임하나 선수의 양궁 분석 결과

<표 3-40> 임하나의 상관분석

	Score	WB1	WB2	WB3	WB4	Tension	GradientX	GradientY	Wind3Dir	Wind3Spd
Score	1.000									
WB1	-0.098	1.000								
WB2	-0.047	-0.899***	1.000							
WB3	-0.192	0.621***	-0.597***	1.000						
WB4	0.051	-0.556***	0.445**	-0.720***	1.000					
Tension	0.193	0.040	-0.101	-0.142	-0.029	1.000				
GradientX	0.222	0.209	-0.336*	0.037	-0.026	0.762***	1.000			
GradientY	0.070	0.183	-0.162	-0.002	-0.098	0.522**	0.724***	1.000		
Wind3Dir	-0.174	-0.370*	0.326	-0.055	0.255	-0.092	-0.123	-0.106	1.000	
Wind3Spd	-0.286	0.209	-0.122	0.003	-0.140	-0.084	-0.356*	-0.110	0.034	1.000

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

<표 3-40>의 임하나 선수에 대한 상관분석 결과를 보면, WB1, WB2, WB3, WB4, Tension, GradientX, GradientY, Wind3Dir, Wind3Spd 모두는 양궁 점수와 통계적으로 유의한 상관관계는 없는 것으로 나타남.

이러한 결과는 실험상황에 대한 적응 부족으로 인해 임하나 선수가 시합상황과 같은 경기력을 발휘하지 못한 것으로 해석되며, 추후 많은 Test를 통해 이러한 오류들이 줄어들 것으로 사료됨.

제3절 연구결과

2. 양궁 동작 분석 시스템 구현

가. 스포츠 동작 분석 시스템(SMAS) 장치개발

- 동기화 서버 기능 및 무선데이터 송수신 담당
- 영상 트리거 발생기능

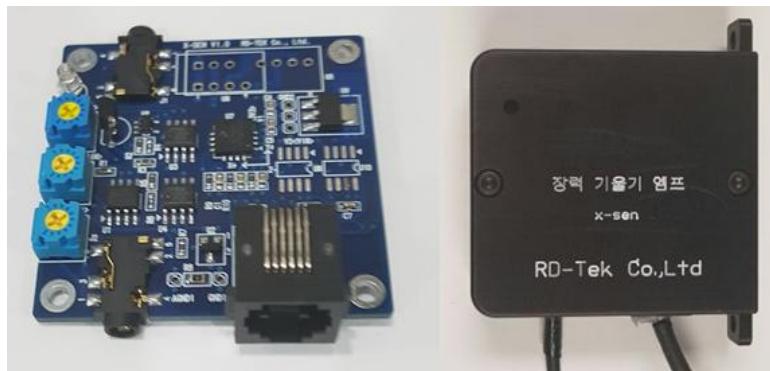


<그림 3-73> SMAS 보드와 케이스

나. 센서 데이터 취득과 무선 전송을 위한 센서 모듈 개발

(1) 무선센서 모듈 제작 - 장력/기울기 계측 및 앰프모듈

- 활에 전송모듈을 접속하면 무게가 무거워 양궁동작에 방해되므로 분리함
- 장력/기울기 계측모듈에서 계측하고 전송모듈을 통해 데이터 전송
- 케이스는 기울기센서 브라켓에 연결되어 고정됨



<그림 3-74> 장력기울기보드 및 케이스

(2) 무선센서 전송모듈 제작 - 장력/기울기, 체중

- 장력/기울기 데이터 무선전송과 체중 데이터 계측 및 전송을 담당한다
- 보드와 케이스는 동일하고 기능만 다름



<그림 3-75> 무선전송모듈 보드 및 케이스

(3) 풍향/풍속기 제작

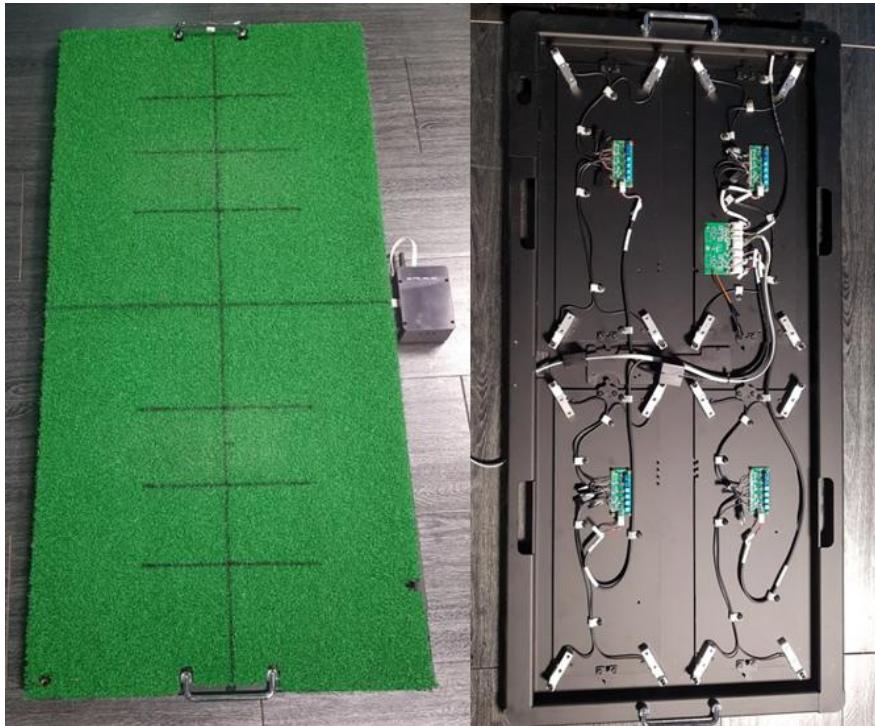
- 16방향과 풍속의 세기를 단계별로 표시함



<그림 3-76> 풍향풍속 보드와 케이스

(4) 체중분석기 제작

- 상/하/좌우 4채널
- 각 채널마다 4개의 하중센서가 배치



<그림 3-77> 체중분석기

다. 동기검증 장치 개발

- 센서 데이터와 영상의 동기를 검증하는 장치



<그림 3-78> 동기장치 보드와 케이스

- 센서전송 모듈(기울기나 체중)의 센서 데이터 입력부에 동기검증장치의 출력을 연결한다.
- 검증장치 버튼을 누르면 LED와 함께 센서 최대입력치(5V)를 출력한다.
- 이때 카메라로 검증장치를 촬영하고 분석 소프트웨어에서 LED 가 ON/OFF 될 때 센서 값이 0->최대/최대->0 으로 표시되는 것을 확인
- 성능평가 절차에서 설명함

라. 기울기 고정 브라켓 제작

- 기울기장력 센서모듈을 활에 부착하기위한 브라켓



<그림 3-79> 기울기 브라켓

마. 장력센서 개발

- 활에 손상을 주지 않고 장력을 측정하기 위한 장력센서 개발
- 활의 Riser(손잡이부분)와 Low Limb(날개부분)을 고정하는 볼트에 끼워 사용



<그림 3-80> 장력센서

바. 장력센서 및 장력센서 서포터(고정볼트) 개발

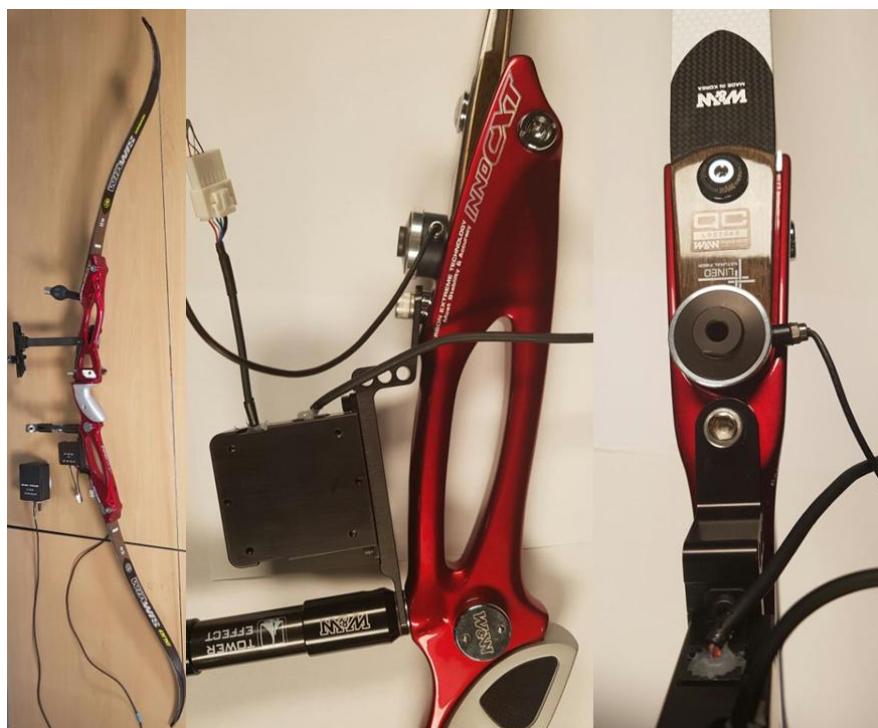
- 장력센서를 고정하는 볼트로 원래 활의 Low Limb을 고정하는 볼트를 더 길게 만들어 장력센서를 고정할 수 있게 함
- 스테인레스 재질과 알루미늄재질 제작



<그림 3-81> 장력센서 서포터

● 활에 장착한 모습

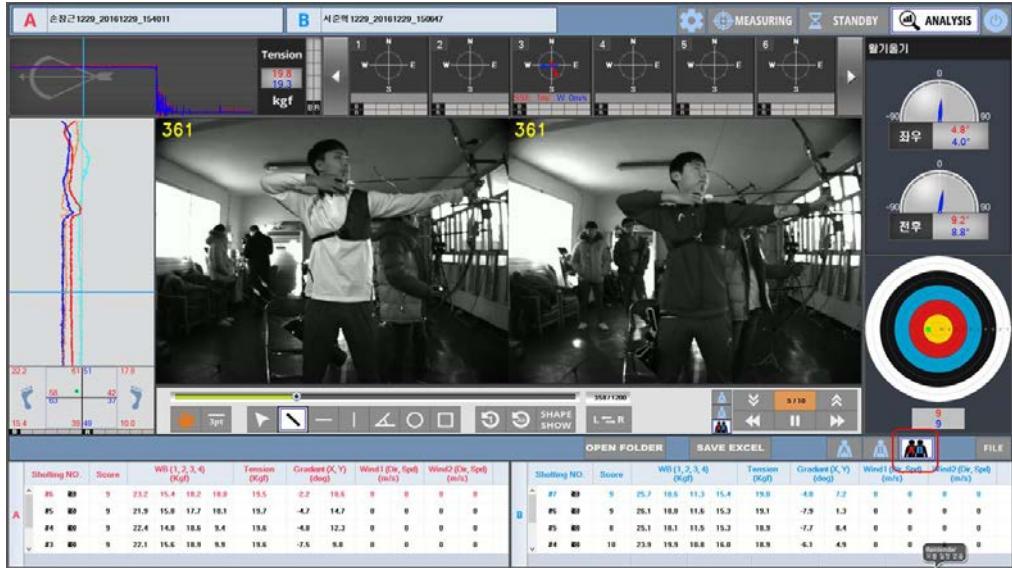
- 활에 장력센서 서포터를 통해 장력센서를 고정시킴
- 기울기고정 브라켓으로 기울기장력센서모듈을 고정시킴
- 기울기/장력센서 모듈과 유선으로 무선전송모듈이 연결됨
- 무선전송 모듈을 통하여 SMAS로 데이터 전송



<그림 3-82> 활에 센서 장착 모습

사. 동작분석용 소프트웨어 개발

- 개발 후 양궁 선수에 적용 테스트 함



<그림 3-83> 분석 소프트웨어

3. 성능인증 시험 절차 및 시험 성적서

가. 성능인증 시험 절차

(1) 센서 모듈 샘플링 레이트 480Hz

① 센서모듈 샘플링시GPIO 에 0->1(rising), 1->0(falling) 를 Write 한다.

- 480Hz 샘플링시 GPIO 출력 480Hz 확인

② 오실로 스코프로 신호를 확인하여 샘플링레이트를 검증한다.

(2) 센서데이터 동기화 허용오차:1ms

① 처음 각 센서모듈은 각자의 시간으로 동작한다.

② RTC는 1HZ에 맞추어 시간(초)이 Reset 된다.

③ 동기화절차와 동기장치에 의하여 체중단말과 장력단말기의 시간을 맞춘다.

④ 동기장치와 단말기의 시간을 확인한다.

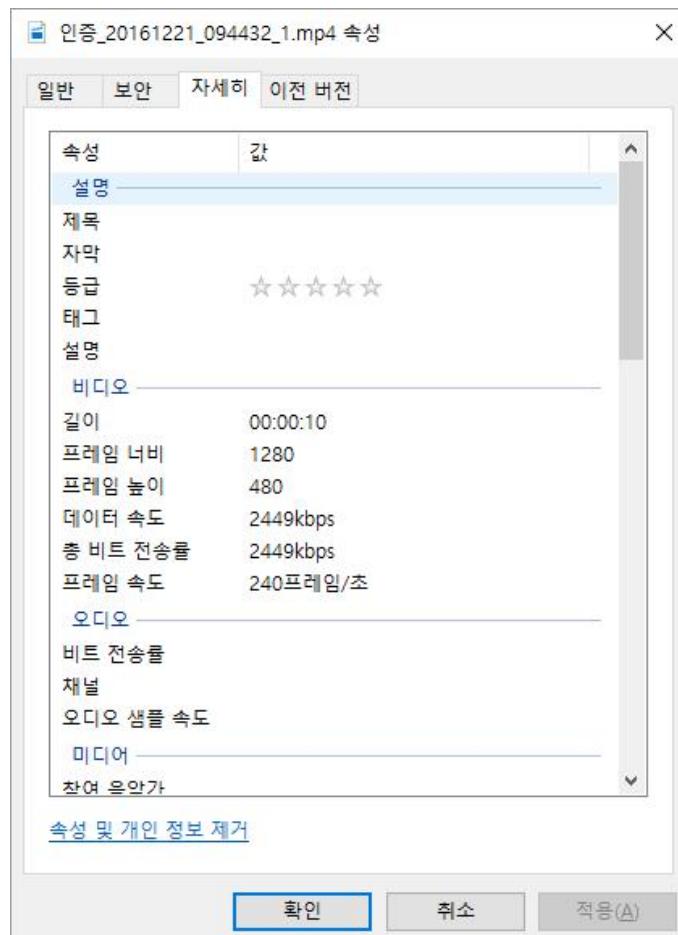
⑤ 체중단말과 장력 단말기의 1HZ 신호를 오실로스코프를 이용하여 일치하는지 확인 한다.

(3) 카메라해상도(640x480), 240frame 저장시간 : 10초

① PointGrey에서 제공하는 툴 FlyCap2를 사용하여 영상프레임과 카메라 해상도를 확인한다.

- SMAS에서 트리거 발생 ->카메라 입력 (영상프레임 생성)

- ② SMAS 트리거를 오실로스코프를 통해서 240frame 확인
③ 분석 프로그램을 사용하여 영상 10초 저장 확인한다.
- 240frame/sec x 10초, 2400 frame 저장
④ 또 다르게 분석 프로그램에서 영상을 저장하면 파일속성을 확인할수 있다
- 640x480 2채널이 저장되어서 1280x480 임



<그림 3-84> 영상 속성

(4) 체중 오차율: $\pm 5\%$

- ① 교정된 저울로 분동의 무게를 측정
 - ② 0Kg에서 80Kg 까지 20Kg 단위로 분동을 체중발판 위에 올려놓는다.
 - ③ 4channel 각각에 대하여 측정한다.
- 프로그램에서 표시하는 체중을 확인하여 비교한다.

시험 항목	실하중 [kg]	CH 1		CH 2		CH 3		CH 4	
		3회	측정	3회	측정	3회	측정	3회	측정
		평균값	오차율	평균값	오차율	평균값	오차율	평균값	오차율
체중 오차 측정 시험	[kg]	[kg]	[%]	[kg]	[%]	[kg]	[%]	[kg]	[%]
	2.3	2.3	1.45	2.3	-1.45	2.2	5.8	2.2	4.35
	22.3	22.7	-1.94	21.7	2.54	21.2	4.93	21	5.98
	42.3	42.9	-1.5	40.5	4.26	40.4	4.49	39.8	5.99
	62.3	61.7	0.91	60.6	2.78	61.2	1.82	61.3	1.55
	82.3	82.8	-0.61	82.8	-0.57	82.3	0.04	82.6	-0.41

<표 3-41> 체중오차 측정

● 결과

- CH1에 대한 최소오차율 0.61%, 최대오차율 1.94%, 평균오차율 1.28%
- CH2에 대한 최소오차율 0.57%, 최대오차율 4.26%, 평균오차율 2.32%
- CH3에 대한 최소오차율 0.04%, 최대오차율 5.8%, 평균오차율 3.41%
- CH4에 대한 최소오차율 0.41%, 최대오차율 5.99%, 평균오차율 3.65%
- 각 채널에서 오차율이 틀린 결과가 나오는데 체중 압력 센서 위치가 동일하지 않거나 약간 부정확한 압력센서가 있을 수 있다. 하지만 좋은 성능의 압력센서를 사용하면 상당히 높은 정확도를 얻을 수 있다.

(5) 장력 오차율: $\pm 5\%$

- ① 교정된 장력 측정기를 사용한다
- ② 활의 줄을 당겨 0~20kgf 까지 2kgf 단위의 장력을 발생하고 분석프로그램을 이용하여 표시되는 장력과 비교한다.

시험항목	기준장력	1회	2회	3회	3회평균값	측정오차율
	[kgf]	[kgf]	[kgf]	[kgf]	[kgf]	[%]
활 장력 오차 측 정시험	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	100
	4	0	0	0	0	100
	6	4.3	3.1	4.6	4	33.3
	8	7.3	6.7	7.5	7.2	10.4
	10	9.6	9.4	9.8	9.6	4
	12	11.8	11.6	11.9	11.8	1.9
	14	13.8	13.5	13.9	13.7	1.9
	16	15.8	15.6	15.9	15.8	1.5
	18	17.7	17.5	17.8	17.7	1.9
	20	19.8	19.5	19.9	19.7	1.3

<표 3-42> 장력오차 측정

● 결과

- 장력 0~10kgf 까지는 상당히 부정확한 값이 나온다. 이것은 활의 라이저와 림이 고정적으로 붙어 있지 않고 헐겁게 고정된다. 활 시위가 당겨주고 있지만 당겼다가 천천히 놓게 되면 림위치가 일정하게 고정되지 않아서 부정확한 값이 나온다.

낮은 장력에서는 장력센서가 받는 힘이 일정하게 받지 않지만 10kgf 이상에서는 일정하게 힘을 받아 정확한 값을 얻는다.

그러나 시위를 당겼다가 천천히 놓지 않고 슈팅하듯이 쏘면 어느정도 일정한 값이 나오는 것을 확인하였다.

과제에서는 장력값이 일정하게 나오는 오차율범위를 10~20kgf로 설정한다.

(6) 기울기 오차율: $\pm 1^\circ$

- 각도 측정에 기울기 모듈을 고정하여 사용한다. 교정된 각도 측정기로 측정모듈을 보정한다.



<그림 385> 각도측정기

- ② 기울기 모듈을 각도 측정기에 장착하고
- ③ 각도를 -45~45도 사이 10도 단위로 위치시키고 분석프로그램에서 표시되는 각도와 비교한다(40~45도만 5도 차이)

시험항목	기울기센서모듈 (X방향)			기울기센서모듈 (Y방향)		
	기준값	측정값	오차	기준값	측정값	오차
	(Degree)	(Degree)	(Degree)	(Degree)	(Degree)	(Degree)
활기울기 오차 측정시험	44.8	44.7	-0.1	45.4	45	-0.4
	40	39.7	-0.3	40.3	39.7	-0.6
	30	29.8	-0.2	30.1	29.9	-0.2
	20.5	20.5	0	20.1	19.8	-0.3
	10	10.2	0.2	10.2	10	-0.2
	0.4	0.3	-0.1	0.2	0.1	-0.1
	10.2	9.8	-0.4	10.4	10.5	0.1
	20.3	19.6	-0.7	20.4	20.3	-0.1

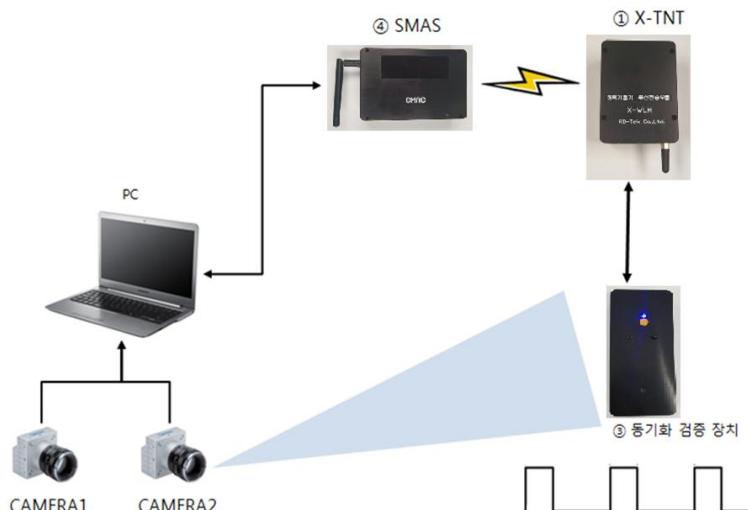
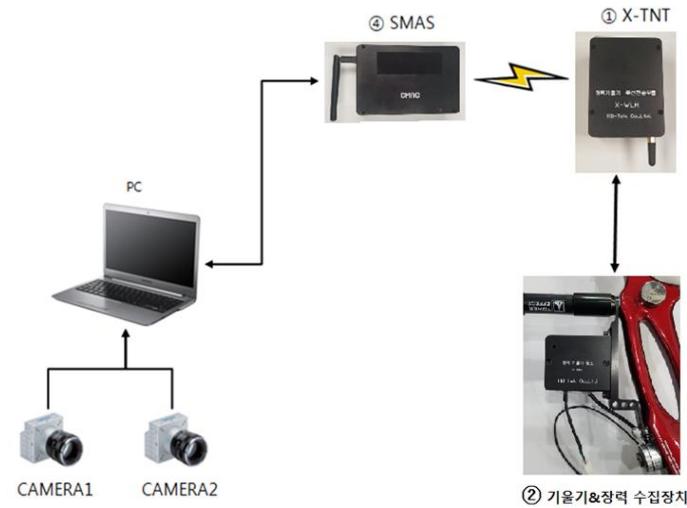
<표 3-43> 기울기 오차 측정

● 결과

- 슈팅시 기울기는 최대 30도를 넘지 않는다. 측정시는 최대 -45도~45도로 측정한다
- 결과는 매우 정확한 정밀도를 갖는다

(7) 영상과 센서데이터 정확도: 99% - 성능평가에 추가

- ① 장력전송모듈에 동기검증장치를 연결한다
-센서 데이터가 아니라 동기검증장치의 데이터가 무선모듈을 통해 분석소프트웨어로 전송
- ② 동기검증장치의 버튼을 누르면 장력 값을 맥스로 출력하고 LED를 ON 시킨다.
- ③ 분석 소프트웨어 장력값의 변화 부분과 영상에서 LED표시되는 부분의 프레임수를 확인하여 영상과 데이터의 차이를 확인하다.



<그림 3-86> 센서데이터와 영상 동기 검증

- (1)기울기 전송모듈은 (2)장력기울기 앰프모듈에 연결되어 장력 데이터를 무선으로 (4)SMAS로 전송하게 되는데 (3)동기화 검증장치를 (2)장력기울기 앰프모듈 대신 연결하게 되면 동기화 검증장치의 신호가 (4)SMAS로 전송되어 분석프로그램에서 확인 할 수 있다.

나. 성능평가 시험성적서

- 공인인증시험 기관의 시험성적서(입회시험)

성적서 번호 : KIMM-16-1276

발행일자 : 2017. 01. 19.

시험성적서

시험명 : 양궁분석 시스템 성능시험

시험품 : 양궁분석 시스템

- 쿠알디텍 -

- Note: 1. 본 성적서는 해당 제품 및 해당 시험방법에만 유효함.
2. 성적서는 각 장마다 위변조 방지된 원본만을 보증함.
3. 본 성적서의 일부 또는 요약내용을 법률 행위나 광고용으로 사용할 수 없음.



34103 대전시 유성구 가정북로 156
TEL : 82-42-868-7018 FAX : 82-42-868-7082

성적서 번호 : KIMM-16-1276

발행일자 : 2017. 01. 19.

시험성적서

 한국기계연구원 KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS	페이지(2) / 총페이지 (18)	
--	----------------------	--

1	시험명	양궁분석 시스템 성능시험	
2	의뢰자명 및 주소	조성훈 / [34054] 대전광역시 유성구 유성대로 1628번길 37-8	
3	제조자명 및 주소	(주)알디텍 / [34054] 대전광역시 유성구 유성대로 1628번길 37-8	
4	시험코드	1) 품명/모델명	양궁분석 시스템
		2) 사양	X-SPORTS
5	시험방법	시험의뢰자 제공	
6	시험일자	2016. 12. 22 ~ 2016. 12. 22	
7	시험환경	주위온도 (20 ± 5) °C, 상대습도 (50 ± 10) % R.H.	
8	시험결과	시험결과표 참조	
9	성적서 번호	KIMM-16-1276	
10	성적서 용도	성능인증	
11	기타사항		

	시험 및 보고 : 서명하는 위치	검토 및 승인 : 서명하는 위치
	시험실무자 : 이성규, 이규석	기술책임자 : 최병오

2017. 01. 19.

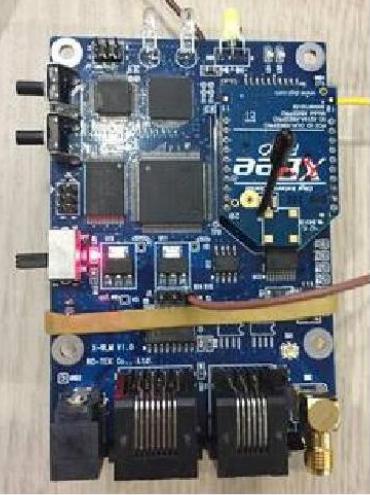
한국기계연구원장(인)

성적서 번호 : KIMM-16-1276

발행일자 : 2017. 01. 19.

시험 방법 및 결과

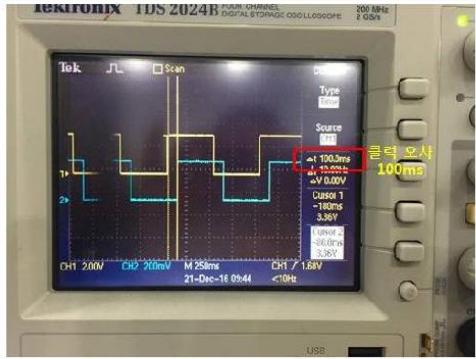
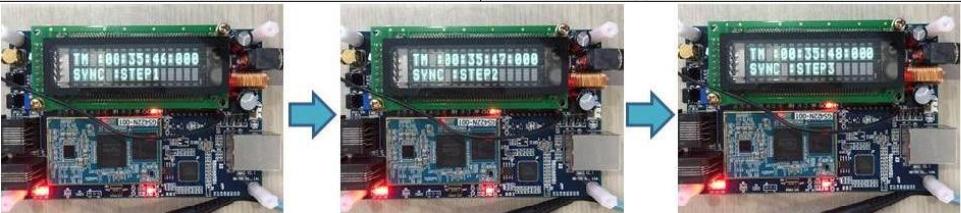
1. 센서모듈 샘플링레이트 검증시험

<p>1. 시험 대상 : 양공분석 시스템</p> <p>2. 시험 항목 : 센서모듈 샘플링레이트 검증시험</p>											
<p>3. 시험 일자 : 2016. 12. 22~ 2016. 12. 22</p>		<p>4. 시험자 : 이성규, 이규석</p>									
<p>5. 시험 방법</p> <p>a) 센서모듈의 샘플링시 GPIO에 0->1(rising), 1->0(falling)를 write 한다. b) 480Hz로 샘플링시 GPIO 출력단자에 캘리브레이터(Digital calibrator)를 연결하여 480Hz로 출력되는지 확인한다.</p>											
											
<센서모듈>		<샘플링주파수 측정>									
<p>6. 시험 결과</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">시험항목</th> <th style="width: 25%;">시험조건</th> <th style="width: 25%;">시험결과</th> <th style="width: 25%;">시험사진</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">센서모듈 샘플링주파수</td> <td style="text-align: center;">최대 샘플링주파수 (480Hz)</td> <td style="text-align: center;">480Hz</td> <td>  </td> </tr> </tbody> </table>				시험항목	시험조건	시험결과	시험사진	센서모듈 샘플링주파수	최대 샘플링주파수 (480Hz)	480Hz	
시험항목	시험조건	시험결과	시험사진								
센서모듈 샘플링주파수	최대 샘플링주파수 (480Hz)	480Hz									

성적서 번호 : KIMM-16-1276

발행일자 : 2017. 01. 19.

2. 센서데이터 동기화 허용오차 시험

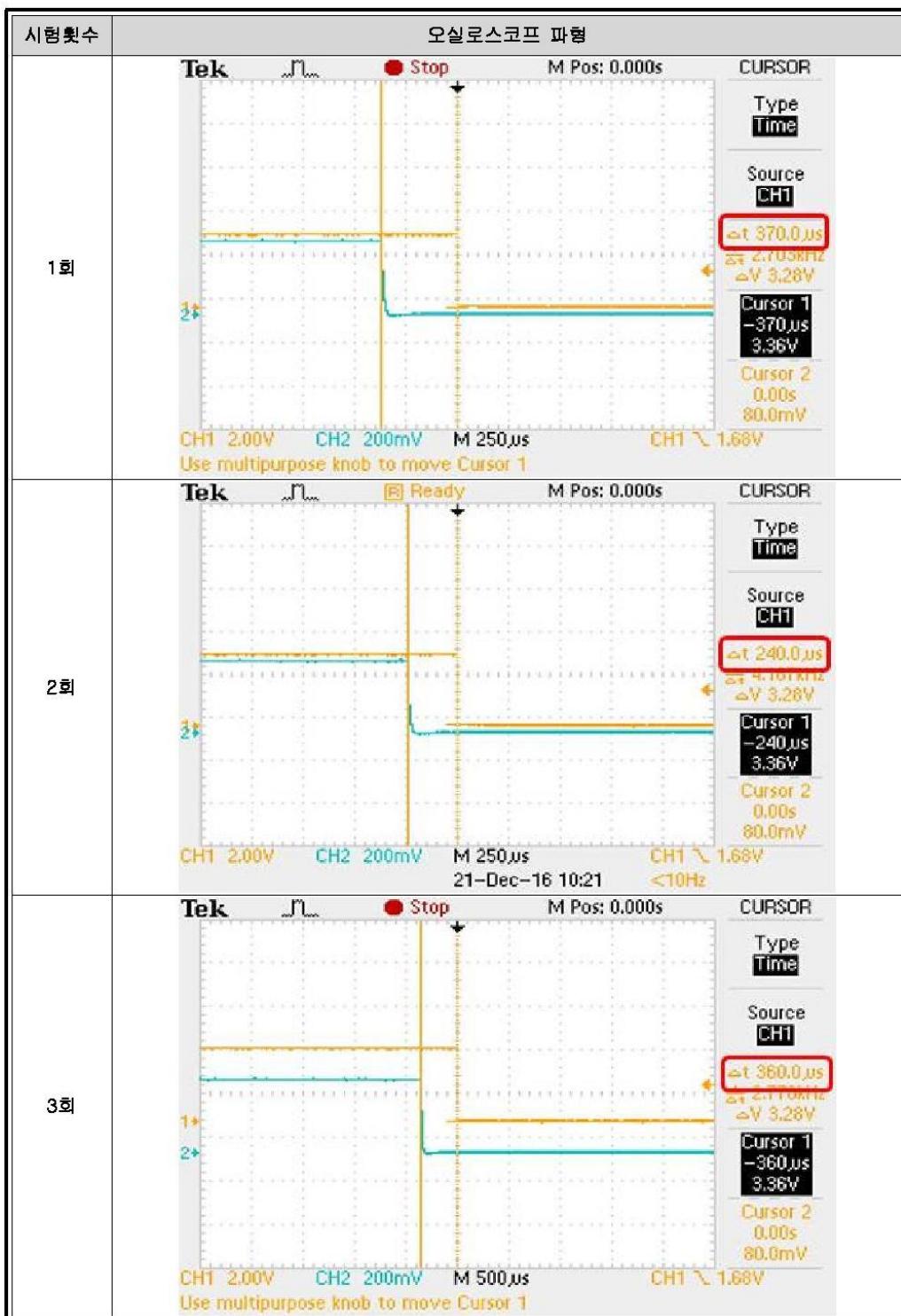
1. 시험 대상 : 양공분석 시스템	
2. 시험 항목 : 센서데이터 동기화 허용오차 시험	
3. 시험 일자 : 2016. 12. 22~ 2016. 12. 22	4. 시험자 : 이성규, 이규석
5. 시험 방법	
<p>a) 두 개의 센서모듈 송신단에 오실로스코프를 연결하여 클럭(Clock) 오차를 확인한다.</p> <p>b) 센서모듈간의 센서데이터 동기화를 위해 각각을 랜케이블로 연결하여 동기화절차를 진행한다.</p> <p>c) 동기화절차는 3단계를 거쳐 진행되며, 동기장치 LCD를 통해 확인가능하다.</p> <p>d) 두 센서모듈 간 클럭 동기화를 통해 클럭오차가 1ms 이내 임을 오실로스코프 파형을 통해 확인 한다</p>	
 <시험셋팅>	 <동기화 전 클럭오차>
 <클럭 동기화 절차>	

6. 시험 결과

시험항목	시험횟수	시험결과
센서동기화 허용오차 시험	1회	0.37 ms
	2회	0.24 ms
	3회	0.36 ms

성적서 번호 : KIMM-16-1276

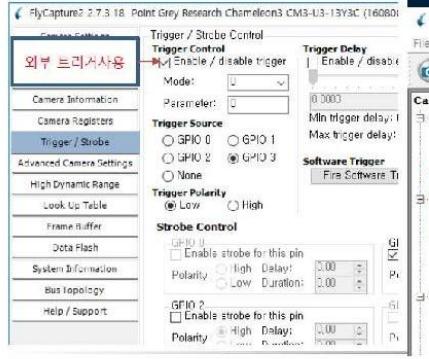
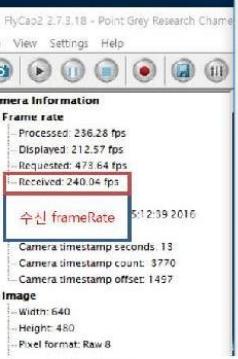
발행일자 : 2017. 01. 19.



성적서 번호 : KIMM-16-1276

발행일자 : 2017. 01. 19.

3. 카메라 동영상 저장시간 측정시험

1. 시험 대상 : 양궁분석 시스템	
2. 시험 항목 : 카메라 동영상 저장시간 측정시험	
3. 시험 일자 : 2016. 12. 22~ 2016. 12. 22	4. 시험자 : 이성규, 이규석
5. 시험 방법	
<p>a) PointGrey에서 제공하는 둘 FlyCap2를 사용하여 영상프레임 (240 frame)과 카메라 해상도 (640 x 480)를 확인한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - SMAS에서 트리거 발생 → 카메라 입력 (영상프레임 생성) - SMAS 트리거를 오실로스코프를 통해서 240 frame 확인 <p>b) Xsports 프로그램을 사용하여 촬영된 영상이 10초 저장 여부를 확인한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 240 frame/sec × 10 sec = 2400 frame 저장 	
   <p><FlyCap2 프로그램></p>   <p><영상 카메라> <XSPORTS 프로그램></p>	

6. 시험 결과

시험항목	시험횟수	시험결과
카메라 동영상 저장시간 측정시험	1회	2400 frame, 10 sec 저장확인
	2회	2400 frame, 10 sec 저장확인
	3회	2400 frame, 10 sec 저장확인

성적서 번호 : KIMM-16-1276

발행일자 : 2017. 01. 19.

시험 횟수	영상저장 시작프레임(1 frame) 화면	영상저장 종료프레임(2400 frame) 화면
1회		
2회		
3회		

성적서 번호 : KIMM-16-1276

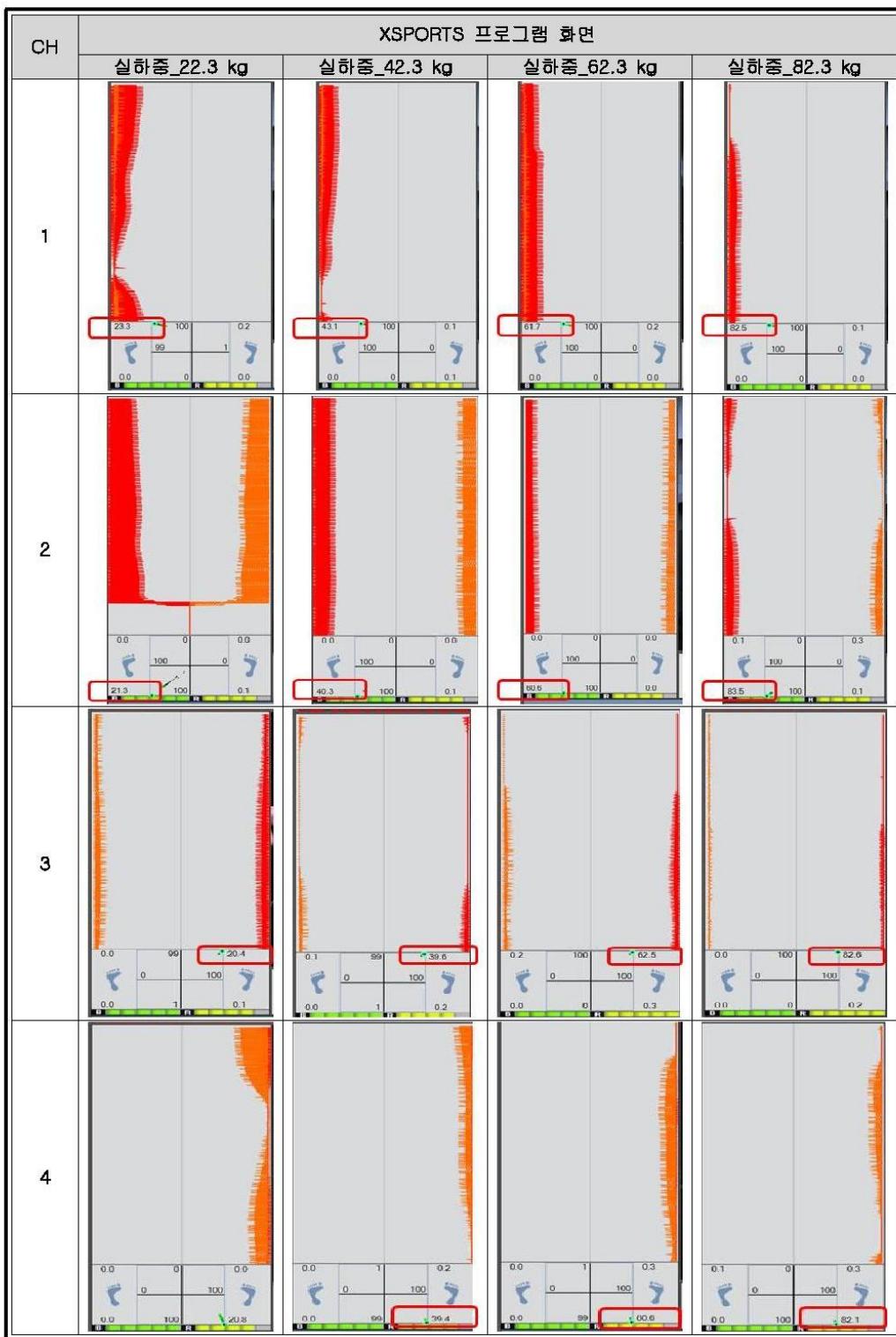
발행일자 : 2017. 01. 19.

4. 체중오차 측정시험

1. 시험 대상 : 양궁분석 시스템																
2. 시험 항목 : 체중오차 측정시험																
3. 시험 일자 : 2016. 12. 22~ 2016. 12. 22	4. 시험자 : 이성규, 이규석															
5. 시험 방법																
<p>a) 20 kg 무게에 해당하는 분동 4개와 받침지그를 교정된 저울을 사용하여 정확한 무게를 측정한다. b) 체중감지 센서(X-Balance)에 (0~80) kg까지 20 kg 단위로 분동을 체중발판 위에 올려놓는다. c) XSPORTS 프로그램에서 표시되는 체중 데이터와 실분동 무게와 비교 측정하며, 3회 반복 실시한다. d) 체중감지 센서(X-Balance)는 총 4 channel로 구성되어 각 channel 별로 b)~c)과정을 반복한다.</p>																
 <체중감지 센서 (X-Balance)_4ch>					 <분동 받침지그 무게>											
 <분동 무게>																
6. 시험 결과																
시험항목	실하중 [kg]	CH 1		CH 2		CH 3		CH 4								
		3회 평균값 [kg]	측정 오차율 [%]	3회 평균값 [kg]	측정 오차율 [%]	3회 평균값 [kg]	측정 오차율 [%]	3회 평균값 [kg]	측정 오차율 [%]							
체중오차 측정시험	2.3	2.3	1.45	2.3	-1.45	2.2	5.80	2.2	4.35							
	22.3	22.7	-1.94	21.7	2.54	21.2	4.93	21.0	5.98							
	42.3	42.9	-1.50	40.5	4.26	40.4	4.49	39.8	5.99							
	62.3	61.7	0.91	60.6	2.78	61.2	1.82	61.3	1.55							
	82.3	82.8	-0.61	82.8	-0.57	82.3	0.04	82.6	-0.41							

성적서 번호 : KIMM-16-1276

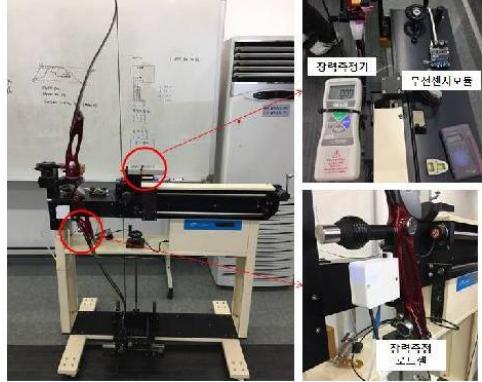
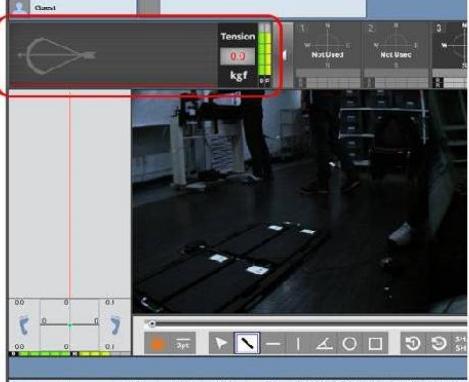
발행일자 : 2017. 01. 19.



성적서 번호 : KIMM-16-1276

발행일자 : 2017. 01. 19.

5. 활 장력오차 측정시험

1. 시험 대상 : 양궁분석 시스템								
2. 시험 항목 : 활 장력오차 측정시험								
3. 시험 일자 : 2016. 12. 22~ 2016. 12. 22	4. 시험자 : 이성규, 이규석							
5. 시험 방법								
<p>a) 활의 줄에 장력측정기를 설치한다.</p> <p>b) 장력측정기를 기준으로 20 kgf 까지 2 kgf 단위로 활의 줄을 당겨 장력을 발생시킨다.</p> <p>c) XSPORTS 프로그램에서 표시되는 장력 데이터와 기준데이터(장력측정기)를 비교 측정하며, 3회 반복 실시한다.</p>								
 <p><활 장력측정 시험기></p>			 <p><XSPORTS 프로그램_활 장력></p>					
6. 시험 결과								
시험항목	기준장력 [kgf]	1회 [kgf]	2회 [kgf]	3회 [kgf]	3회 평균값 [kgf]	측정오차율 [%]		
활 장력오차 측정시험	0	0	0	0	0.0	0.0		
	2	0	0	0	0.0	100.0		
	4	0	0	0	0.0	100.0		
	6	4.3	3.1	4.6	4.0	33.3		
	8	7.3	6.7	7.5	7.2	10.4		
	10	9.6	9.4	9.8	9.6	4.0		
	12	11.8	11.6	11.9	11.8	1.9		
	14	13.8	13.5	13.9	13.7	1.9		
	16	15.8	15.6	15.9	15.8	1.5		
	18	17.7	17.5	17.8	17.7	1.9		
	20	19.8	19.5	19.9	19.7	1.3		

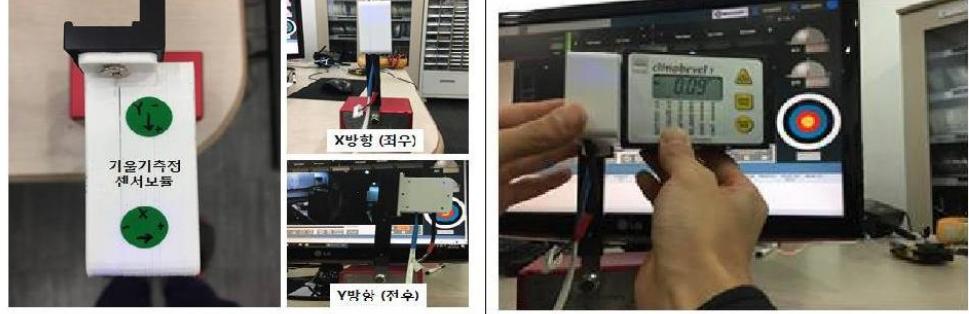
성적서 번호 : KIMM-16-1276

발행일자 : 2017. 01. 19.

기준장력 [kgf]	기준장력 측정기 (기준값)	XSPORTS 프로그램 화면 (측정값)
0		
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
20		

11/18

6. 활 기울기오차 측정시험

1. 시험 대상 : 양궁분석 시스템	2. 시험 항목 : 활 기울기오차 측정시험
3. 시험 일자 : 2016. 12. 22~ 2016. 12. 22	4. 시험자 : 이성규, 이규석
5. 시험 방법	
<p>a) 활 기울기 측정지그에 X방향(좌우 기울기)으로 센서모듈과 디지털 기울기센서를 장착한다.</p> <p>b) 센서모듈의 좌우 기울기 각도를 -45~45도 사이 10도 단위로 위치시키며 XSORTS 프로그램에 표시되는 기울기 데이터와 비교 측정한다.</p> <p>c) 센서모듈을 시험지그에서 탈착 후 Y방향(전후 기울기)으로 재장착하여 a)~b)의 과정을 반복 실시한다.</p>	
 <p><기울기측정 센서모듈_XY방향></p> <p><디지털 기울기센서></p>	
 <p><XSORTS 프로그램_활 기울기></p>	

6. 시험 결과

시험항목	기울기센서모듈 (X방향)			기울기센서모듈 (Y방향)		
	기준값 (Degree)	측정값 (Degree)	오차 (Degree)	기준값 (Degree)	측정값 (Degree)	오차 (Degree)
활 기울기오차 측정시험	44.8	44.7	-0.1	45.4	45	-0.4
	40	39.7	-0.3	40.3	39.7	-0.6
	30	29.8	-0.2	30.1	29.9	-0.2
	20.5	20.5	0	20.1	19.8	-0.3
	10	10.2	0.2	10.2	10	-0.2
	0.4	0.3	-0.1	0.2	0.1	-0.1
	10.2	9.8	-0.4	10.4	10.5	0.1
	20.3	19.6	-0.7	20.4	20.3	-0.1
	30.4	29.8	-0.6	30.3	30.5	0.2
	40.5	40	-0.5	40.1	40	-0.1
	45.4	45.1	-0.3	45.2	45.4	0.2

성적서 번호 : KIMM-16-1276

발행일자 : 2017. 01. 19.

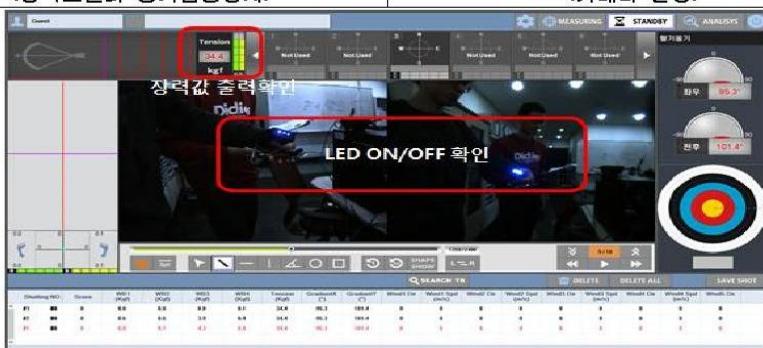
	기울기 각도	디지털 기울기 센서	XSPORTS 프로그램 화면
기울기 센서모듈 (X방향)	-45		
	-40		
	-30		
	-20		
	-10		
	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	45		

	기울기 각도	디지털 기울기센서	XSPORTS 프로그램 화면
기울기 센서모 듈 (Y방향)	-45		
	-40		
	-30		
	-20		
	-10		
	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	45		

성적서 번호 : KIMM-16-1276

발행일자 : 2017. 01. 19.

7. 영상/센서데이터 정확도 측정시험

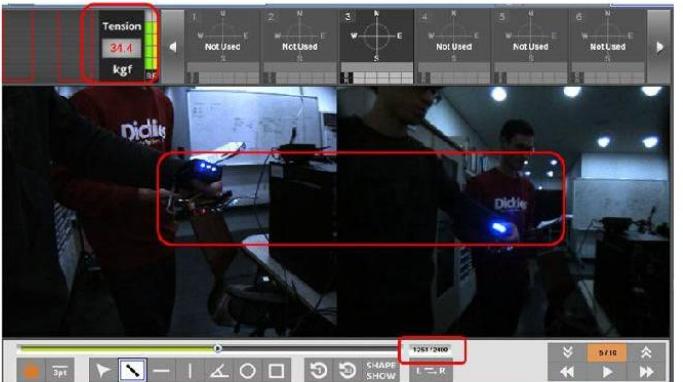
1. 시험 대상 : 양궁분석 시스템	2. 시험 항목 : 영상/센서데이터 정확도 측정시험
3. 시험 일자 : 2016. 12. 22~ 2016. 12. 22	4. 시험자 : 이성규, 이규석
5. 시험 방법	
<p>a) 장력무선센서모듈에 동기검증장치를 연결한다.</p> <p>b) 동기검증장치의 버튼을 누르면 장력값이 최대로 출력됨과 동시에 LED가 켜지고, 이를 카메라로 촬영한다.</p> <p>c) XSPORTS 프로그램에서 장력값의 표시부분과 촬영된 영상에서 LED가 표시되는 연속된 영상프레임 갯수를 확인하여 영상과 센서 데이터의 정확도를 확인한다.</p>	
 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><장력모듈과 동기검증장치></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><카메라 촬영></p> </div> </div>  <p><XSPORTS 프로그램_영상/센서데이터 정확도></p>	

6. 시험 결과

시험항목	시험조건	시험결과		
		1회	2회	3회
영상/센서데이터 정확도 측정시험	저장영상의 장력데이터 표시여부와 촬영영상의 LED 표시여부가 관찰되는 연속 frame을 분석	2개 프레임에서 일치 확인	2개 프레임에서 일치 확인	2개 프레임에서 일치 확인

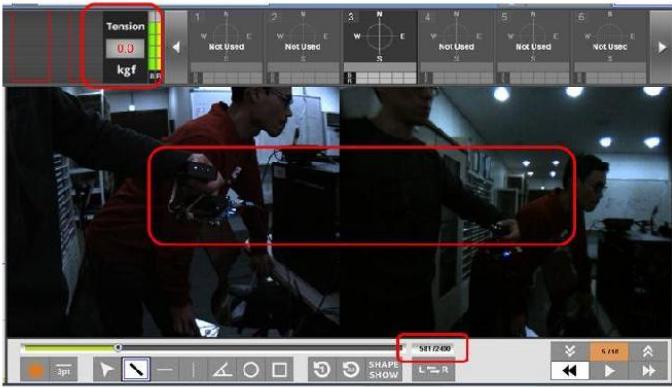
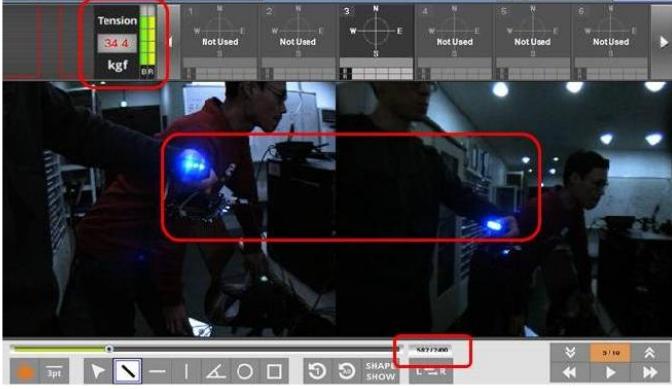
성적서 번호 : KIMM-16-1276

발행일자 : 2017. 01. 19.

시험횟수	프로그램 화면	변화여부
		
1회		(1249~1250) frame에서 장력데이터 표시, 영상 LED ON
		

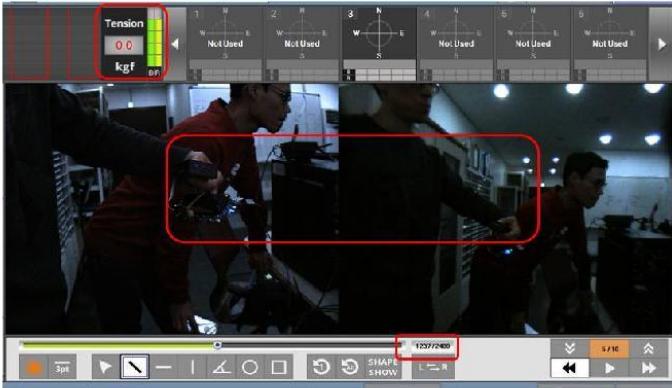
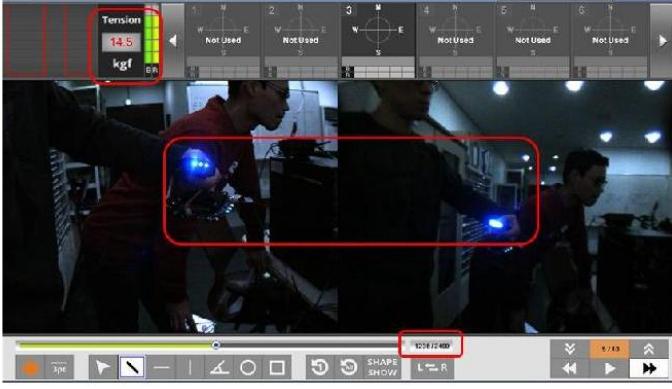
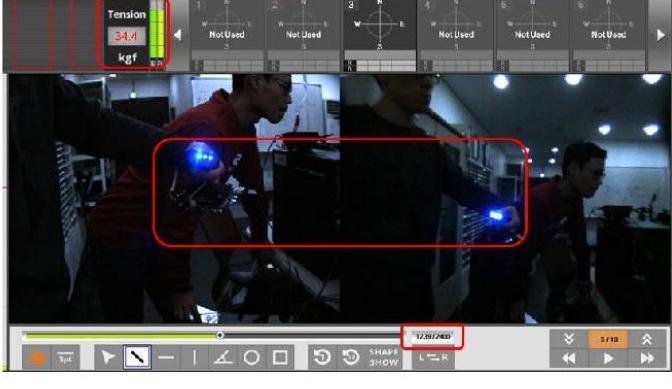
성적서 번호 : KIMM-16-1276

발행일자 : 2017. 01. 19.

시험횟수	프로그램 화면	변화여부
		
2회		(581~582) frame에서 장력데이터 표시, 영상 LED ON
		

성적서 번호 : KIMM-16-1276

발행일자 : 2017. 01. 19.

시험횟수	프로그램 화면	변화여부
		
3회		(1237~1238) frame에서 장력데이터 표시, 영상 LED ON
		

4. 양궁동작 분석 소프트웨어를 이용한 선수 분석결과

가. 측정 및 분석 결과

- 실험에 참여한 선수들은 원발앞, 원발뒤, 오른발뒤의 밸런스와 양의 상관이 있는 것으로 나타났고, 오른발앞, 장력, 풍속은 음의 상관관계가 있는 것으로 나타남. 그러나 기울기좌우, 기울기전후, 풍향에서는 상관이 없는 것으로 나타남.
- 슈팅시 항상 일정한 폼을 유지하지만 환경적인 요인(풍향/풍속/온도/습도) 등에 따라 조금씩 타겟 위치를 오조준 하기 때문에 특정센서에 대한 분석이 상관관계가 없는 것으로 판단됨. 환경요소와 무관한 체중만이 관련있게 나타난 것으로 판단됨

① 특정선수에 대한 data가 분석이 안된 이유

- 특정선수(임하나, 임두나)선수의 결과에서는 상관관계를 밝히지 못함. 그러한 이유로 첫 번째 실험 상황이 여러 장비들과 복잡한 실내 공간으로 인해 완벽한 훈련장의 모습을 구현하지는 못하여 실험자들에게 편안한 훈련장, 시합과 유사한 긴장을 유발시키지 못함. 추후 여러 상황을 컨트롤할 수 있는 보다 실제적인 추가 실험이 필요할 것으로 보임.

② 밸런스 분석

- 장비 사용이 피험자의 발의 크기, 위치에 따라 측정치에 변동이 발생함. 상품 출시 후 현장에서 활용되기 위해서는 발의 크기와 위치 설정에 따른 오류가 적어야 됨.

③ 기울기 분석

- 기울기가 경기력에 영향을 미치는 것으로 몇몇 피험자에게서 결과를 얻음. 그러나 기울기각의 정도에 따른 경기력에 미치는 영향력이 설명력이 적음. 추후 많은 테스트를 통해서 기울기와 경기력의 관계를 연구해야 됨

④ 풍속 분석

- 이번 테스트를 통해 선수마다 개인차가 있으나 풍속이 증가할 때마다 경기력이 감소하는 영향력을 발견함. 지속적인 장비의 개선을 통해 각 요인별 영향력을 피험자들이 피드백하기 쉬운 형태로 제공되기 위한 지속적인 연구가 필요함

⑤ 장력 분석

- 이번 테스트를 통해 선수들의 장력이 증가할 때마다 양궁 점수가 낮아진다는 흥미로운 결과를 얻음. 그러나 장력 측정시 본인의 활을 사용하지 않고 특정 여자선수용 활을 사용하였기 때문에 장력이 강한 남자선수가 사용시에 감각적인 면에서

(클리커 놓는 감각) 약간 불리한 점이 있으리라 생각됨.

추후 후속연구를 통해 이의 재확인이 필요함

⑥ 모니터와 조명 장치

- 모니터에 출력되는 카메라 영상이 너무 어두워 동작분석에 어려움이 발생함, 추가로 조명을 설치하고 해상도를 높이려는 시도를 하였으나, 선수들에게서 조명이 집중에 방해가 된다는 이야기를 듣게 됨

나. 측정 및 분석 결과 활용

- 측정 결과지 출력 제공 필요(예시)

측정인	서준혁	나이	17	선수경력	7
소 속	대전체고	성 별	남자	장 력	41 lbs (18.7 kgf)
측정일시	2016년 11월 25일		측정장소	대전체고 양궁장	



서준혁 선수의 측정 결과

- 1) 서준혁 선수의 경기력에는 장력이 마이너스의 영향을 미치고 있습니다. 장력이 1 증가할 때 점수가 0.5점씩 감소되는 경향을 보입니다.
- 2) 풍속에도 영향을 받아 풍속이 1 증가할 때 점수가 0.4점 마이너스 되는 결과를 보입니다.
- 3) 장비의 기울기는 영향을 주지 않았습니다.
- 4) 장비의 밸런스는 경기력에 영향을 주고 있습니다. 원발, 오른발 모두 앞 부분에 균형이 요구됩니다.

서준혁 선수의 측정 결과에 대한 feedback

서준혁 선수에게는 장력이 경기력에 영향을 미치고 있습니다. 사용하고 계시는 활의 장력을 낮추든지 웨이트 트레이닝을 통해 손의 장력을 향상시킬 필요가 있습니다.

장력을 줄이고 밸런스 훈련을 강화하면 좋을 것 같습니다.

밸런스 동작에서 WB1 (원발 앞) 위치가 가장 경기력에 영향을 많이 미치는 것으로 분석되었습니다.

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 목표달성도

1. 기술개발 목표

- 다채널 무선센서와 고속카메라의 동기화 시스템과 취득 데이터를 이용한 양궁 동작 분석 소프트웨어 개발과 테스트

2. 기술개발 성과목표

가. 평가목표

평가항목	단위	목표치	달성치		달성율	기타
센서 최대 데이터 샘플링 레이트	Hz	480	480		100%	
센서 동기화 시간 허용오차	ms	1	0.3		100%	
체중 오차율	%	±5	3.65		100%	가장 값이 높은 CH4 평균오차
활 장력 오차율	%	±5	2.7		100%	10kgf~20kgf (22lbs~44lbs)
활 기울기 최대오차	°(도)	1	상하 좌우	0.3 0.2	100%	-45°~45°
카메라 640x480 해상도 2채널, 240프레임 저장시간(10초)	sec	10	10		100%	
영상과 데이터 동기 정확도	%	99	100		100%	추가

나. 정량적 목표

성과 항목	성과지표	목표	달성치	가중치	달성율
1.특허	특허출원	1건	1건	1	100%
2.연구성과 확산노력	홍보건수	1건	0	1	0%
3.실용화 및 상용화	시제품 출시	1건	1건	0.5	50%
	사업화/제품화	1건	0	0.5	0%
4.고용창출	고용	1건	1건	1	100%

3. 목표달성 결과

- 가. 성능평가 - 공인인증기관 시험성적서
- 나. 특허 출원

출원번호통지서

페이지 1 / 4

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2016.12.29

특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(P2016907)

출 원 번 호 10-2016-0181910 (접수번호 1-1-2016-1288945-75)

출 원 인 명 칭 (주) 알디텍(1-2001-041841-1)

대 리 인 성 명 특허법인(유)화우(9-2006-100002-2)

발 명 자 성 명 편현범 조성훈

발 명 의 명 칭 양궁분석을 위한 영상신호와 센서 데이터의 동기화 시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드>
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태 이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

다. 시제품 제작

- 시작품을 제작하여 동작분석 테스트에 활용하였음(대전체고 양궁장)



라. 고용창출 - 신규채용 1명

제2절 기여도

- 다양한 무선 센서모듈의 접목을 위하여 스포츠 동작 분석을 위한 무선 통합 하드웨어 플랫폼을 개발함으로 계측기술을 발전에 기여할 것으로 기대됨
- 양궁 동작 분석 소프트웨어 테스팅을 통해 양궁 동작 분석의 효과성을 검증하였고, 이를 적용한 소프트웨어 수정 개발안 제시를 통해 양궁 훈련에 적합한 소프트웨어 개발에 기여
- 편리성 확대 방안 제시를 통해 제품 활용도 제고, 이를 통해 교육용 컨텐츠 개발 및 양궁동작 분석 컨텐츠 개선 개발 방향에 도움을 줌.

제5장 연구개발결과의 활용계획

제1절 활용방안

1. 활용분야 및 활용방법

활용분야	활용방법	추가연구	사업화
학교체육 교육 및 레슨 서비스	<ul style="list-style-type: none"> ● 초/중/고/대학교 스포츠 관련학과 및 선수들의 스포츠 동작 분석 및 Database화하여 체계적인 학습/코칭/평가를 통해 신체 및 운동 능력 향상 ● 스포츠 관련학과에서 스포츠 동작분석과 교정 및 반복훈련을 통한 개인 능력향상을 비교 분석하여 학문적으로 활용. ● 학교에서 선수들의 자세분석을 통하여 교육 자료로 활용 ● 초.중.고 선수들의 개인 운동 분석 데이터를 저장하여 시간에 따른 성장 과정 확인 ● 국내 및 국외 교육장비로 사업화 추진 	교육용으로 활용하기 위한 추가적인 컨텐츠와 서비스 개발	시범학교를 선정하여 시범서비스를 진행하고 교육용으로 피드백을 받고, 이 후 학교체육 표준교육장비로 사업화 추진
프로선수의 스포츠 동작 분석 장비로 활용	<ul style="list-style-type: none"> ● 프로선수들의 운동 분석 장비로 활용하여 선수들의 운동능력 향상 ● 프로선수들이 반복적으로 편리하게 활용하여 연습하게 함으로서 프로선수들의 연습 장비로 활용 ● 프로선수들의 자세 교정을 통한 결과 분석 비교 자료 제공 	프로선수들에게 필요한 추가적인 서비스 개발	프로선수들의 연습장비로 국가대표 연습용으로 데모하고 장비 판매 사업추진
사회인을 위한 스포츠 분석 및 서비스 모델	<ul style="list-style-type: none"> ● 일반 사회 동호인을 위한 자세 분석 서비스 및 레슨 서비스 제공 ● 본 과제를 통하여 개발된 분석 장비를 통하여 자세 분석과 유명 프로선수의 레슨 서비스를 제공 ● 일반 사회인의 커뮤니티 공간으로 활용하고 다양한 정보교류 및 컨텐츠 제공. 	웹서비스에 대한 모델 개발 및 사업화	대내외 마케팅을 통하여 장비를 홍보하고 많은 사람들이 활용할 수 있도록 장비 판매 추진

2. 활용상 예상 문제점 및 극복방안

- 무선센서 활용으로 인하여 동시에 여러 대의 장비를 동시에 동작 시킬 경우 무선 환경의 제약사항으로 인하여 장비사용 대수가 제한되는 문제.

- 시범 서비스를 통해 내구성을 강화하고 오동작 요소를 파악하여 안정성을 높임
- 배터리의 용량을 최대한 높게 설계에 반영하고 교체가 용이하도록 시스템 설계
- 시스템 초기화 및 문제점 진단 등이 쉽게 진행될 수 있도록 시스템을 설계하고 및 원격 지원이 가능하도록 설계

제2절 소프트웨어 개발 방향

1. 전문선수를 위한 훈련용 소프트웨어 개발 방향

(1) 스크린 양궁 프로그램 개발

- 스크린 양궁 프로그램을 개발하여 실내스포츠로 발전시키면 좋은 교육프로그램이 될 것으로 판단됨. 그러나 양궁 활의 특성상 선수용 활은 매우 위험하고 일반인이 사용할 수 없으며, 빈 활을 쏘면 활이 깨지는 현상이 발생하고, 상완 부위 등에 부상의 위험이 매우 높으므로 이를 충분히 고려하여 프로그램이 개발되어야 함.

(2) 집중력 강화 프로그램 개발

- 양궁하면 집중력이라고 할 만큼 양궁을 통해 집중력이 향상되는 것은 물론이고 이를 통해 체력도 향상되어 학업에 많은 도움이 된다는 보고들이 있음. 그러므로 선수들 대상으로 한 교육용 소프트웨어 개발을 통해 집중력 강화 프로그램을 개발하면 좋을 것으로 사료됨.

(3) 평형성 강화 프로그램 개발

- 이번 연구에 사용된 X-Balance(체중이동데이터 전송장치)는 스크린골프 등에서도 사용되는 장치로 에이밍(준비,조준) 동작시 양 발의 밸런스와 평형성의 정도를 알려 주는 기능을 수행한다. 이번 연구에서 평형성이 강화되면 기록이 좋아지는 긍정적인 영향이 있는 것으로 나타났다. 그러므로 양궁 선수들에게 평형성 훈련을 강화할 수 있는 프로그램이 개발되어 사용도록 하는 것은 매우 의미 있어 보임.

(4) 소음 스트레스 강화 프로그램 개발

- 양궁 선수들과 코치들의 응답 중 훈련과 시합의 결과가 매우 다른데, 그 이유는 “시합장에 적응하지 못해서”이며. 이것을 경기장에서 발생하는 심리적 스트레스라고 얘기하고 있으므로 이를 극복할 수 있는 가상훈련프로그램을 개발하는 것도 매우 의미있는 연구개발이 될 것으로 판단됨.

(5) 선수들의 스포츠 동작 분석 및 Database화하여 체계적인 코칭 프로그램 개발

- 이번 장비 개발을 통해 선수들의 훈련 기록을 DB화 하여, 선수들의 경기력 분석과 코칭 프로그램을 개발 제공해 주는 것이 양궁선수의 경기력 향상에 도움이 된다는 사실을 발견하였음, 앞으로 이의 결과를 더욱 발전시켜 더 쉽고, 정확하게 훈련 현장에서 활용할 수 있는 장비가 개발, 제공되어야 함.

2. 보급용 · 교육용 소프트웨어 개발 방향

(1) 스크린 양궁 프로그램 개발

- ① 사용하기 편리해야 하고, 가벼워야 됨을 연구
- ② 연령에 맞게 활의 크기와 종류가 다양해야 됨
- ③ 안전한 장비가 개발되어야 함
- ④ 동시에 여러 사람이 사용할 수 도 있어야 함, 교육현장에서는 최소 5인 정도가 동시에 교육을 받을 수 있는 환경이 필요함
- ⑤ 이의 개발을 위해선 장비와 소프트웨어가 동시에 개발이 진행되어야 함
- ⑥ 교육용 소프트웨어의 개발은 가정용 또는 학교 교육용으로 구분될 수 있음
- ⑦ 골프존처럼 수준에 따라 일정한 등급을 부여하여 웹상에서 전국대회를 개최할 수도 있도록 다양한 컨텐츠를 개발할 필요가 있음

(2) 초/중/고/대학교 스포츠 관련학과에 양궁 보급 프로그램 개발

- ① 세계적인 양궁 국가인 우리나라에서 양궁을 직접 해 보지 않은 국민이 대다수임
- ② 초/중/고/대학에서 실제 활용할 수 있는 교육용 양궁 보급 프로그램이 개발되어야 함

(3) 학교에서 선수들의 자세분석을 통하여 교육 자료로 활용

3. 소프트웨어 적용 분야

- ① 양궁, 사격, 궁도, 바이애슬론 등 전문 선수를 위한 훈련 및 측정에 활용
- ② 발란스와 장력 등이 영향을 미치는 경기력이 요구되는 종목의 측정에 사용
- ③ 양궁, 사격 조기 교육을 위한 교육용 컨텐츠 제작과 그 효용을 평가하는데 활용

제3절 타 연구에의 응용

- 양궁 뿐 아니라 다른 종목의 센서를 접목하여 다양한 스포츠분석기에 응용

센서종류	이미지	적용스포츠
뇌파센서		<ul style="list-style-type: none"> • 양궁, 사격 - 멘탈 트레이닝 및 집중력 향상 및 분석에 적용
근전도센서		<ul style="list-style-type: none"> • 육상, 축구, 사이클, 복싱 - 근전도 측정
맥파센서		<ul style="list-style-type: none"> • 육상, 축구, 농구, 사이클, 자전거
가속도센서		<ul style="list-style-type: none"> • 육상, 복싱, 사이클/자전거 - 골프, 야구, 태권도 - 선수의 속도, 가속도, 거리 측정



센서종류	이미지	적용스포츠
압력센서		<ul style="list-style-type: none"> • 골프, 야구, 배드민턴, 탁구 - 클립, 배트, 라켓의 그립압력, 체중분포측정 • 사이클/자전거, 복싱, 태권도 - 안장압력, 페달압력, 편치강도 측정
기울기센서		<ul style="list-style-type: none"> • 양궁
풍향풍속센서		<ul style="list-style-type: none"> • 양궁, 골프 - 샷 전후의 풍향풍속을 측정
장력센서		<ul style="list-style-type: none"> • 양궁



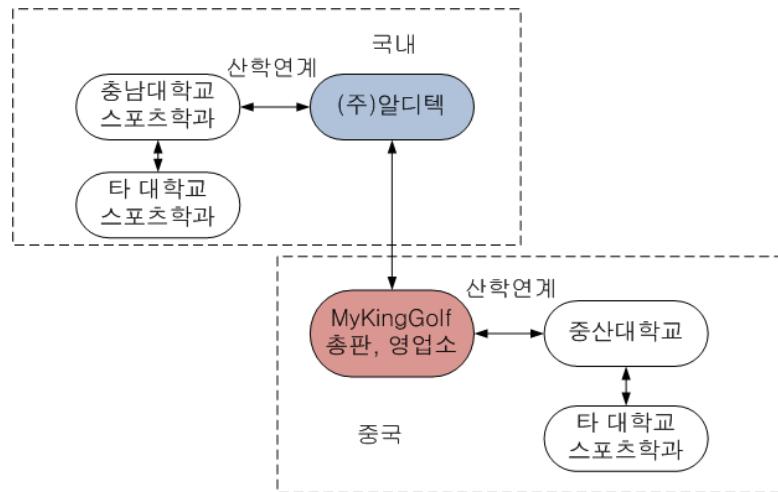
<그림 5-1> 센서별 적용가능한 스포츠

제4절 사업화 방안

1. 사업화 전략

가. 양궁 분석기 사업화 전략

- ① 연구개발 완료 이후 본격적으로 국내 시장 및 전 세계 시장에서 사업화 진행.
- ② 국내의 시장에서는 태릉 선수촌을 비롯하여 위탁연구기관인 충남대학교 스포츠학과 통하여 관련 학과 등에 홍보하고 시범사업 또는 전시회를 통하여 유통 판매를 진행.



- ③ 중국시장은 중산지역의 (주)알디텍 중국영업소/총판인 MyKingGolf를 통하여 산학관계인 중산대학교 스포츠 관련학과에 양궁분석기를 적극 홍보하여 타 지역 대학교 스포츠학과로 연계 홍보한다.
- ④ 전세계 시장의 경우 (주)알디텍 총판과 영업소를 통하여 마케팅 및 사업화 추진



⑤ 국내 양궁관련 학과 및 클럽

- 국내 양궁인원에 관련한 공식적인 통계는 나오지 않음
- 한국양궁협회 문의시 초/중/고/대학/클럽 개수만 파악
- 공식적이지 않은 동호인도 꽤 있을 것으로 파악됨

구분	갯수	인원수
초등학교	108	학교당 30명정도 유추
중학교	77	
고등학교	51	
대학교	23	
클럽	24	
계	283	8,490

⑥ 미국 양궁 및 bowhunting 인구

구분	명수 (백만)	비고
compound bows	14(75%)	중복가능
crossbows	5.5(29%)	
recurves	2.6(14%)	
계	18.9	

The Archery Trade Association (ATA) 2012

- 미국시장에 양궁관련 인구가 많기 때문에 미국 쪽 마케팅을 강화할 필요있음

2. 사업화 추진일정

사업화 단계	추진일정						기타
	2016년	2017년	2018년	2019년			
시제품 설계		■					
시제품 완성 (제품 출시)		■					
국내 웹서비스 개발 완료 및 서비스			■■				
스포츠 분석용 추가 센서 개발 및 소프트웨어 개발			■■				
해외시장 진출		■■					
미국 웹서비스 개발 및 서비스				■■■			
중국 웹서비스 개발 및 서비스				■■■			

제5절 추가연구의 필요성

1. 기술적 측면

(1) 휴대성 및 편리성

- ① 장비의 운반이나 관리가 편리하도록 소형화 경량화 필요
- ② 센서의 부착 편리성
 - 코치 및 지도자가 장비에 기울기/장력센서를 탈부착하기 쉽고 편리하게 추가 개발 필요.

(2) 무선 전송속도 증가 필요성

- ① 4개의 무선전송 모듈 (체중/장력/기울기/풍향-풍속)
- ② 지그비 무선 모듈 당 240,000bps
- ③ 240frame의 영상
- ④ 영상과 동기 하기 위하여 최소 240번의 샘플링데이터를 전송
- ⑤ 더 이상 무선모듈을 현재의 스펙으로 추가하기 힘듬

- 영상 프레임을 낮춰야 무선모듈 추가 가능
- ⑥ 따라서 무선 전송속도가 더 높은 매체사용 추가 연구 필요성
 - 960,000bps 이상의 전송매체(wifi등)

(3) 영상 프레임 증가 필요성

- 더 높은 프레임의 영상을 사용해야 하고자 하는 스포츠종목(사격등)
300이상 1000프레임 정도의 고속 촬영을 하기 위해서 무선방식으로는 매우 힘들기 때문에 필요한 센서는 유선연결, 저속의 센싱 데이터는 무선연결을 통하여 복합적으로 사용하는 방법 필요

(4) 다양한 스포츠 종목에 적용하기 위한 추가적인 센서 개발

2. 소프트웨어 측면

- (1) 의미있는 데이터 추출하기 위하여 추가적이고 연속적인 테스트 필요
 - 현재 시스템을 적용한 선수 데이터가 부족함
- (2) Web Service 연동 필요
 - 웹서버 개설하여 선수 데이터 DB화
 - 선수 데이터를 웹상에 저장하여 언제 어디서나 핸드폰이나 PC로 연동하여 확인
 - 본인과 프로선수와의 비교분석 가능
 - 본인의 히스토리 기록으로 현재 상태 확인 가능
- (3) 체계적인 교육 프로그램 개발 필요

제6장 기술개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- GB Archery 양궁 동작 분석



The screenshot shows the Quintic software interface with a banner at the top advertising a "FREE 21-DAY TRIAL" and a download link. Below the banner, there's a collage of images related to sports analysis. The main area contains two side-by-side video frames of an archer. The left frame shows the archer in mid-draw, and the right frame shows the arrow being released. Red vertical lines are overlaid on both frames to indicate specific points of interest along the arrow's path.

GB 양궁

양궁은 사수가 릴리스 시 활을 당겨 휘는 힘을 유지 할 수 있는 것이 중요합니다.

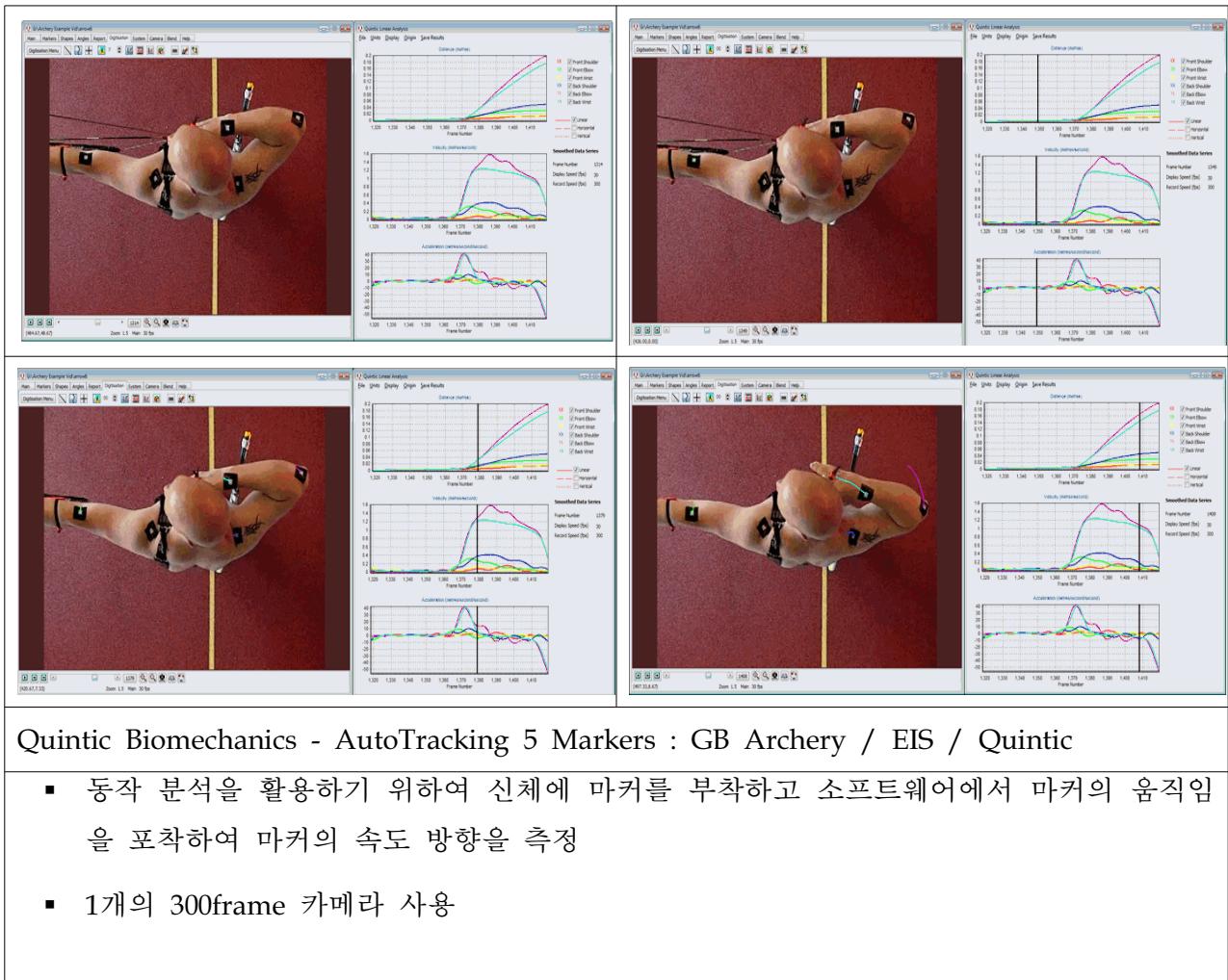
사수를 분석하기 위해 촬영을 하며 아래 그림1, 그림2에서 보는 것처럼 화살 방출시 손목의 정확한 타이밍을 평가합니다.

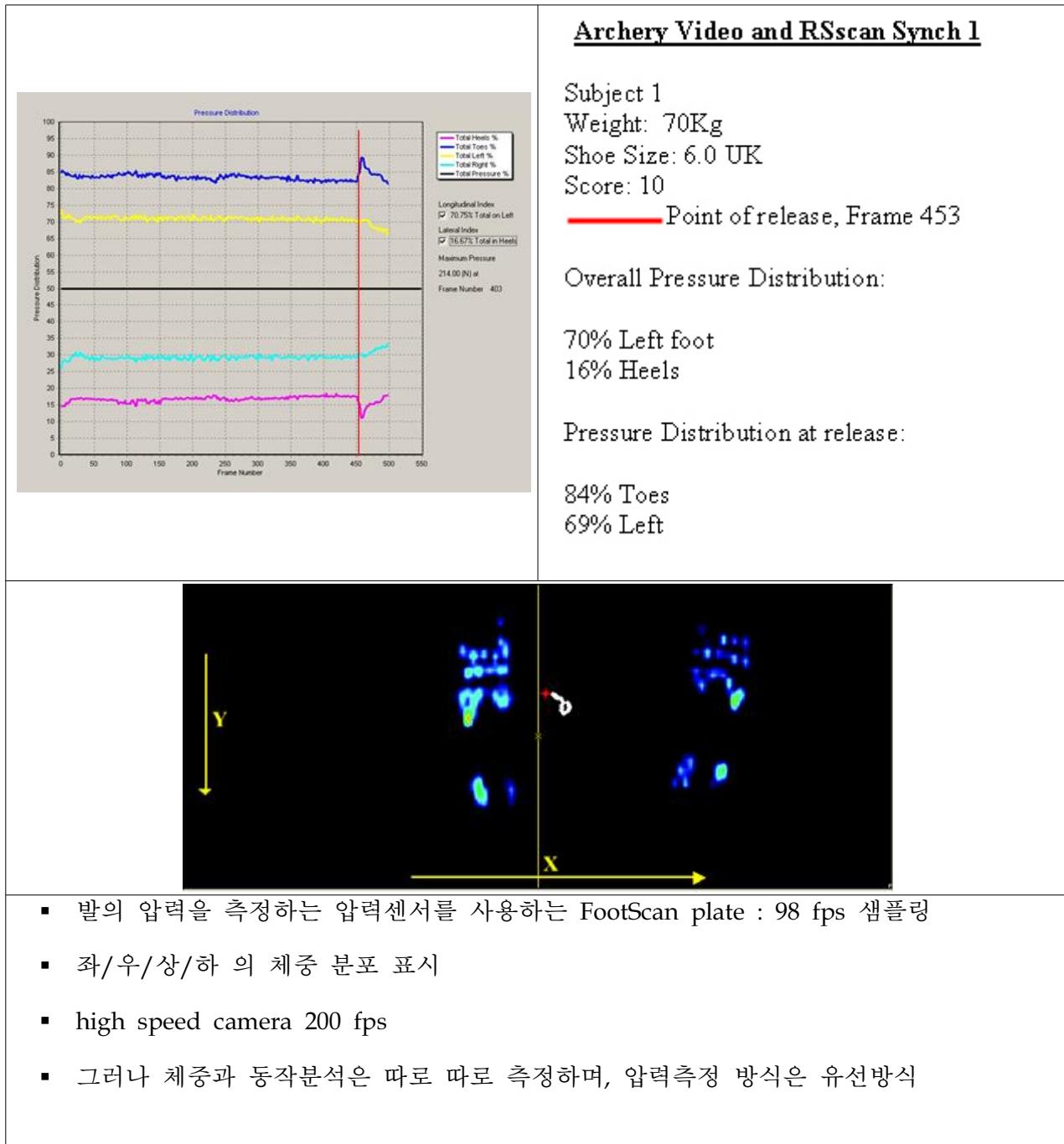
사수에게 그들이 샷의 변화를 인식할 수 있도록 샷을 했을 때 손목 봉괴의 위치를 표현해 주고 코치는 이를 식별하여 지도에 활용합니다.

이것은 아래의 그림 1, 그림 2 다음에 표시되어 있습니다

Fig.1. Showing position before Release

Fig.2. Showing position at Release





제7장 참고문헌

- Market Research, 2011.06
- 국내외 스마트 센서 산업 현황과 비즈니스 전략-산업경제리서치
(신성장동력사업정보기술연구회편저)
- 스포츠산업연구개발사업 기술수요조사 및 분석(2014.12.30)
- <https://www.archerytrade.org/news/survey-says-18.9-million-archers-are-active-in-u.s>
- <http://www.quintic.com/>