

수레바퀴모형(Wheel Model)을 적용한

인천하늘고등학교 창의 융합 R&E 연구 결과 발표

신호연을 활용한 이순신 함대의 암호 통신 체계 연구

창의 융합 R&E 연구팀

연구 성과 발표 및 성과물 전시회

■ 일시 : 9월 30일(화) 11시, 16시

■ 장소 : 인천하늘고등학교 본관동 201호

(9월 30일 이후 12월 31일까지 성과물을 전시할 예정임)

-
- 문-이과 경계를 뛰어넘은 창의 융합 R&E를 통해 이순신 함대의 의사소통 체계를 설명하는 설득력 있는 가설을 세우고 이를 체계적으로 논증하였다. 창의 융합 R&E팀은 이순신 장군이 신호연을 사용했었다는 전설을 과학적으로 재연한 것이다.



수레바퀴모형(김평원 교수 모형)을 적용한

이순신 신호연 연구

1. 핵심 브리핑
2. 연구 요약
3. 연구 절차
4. 수레바퀴모형
5. 참고 자료
6. 문의

핵심 브리핑

2014년, 교육계와 문화계에서는 충격적인 사건이 있었는데, 문-이과 구분을 폐지하고 이를 융합하려는 움직임과 영화 <명량>이 사상 최대의 관객을 동원한 사건이었다.

2014년 1학기, 인천하늘고등학교 창의 융합 R&E 연구팀의 성과는 이 두 사건과 모두 관련되어 있다.

드라마 <불멸의 이순신>과 영화 <명량>에 묘사된 것처럼 고향과 깃발, 북소리, 나팔 소리만으로 거대 함대가 일사불란하게 하나의 유기체처럼 움직일 수 있을까?



- 이러한 의문을 해결하기 위해 인천하늘고등학교는 창의 융합 R&E 프로그램인 **수레바퀴모형**을 적용하여 8개(과학, 기술, 공학, 예술, 수학, 역사, 지리, 서지학) 연구팀에 소속된 32명의 고등학생들의 지혜를 하나로 융합하였다.

결국, 신호연을 사용하였다는 **전설을 과학적으로 재연한 것**이다.

- 이순신 함대의 의사소통 규약은 현대의 **기류 신호**의 조합 방식과 유사하며, 45종의 신호연들을 활용한 **암호 체계**였다.
- 문-이과 경계를 뛰어넘은 고등학생들의 융합 R&E를 통해 이순신 함대의 의사소통 체계를 설명하는 **설득력 있는 가설**을 세우고 이를 **과학적으로 규명**한 것이다.

| 연구 요약

기존의 지식	<ul style="list-style-type: none"> · 이순신 함대는 23전 23승 불패의 성과를 거두었다. · 이순신 함대 전승의 비결은 판옥선과 거북선을 활용한 기술 혁신 때문이다. · 이순신 함대 전승의 비결은 장군의 뛰어난 지략과 리더십 때문이다. 		
문제제기	<ul style="list-style-type: none"> · 북, 나팔, 깃발만으로 거대한 함대의 의사소통이 가능했을까? · 불가능 했다면 이순신 함대의 커뮤니케이션 시스템은 무엇이었을까? · 지휘관의 구두 명령을 어떻게 모든 함대로 전달했을까? 		
8개 팀별 개별 연구	S	주제	이순신 해전 당시 자연 환경의 분석
		관련 분야	지구과학, 지구과학교육, 천문학, 지구환경시스템
	T	주제	육성, 나팔, 북의 커뮤니케이션 가능 범위 분석
		관련 분야	물리, 물리교육, 정보통신공학
	E	주제	연의 운동과 가시 거리 분석
		관련 분야	물리, 물리교육, 공학, 항공우주공학
	A	주제	신호연의 디자인 체계와 인지 과정 연구
		관련 분야	미술, 미술교육, 디자인, 인지과학
	M	주제	신호연의 암호 코드 가설 수립과 효율성 분석
		관련 분야	수학, 수학교육, 컴퓨터공학, 통계학
	H	주제	이순신 함대의 전술, 조선의 군사 제도
		관련 분야	사학, 역사교육, 경영, 산업공학
	G	주제	해전 장소의 지형 분석과 모형 제작을 통한 통신 중계 지점 추론
		관련 분야	지리학, 지리교육, 토목환경
	B	주제	난중일기와 조선왕조실록을 귀납 추론한 전투 시나리오 구성
		관련 분야	한문학, 문헌정보학, 사학, 국어국문학, 국어교육
지식의 융합	<ul style="list-style-type: none"> · 실험 결과 북, 나팔, 깃발만으로는 거대 함대의 일사불란한 통신이 불가능하였다. · 신호연을 암호 코드로 활용하는 다양한 가설을 세운 후, 실제 역사적 기록과 가장 일치하는 가설로 한산대첩 과정을 재연하였다. · 이순신 함대는 신호연을 활용하여 현대 해군의 기류 신호 시스템을 더 높은 고도에서 구현한 것이다. 		
작품	<ul style="list-style-type: none"> · 신호연을 활용한 이순신 함대의 의사소통 과정 재연. · 개인 논문 32편, 팀논문 8편, 융합 논문 1편, 다큐멘터리 1편. · 학회 발표 (예정). 		

| 연구 절차

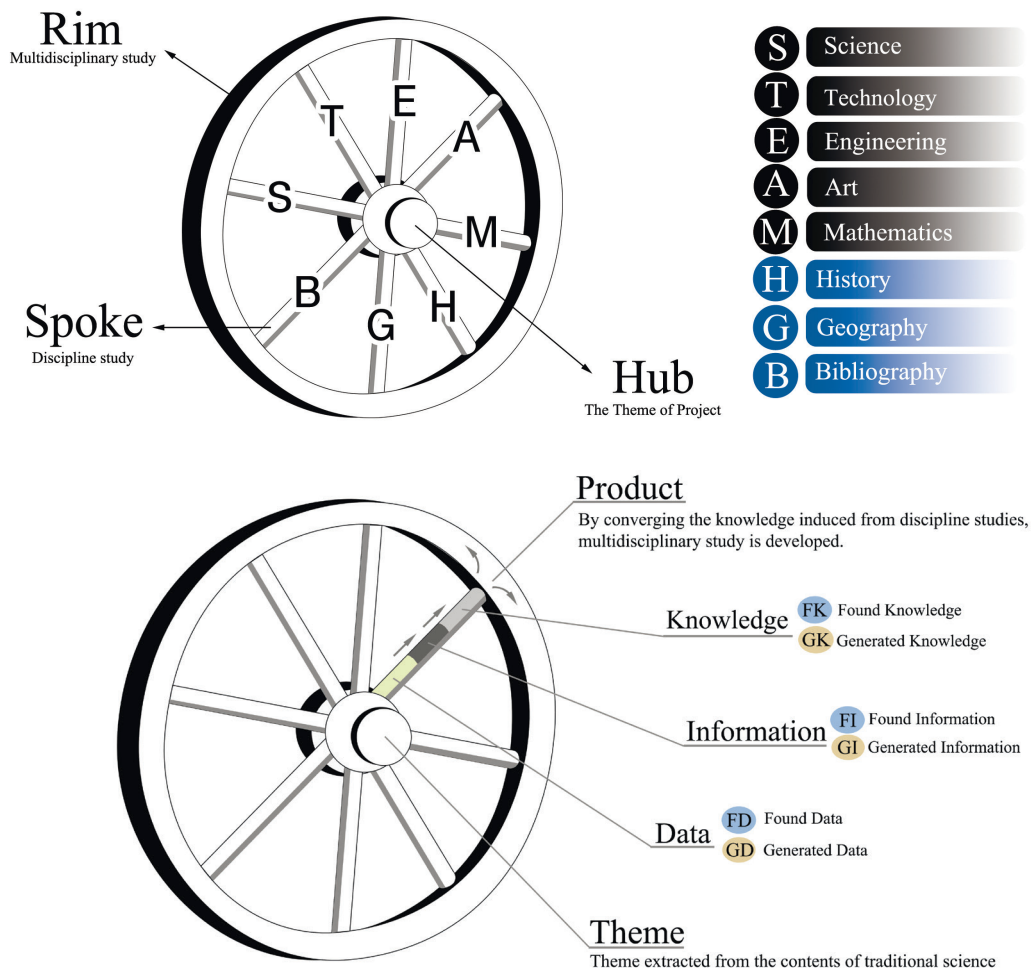
단 계		일 자	내 용
기 획	융합 R&E 설계	2014.01.23~ 2014.03.13	인천대학교 사범대학 김평원 교수 측에 하늘고등학교 상황에 맞는 R&E 주제와 프로그램 설계 의뢰
	학생 설명회	2014.03.14	연구 주제 발표와 설명회 _ 김평원 교수
	연구원 선발	2014.03.14~ 2014.03.30	융합 R&E 지도 교사 선정 및 학생 연구원 선발
	연구원 학생 교육	2014.04.19	32명 연구원 학생 교육
	지도 교사 연수	2014.04.23	8개팀 지도 교사 연수 _ 김평원 교수
개 별 연 구	자료 수준 연구	2014.04.23~ 2014.05.25	자료 수준 연구 & 발표 & 피드백 & 공유
	정보 수준 연구	2014.05.26~ 2014.06.15	정보 수준 연구 & 발표 & 피드백 & 공유
	지식 수준 연구	2014.06.16~ 2014.07.13	지식 수준 연구 & 발표 & 피드백 & 공유
융 합 연 구	개인 논문 작성	2014.07.14~ 2014.07.30	개인 논문 작성과 피드백
	융합 논문 작성	2014.07.31~ 2014.08.31	융합 논문 작성과 팀별 포스터 제작
작 품 화	연구 성과 발표회	2014.09.30	다큐멘터리 제작 발표 _ 9월 16일 연구 성과 발표회 _ 9월 30일 11시, 16시
	연구 성과 전시회	2014.09.30~ 2014.12.31	개인논문, 융합논문, 포스터 발표 전시

| 수레바퀴모형 (Wheel Model)

■ 창의 융합 R&E의 원리, 5년간 3개 학교에 적용되면서 발전하고 있음

2009년, 논문 쓰기 능력과 발표 능력이 뛰어난 융합형 인재 양성을 목적으로 인천대학교 국어교육과 김평원 교수에 의해 개발된 수레바퀴 모형은, 전통 과학 콘텐츠를 기반으로 하는 한국형 STEAM 교육과 개인 논문들을 하나로 융합하는 형태의 R&E를 결합한 것이다.

8개 연구팀별로 3단계로 진행된 개별 연구를 하나로 융합하여, 기존의 통념을 대체할 수 있는 새로운 지식을 생산하는 구조를 취하고 있다. 2010년, 2011년에 각각 두 개 학교에 적용되어 학계(한국과학사학회, 한국토목학회)와 언론(KBS, EBS, YTN, 중앙일보, 동아일보)의 주목을 받은 바 있으며, 이번 인천 하늘고등학교에 적용된 것이 세 번째이다.



■ 김평원 교수의 수레바퀴모형은 한국형 융합교육모델로 국내외 학술지에 소개되고 있다.

| 참고 자료

- 참고 자료 ① 연구 과정 & 결과를 요약한 다큐멘터리 (약 20분)

<http://www.youtube.com/watch?v=6j1zyGs39bM>



- 참고 자료 ② : 8개팀 연구 성과를 요약한 포스터
- 참고 자료 ③ : 개인 논문 32편을 융합한 논문

|문의|

- 인천하늘고등학교 교감 주석훈 032-745-0412 hyeshin66@hanmail.net
- 인천하늘고등학교 교사 이종언 010-6213-5120 lion5005@hanmail.net
- 인천대학교 김평원 교수 010-8774-6593 pwkim@incheon.ac.kr





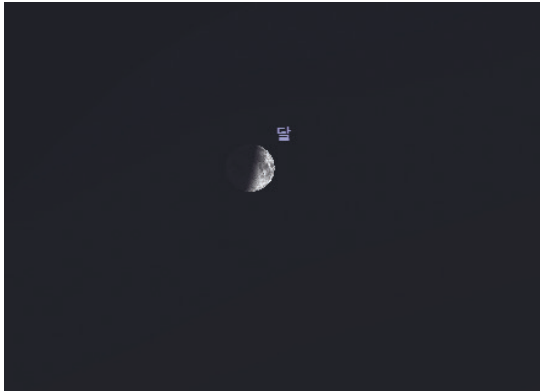
8개 팀별 개별 연구 STEAM · HGB

1. S팀 (과학팀)
2. T팀 (기술팀)
3. E팀 (공학팀)
4. A팀 (예술팀)
5. M팀 (수학팀)
6. H팀 (역사팀)
7. G팀 (지리팀)
8. B팀 (서지학팀)

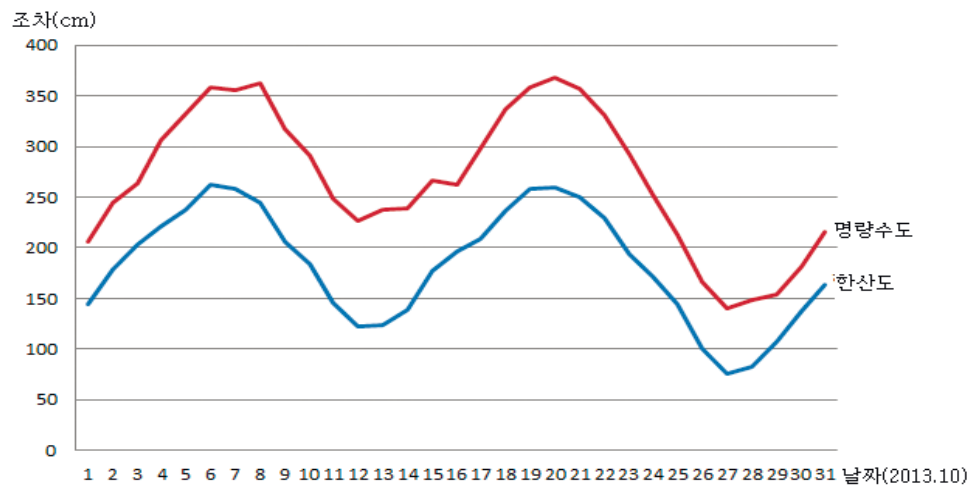
S 한산해전과 명량해전 당시의 자연 환경

- 연구원 : 조형조, 허준명, 문경덕 (2014 인천하늘고등학교 창의 융합 R&E 과학팀)
- 지도 교사 : 송치성 (인천하늘고등학교 지구과학 교사), 임소현(인천하늘고등학교 지구과학 교사)

1. 명량해전, 한산해전 당시 달의 위상 분석

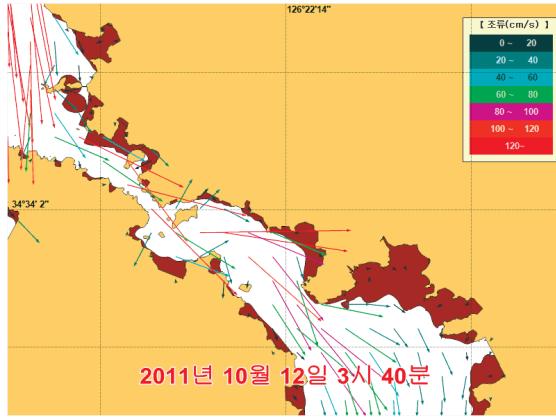


2. 명량해전, 한산해전 지역의 조차 분석

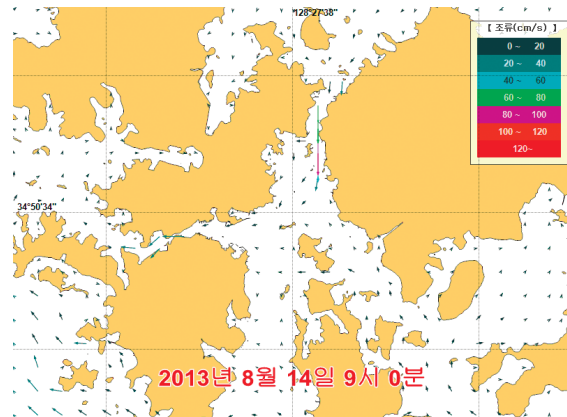


3. 명랑해전, 한산해전 지역의 조류 분석

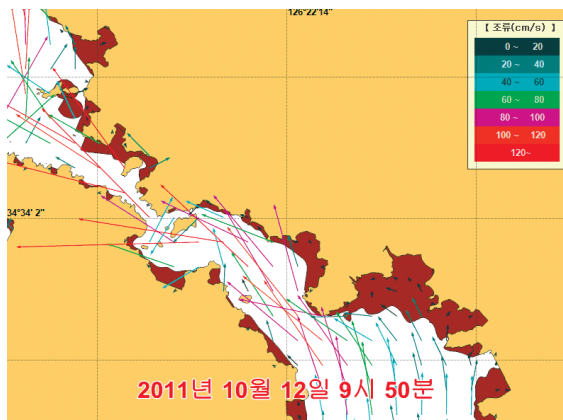
■ 명랑수도 최강낙조류 분포



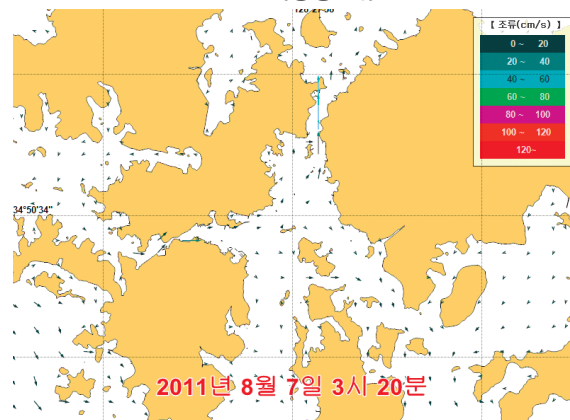
■ 한산도 최강낙조류 분포



■ 명랑수도 최강창조류 분포

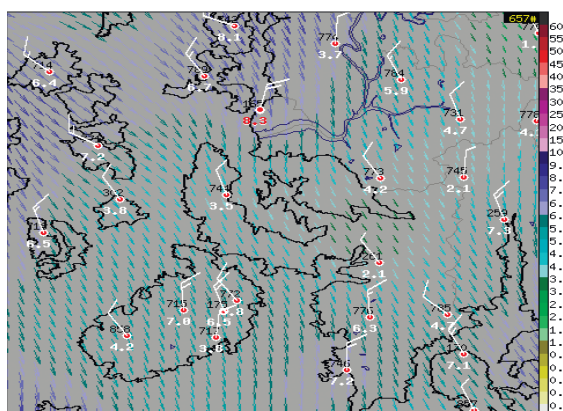


■ 한산도 최강창조류 분포

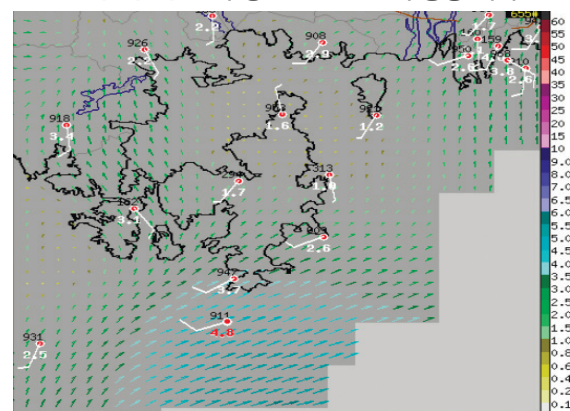


4. 명랑해전, 한산해전 지역의 풍향 및 풍속 분석

■ 명랑해전 당시와 기압 분포가 유사했던
2012.10.30. 10시 경 진도 부근의 풍향 벡터



■ 한산도대첩 당시와 기압분포가 유사했던
2013.08.14. 12시 경 한산도 인근의 풍향 벡터



T 육성, 북, 나팔, 깃발을 이용한 통신 체계의 한계

- 연구원 : 강지우, 김채원, 이호준, 이희우 (2014 인천하늘고등학교 창의 융합 R&E 기술팀)
- 지도 교사 : 서연희 (인천하늘고등학교 물리교사), 이호근(한국공학커뮤니케이션연구회장)

1. 개요

본 연구는 임진왜란 당시 육성, 나팔, 북, 깃발 등만으로 수군의 함대의 의사소통이 가능했을 것인가를 확인하기 위하여 진행되었다. 따라서 본고는 신호 체계에 대한 조사를 바탕으로 각 도구들의 특징을 고려하여 그 한계점을 밝히었다. 청각적 도구와 시각적 도구의 가청 · 가시 범위는 실험을 통해 측정하였고 praat 프로그램을 통해 청각적 도구의 파형을 분석하고 비교하여 배경 소음이 가청성에 미치는 영향을 파악하였다.

2. 전통 해상 통신 도구

전통 해상통신도구로는 장구, 북, 금, 호적, 포, 징, 팽과리, 나팔, 깃발 등이 있으며 본고는 북, 나팔, 깃발을 대상으로 연구를 진행하였다. 해상 통신 도구의 사용은 난중일기와 조선삼도수군조련전진도에 기록되어있으며 이를 바탕으로 각 도구의 신호 전달 방법을 연구하여 실제 신호 체제를 분석하였다.

도구	특징	신호 전달 방법
북	주파수 : 50~300 Hz 데시벨 : 90~100 dB	북을 치는 횟수와 속도에 의한 신호 전달
나팔	주파수 : 2000~4000 Hz 데시벨 : 90~100 dB	나팔을 부는 횟수와 리듬에 의한 신호 전달
육성	주파수 : 80~8000 Hz 데시벨 : 50~60 dB	사람의 말에 의한 신호 전달
깃발	깃발의 문양과 색에 따라 다양한 신호가 정해져 있고 함선의 소속을 밝히는 깃발, 명령에 응하는 깃발 등 다양한 종류의 문양으로 신호 전달	깃발을 높이 들어올리기, 휘젓기, 위아래로 흔들기 등 다양한 동작을 통해 신호 전달

3. 전통 해상 통신 도구의 한계

3.1 청각적 신호

(1) 청각적 통신 방법의 한계

청각적 도구를 통해 신호를 구현하기 위해서는 리듬을 통한 방법, 소리의 크기나 횟수를 다르게 하는 방법 등이 있다. 하지만 다른 소리와 섞여 리듬의 구별이 불가능하거나 횟수를 혼동하여 다른 신호로 인식하는 등 위험성이 따른다.

(2) 거리의 제약 – 신호의 가청 거리

dB의 정의, 소리의 세기와 거리와의 관계식을 통해 [수식 1]과 같은 식을 얻을 수 있었다. 이 식에 대입하여 북, 나팔 소리가 일상소음 수준 이상의 크기로 들릴 수 있는 가청 거리를 측정한 결과 100m 이내의 값을 얻을 수 있었다.

$$dB = (\text{신호의 } dB) - 10 \times \log r^2$$

■ 거리에 따른 소리의 dB

(3) 배경 소음

해전 상황에서 작용하는 배경 소음으로 다음 세 가지를 꼽을 수 있다.

① 바다 기본 소음

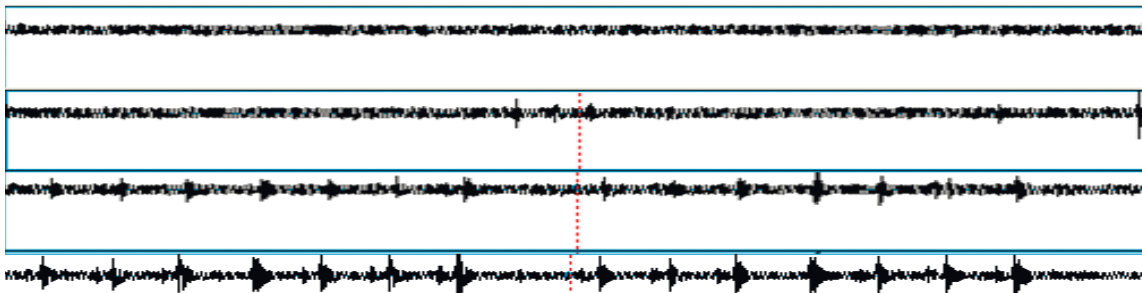
파도의 소음은 일상 생활 소음인 50dB를 훨씬 넘는 수준으로 80~90dB에 이르고 바람소리의 경우 kHz ~ 수십 kHz의 고주파 대역에 영향을 미치기 때문에 신호를 전달하는데 방해 요인으로 작용할 수 있다.

② 대포 소리

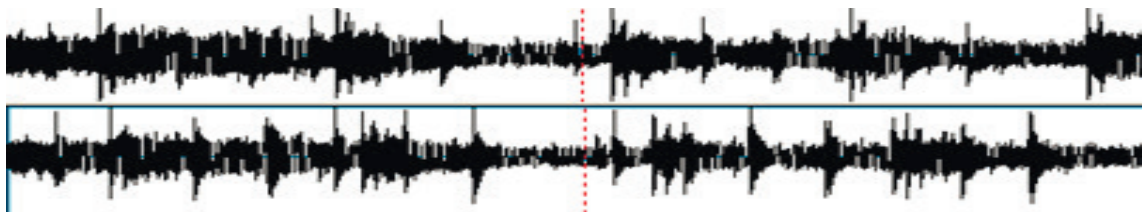
SPCR의 자료와 청각장애연구재단에서 나온 자료를 참고하였을 때 대포 발사음은 140dB로 신호 전달에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

③ 육성 소음

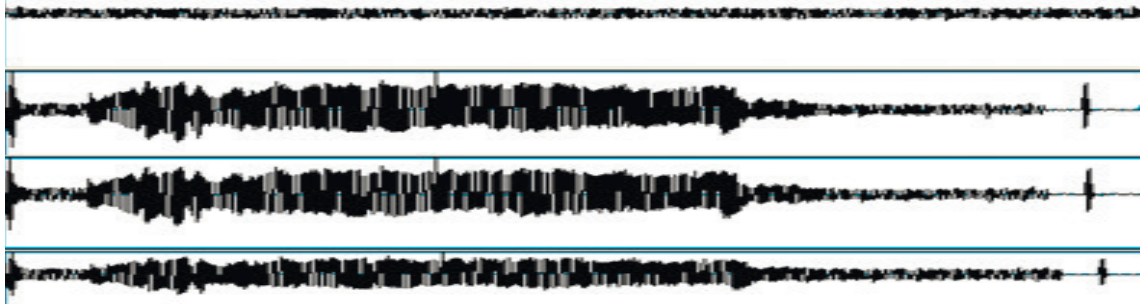
많은 사람이 내는 육성 소음은 약 60~70dB에 이르는데 성인 남성 여러 명이 외치는 육성 소음의 경우 60dB 이상으로 신호 전달에 더 큰 영향을 미칠 것이다. 다음은 백색 소음과 해상소음의 조건에서의 북과 나팔의 소리를 praat로 분석한 그림이다. 그림들을 비교하면 해상 소음이 북소리와 나팔소리의 가청성에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.



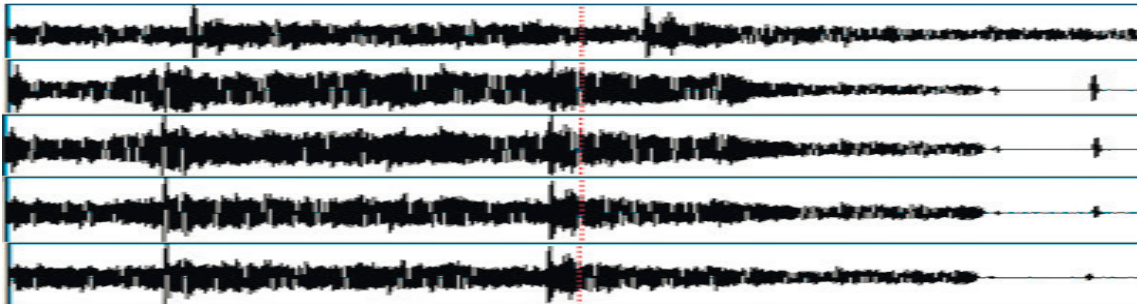
■ 백색 소음 조건에서의 북소리



■ 해상 소음 조건에서의 북소리



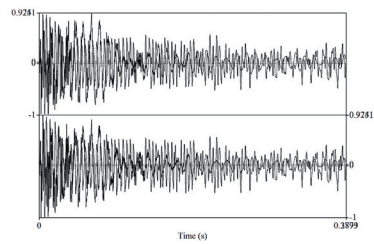
■ 백색 소음 조건에서의 나팔소리



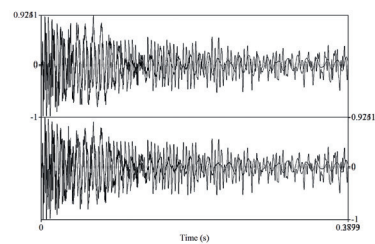
■ 해상 소음 조건에서의 나팔소리

(4) 실험

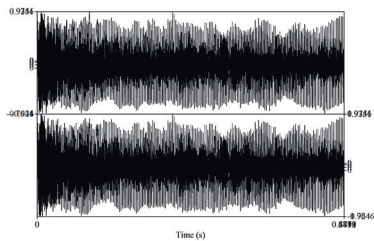
다음의 실험에는 북과 나팔을 대신하여 장구와 팽과리를 사용하였다. 따라서 praat 프로그램을 사용하여 장구와 팽과리가 각 악기를 대체할 수 있는 도구임을 증명하였다.



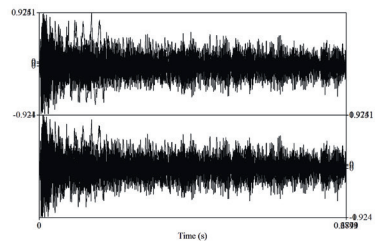
■ 장구의 파형



■ 북의 파형



■ 나팔의 파형



■ 팽과리의 파형

① 해남 진도대교 답사 실험

해남 우수영에서 실시한 다음 실험은 진도대교에서 신호자와 실험자간의 거리를 50m씩 넓혀가며 300m까지의 장구와 팽과리의 가청성을 측정하였다.

실험 결과, 200~250m 지점부터 장구와 팽과리 모두 점차 소리가 작아졌고 상대적으로 장구의 소리가 더 명확하게 들렸다. 또한 300m 지점에서는 신호를 인식할 수 없었을 뿐만 아니라 신호음이 거의 들리지 않았다. 따라서 배경 소음이 없을 때의 가청 거리는 약 200~250m 이다.

② 배경 소음을 고려한 실험

두 번째 실험은 하늘고등학교 앞 도로에서 진행되었으며 파도소리, 대포 소리, 육성 소음 등을 합성시킨 배경 소음을 노트북과 스피커로 재생시켰다. 노트북의 소음은 약 85~95dB이었고 스피커의 소음은 90~100dB이었다. 도로에서 실험자와 신호자간의 거리를 30m씩 넓혀가며 실험자의 반응을 관찰하였다.

실험 결과, 가청 거리가 약 100m 줄어들어 약 150m로 측정되었으며 멀어질수록 팽과리보다 북의 소리가 명확하게 들렸다.



(5) 배의 진형

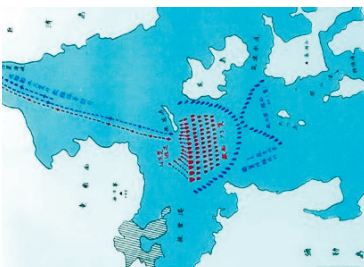
해전은 전략에 따라 배의 진형을 달리하여 공격했기 때문에 배의 진형에 따라 배 사이의 거리가 달라진다. 해전마다 다양한 진형을 사용하였는데 일자진과 학익진 전법의 대형이 대표적이다.



① 일자진

일자진 대형은 명량해전 당시 울돌목 해역에서 사용한 대형으로 배를 일자 모양으로 좌우로 길게 늘어놓는 전법이다. 울돌목 해역은 약 300m~500m이고 판옥선 한 대의 폭은 약 12m이다. 따라서 12척의 모든 배가 같은 간격으로 위치한다고 가정할 때, 두 배 사이의 거리는 약 12m~27m이다. 일자진 대형의 경우 좁은 해역에서 행해졌기 때문에 비교적 신호 전달이 쉬웠을 것이라고 판단된다.

◀ 명량해전도



② 학익진

■ 학익진

학익진 전법은 유명한 한산도 대첩에서 사용된 전술로 배들을 학의 모양으로 위치시켜 적군의 배를 둘러싸는 전략이었다. 한산도대첩은 화도와 미륵도 사이의 넓은 해역에서 적군을 몰아 한산도 앞바다로 유인하였다.

◀ 학익진

화도와 미륵도 사이의 해역의 거리는 약 6.8km(축척을 사용하여 구함.)이고 당시 사용된 배는 약 56척이다. 전 해역에 걸쳐 학 모양으로 배치한다고 할 때, 날개부분에 위치한 배가 약 34척이므로 7km내에 일자로 배열할 경우 각각의 배는 205m정도 떨어지게 된다. 하지만 학의 날개 모양을 갖춘다면 날개 시작 부분의 배 사이의 거리는 205m보다 더 멀어질 것이다.

따라서 좁은 해역이 아닌 **한산도대첩과 같은 넓은 해역에서 이루어진 해전에서는 청각적 도구를 사용하여 원활한 의사소통이 불가능했을 것이다.**

(6) 온도에 따른 소리의 굴절

소리는 매질이 변하면 굴절하는 성질을 가지고 있다. 즉, 낮의 경우 비교적 온도가 높은 지표에서 온도가 낮은 대기로 소리가 전달될 때 음파가 위로 휘는 경향이 있다. 따라서 낮에 주로 해전을 치렀기 때문에 소리가 굴절될 경우 의사소통이 원활하지 못하였을 것이다.

(7) 청각의 둔화

사람은 큰 소리에 오랫동안 노출되었을 때 그 소리에 둔화되어 청력이 저하될 수 있다. 구체적인 근거로 Sprague Dawley 9마리를 4가지 다른 소리 크기(40dB, 60dB, 80dB, 100dB)의 화이트 노이즈에 30분간 노출시키면서 뇌의 활동 변화를 연구한 논문을 들 수 있는데 소리가 커질수록 청각피질의 활성도가 떨어진다는 연구 결과를 통해 입증되었다.

(8) 심리적 요인

사람은 불안 증세를 보일 때 주변의 환경이 확대되거나 왜곡되어 논리적인 사고와 의사결정이 불가능해진다. 이를 심리학적인 측면에서 보면 visual capture 현상이 적용된다. visual capture란 시각 포로 혹은 시각 포착이라고 부르는데, 공간 파악 등에서 다른 감각보다 시각의 우위를 뜻한다.

3.2 시각적 신호

(1) 깃발 자체의 한계

깃발의 경우 청각적 신호에 비하여 구현할 수 있는 명령의 수가 다양하다. 하지만 깃발이 가질 수 있는 움직임은 흔들기, 접기, 위로 또는 아래로 움직이기, 좌 또는 우로 움직이기가 전부이다. 하지만 이러한 동작들 간의 구분이 쉽지 않고 **사람이 만들어낼 수 있는 깃발의 움직임의 크기는 한계가 있으므로 깃발을 들며 발생하는 사소한 움직임과도 혼동될 가능성이 크다.**

(2) 안개

안개는 시야를 가려 시정을 제한하기 때문에 안개가 낀 도로에서 교통사고를 야기할 수 있을 만큼 시각적 신호에 중요한 요소이다. 안개는 대기 중에 수증기량이 충분히 많고 기온이 이슬점 아래로 급격히 내려가면 수증기가 응결되면서 발생하는데 습도가 높은 해전의 경우 바다가 수증기의 공급원으로 작용하고 임진왜란 당시는 현재보다 온도가 낮은 소빙기였기 때문에 안개의 발생빈도가 훨씬 더 높았을 것이다. 현재 소빙기의 기후에서 안개가 발생할 경우 시정거리는 약 100~300m로 제한적이다.

(3) 실험

본 실험은 통영 이순신 공원에서 바다를 배경으로 실시한 가시거리 측정 실험이다. 신호자가 고정된 위치에서 60*90cm의 태극깃발과 색지를 높이 들고 실험자가 적당한 거리만큼 멀어지며 세 번에 걸쳐 가시성을 측정하였다. 축척을 통해 세 구간의 거리를 측정한 결과 약 100m, 130m, 160m였다.

실험 결과 130m~160m 사이의 거리에서 태극 문양의 구분이 힘들었고 색지의 색상 구별은 어려움이 없었다. 따라서 160m 이상의 거리에서 문양을 통해 명령을 구별하는 깃발의 경우 신호 전달이 어려웠을 것이라고 판단된다.

4. 결론

본 연구의 목적은 육성, 북, 나팔, 깃발만을 사용하여 전 함대의 의사소통이 불가능함을 밝히기 위함이다. 따라서 본고는 임진왜란 당시의 신호체계와 각 신호도구의 특징 및 신호 전달방법을 연구하였고 넓은 범위의 조사와 실험을 통해 그 한계점을 밝히었다. 또한 praat 프로그램을 통해 청각적 도구들의 파형을 분석하여 논리성을 더하였으며 결론적으로 육성, 북, 나팔, 깃발만을 사용하여 임진왜란 당시의 함대를 지휘하는 것은 불가능하며 신호연을 사용한 의사소통이 가능했다고 본다.



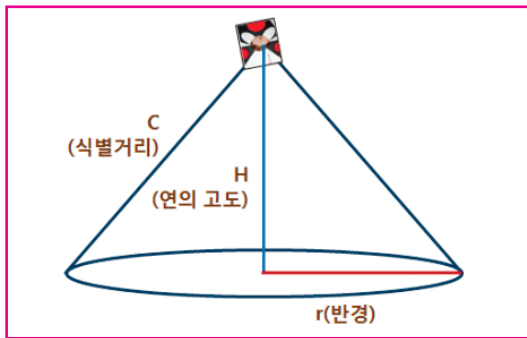
E 신호연의 가시거리와 신호 전달 범위

■ 연구원 : 김용호, 강재연, 김나래, 서동우, 최민주 (2014 인천하늘고등학교 창의 융합 R&E 공학팀)
 ■ 지도 교사 : 이나영 (인천하늘고등학교 물리교사)

1. 신호연의 가시거리 분석

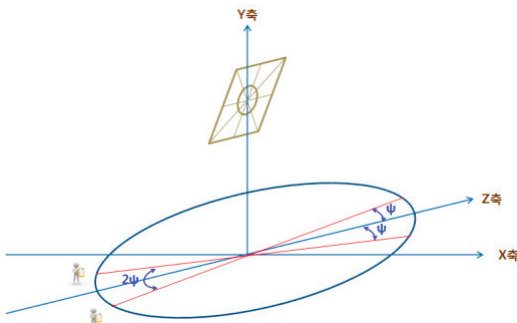
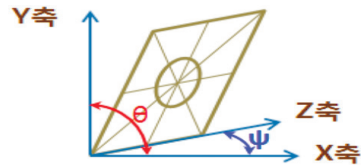
구분	달연	돌쪽	기봉산	반장	삼봉산	이당거리	이봉산	짙은고리	기바리	긴고리
1	240	180	330	330	240	230	300	180	310	230
2	310	180	330	240	270	300	310	180	330	220
3	320	190	320	320	310	270	310	190	340	290
4	500	290	420	500	450	420	500	280	500	290
5	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420
6	250	180	200	200	260	210	240	180	180	210
7	460	270	420	400	430	270	420	270	500	420
8	500	180	400	500	440	500	430	180	500	280
9	460	270	420	370	420	370	500	270	500	350
10	500	300	500	500	500	500	500	300	500	380
11	500	300	500	500	500	500	500	300	500	400
12	500	270	330	500	500	300	500	270	500	290
13	210	190	230	220	230	220	230	190	270	190
14	270	180	210	210	280	250	290	180	300	200
15	320	180	320	320	330	310	350	180	350	320
16	260	220	240	250	230	220	240	220	270	210
평균	376.25	237.5	350	361.25	363.13	336.88	377.5	236.88	391.88	293.055

2. 신호연의 신호 전달 범위

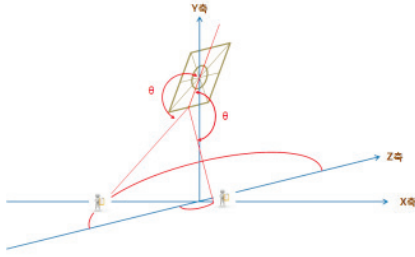


◀ 연의 최대 신호 전달 거리(C)가 332.5m 이므로 공중에 떠있는 연을 꼭지점으로 모선의 길이가 332.5m가 되는 원뿔모형을 그린다. 이 때 원뿔의 밑면인 원이 연의 신호 전달 범위가 된다. 연의 최대 신호 전달 거리는 상수 값으로 정해져 있으므로 연의 신호 전달 범위는 연의 고도에 따라 달라진다. 밑면의 원의 반지름의 길이를 r이라고 하면 $r^2 + H^2 = 332.5^2$ 이 된다. 연의 높이가 높아질수록 반지름의 길이가 짧아지므로 신호반경을 최대한 길게 하기 위해서는 연의 높이를 최대한 낮게 해야 한다. 본 연구에서는 연의 높이를 조선시대 해전 당시 가장 많이 쓰였던 판옥선의 돛보다 조금 높은 값으로 25m로 한다.

▶ 연을 다음과 같이 x축, y축, z축을 기준으로 한 좌표상에 위치시킨다. 연의 신호를 인식할 수 없는 각도 측정 실험에서 Y축을 기준으로 좌우로 회전 시키면서 구한 값이 ψ , Z축을 기준으로 상하로 회전시키면서 구한 값을 θ 라 할 수 있다. 이 때 두 각의 단위는 라디안(rad)으로 한다.

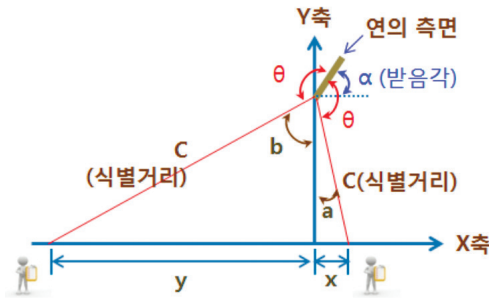
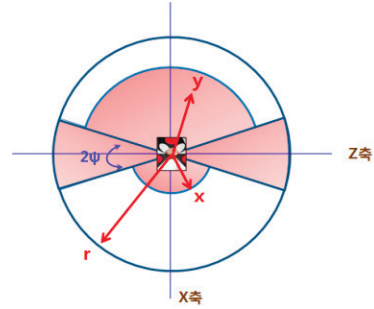


◀ 연의 옆면을 Z축 위에 올려 놓고 Z축으로부터 양, 음의 방향으로 ψ 만큼 회전시킨 직선이 형성하는 부채꼴 모양이 측면에 형성되는 사각 범위이다. 이 때 사각 범위는 부채꼴은 연의 양 측면에 대칭을 이루며 형성된다.



◀연의 한 평면으로 보고 연과 ψ 를 이루는 직선을 XZ평면에 닿을 때 까지 그은 뒤 밀면의 중심이 원점이고 직선이 모선인 원뿔 모양을 그린다. 이 때 형성되는 원뿔의 밑면이 연의 신호 식별 불가능 범위가 되는 것이다. 연이 기울어져 있을 때 연의 전후면에 형성되는 사각 범위가 다르다는 것을 확인할 수 있다.

▶다음 그림은 연의 전후면에 형성되는 사각 범위와 측면에 형성되는 사각 범위를 포함한 연의 신호 전달 범위이다. 색칠된 부분이 연의 신호 사각 범위로 측면에 형성되는 사각 범위는 반지름 r 과 ψ 를 이용하여 부채꼴 넓이를 구하는 방법으로 구할 수 있다.



◀연의 전후면에 형성되는 사각의 넓이는 앞에서 구한 θ 값과 연의 받음각을 통해 다음 그림과 같이 구할 수 있다. 연의 받음각과 θ 값을 이용하여 각 a, b 를 구한 뒤 \sin 을 이용하여 x, y 를 구하면 x 와 y 는 각각 $\sin a, \sin b$ 가 된다. 이 때 연의 받음각은 연의 양력계수가 최대일 때의 받음각의 크기로 $\frac{\pi}{6}$ 이다. 위와 같은 방법으로 연의 측면과 전후면 사각범위의 넓이를 구하는 식을 세우면 다음과 같다. 연의 신호 식별 불가능 지역 = (측면 사각 넓이) + (전후면 사각 넓이)

$$= (2\psi r^2) + \left(\frac{y^2 \cdot (\pi - 2\psi) + x^2 \cdot (\pi - 2\psi)}{2} \right)$$

연의 신호 전달 범위 = (원의 넓이) - (연의 신호 식별 불가능 지역)

이 식에서 r 은 연의 최대 신호 인식 거리인 332.5m인 모선을 갖는 원뿔의 밑면의 반지름이고 연의 높이는 앞서 말한 바와 같이 판옥선의 돛의 높이인 25m로 한다. 이 때 r 의 값은 333m가 된다. 또한 ψ 는 $\frac{\pi}{12}$ 라디안이고 x 와 y 를 구할 때 θ 는 $\frac{17}{18}$ 라디안, 받음각은 선행 연구에 따라 연의 양력계수가 가장 클 때의 받음각인 $\frac{\pi}{6}$ 라디안이 된다. 이 값들을 대입하여 연의 신호 식별 불가능 지역을 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ 연의 신호 식별 불가능 지역} &= (\text{측면 사각 넓이}) + (\text{전후면 사각 넓이}) \\ &= 58,061.345 + 89,295.509 \\ &= 147,356.854(m^2) \end{aligned}$$

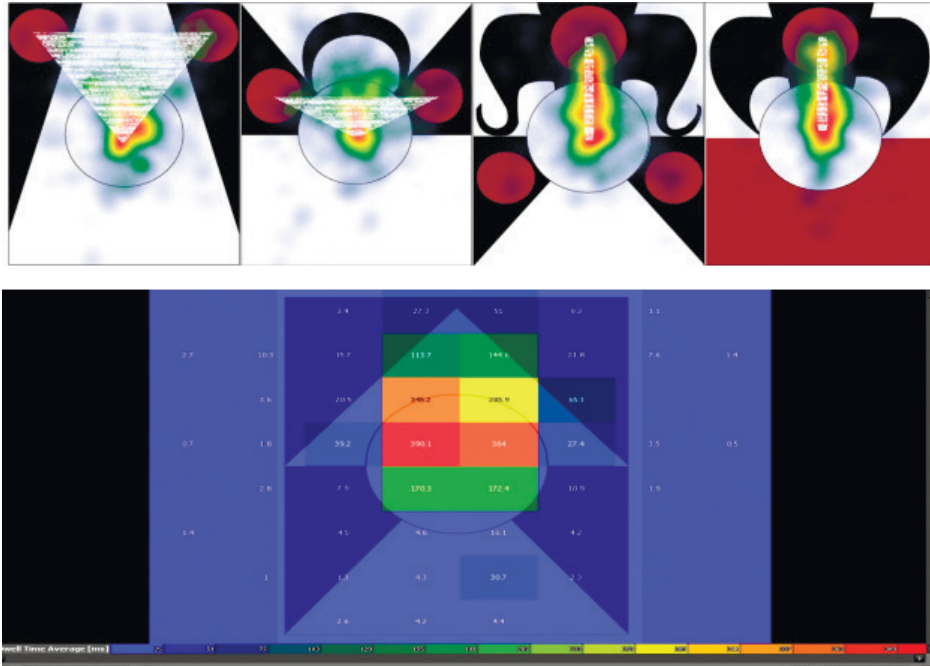
$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ 연의 신호 전달 범위} &= (\text{원의 넓이}) - (\text{연의 신호 식별 불가능 지역}) \\ &= 348,368.068 - 147,356.854 \\ &= 201,011.214(m^2) \end{aligned}$$

사각을 제외한 연의 신호 전달 범위는 각각 측면에서 $58,061.345(m^2)$, 전후면에서 $89,295.509(m^2)$ 인 연의 신호 식별 불가능 지역을 제외한 $201,011.214(m^2)$ 임을 알 수 있다.

A 인지과정 분석 기반 신호연의 디자인 체계

- 연구원 : 강지웅, 김지영, 이정인, 이화준 (2014 인천하늘고등학교 창의 융합 R&E 예술팀)
- 지도 교사 : 위현서 (경희대학교 산업디자인과), 나유영 (인천하늘고등학교 미술교사)

1. 시선추적장치(eye-tracker)를 이용한 실험(피험자 200명) 결과

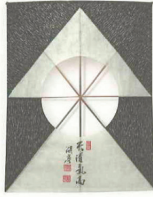


2. 인간의 인지 과정(디자인 카드 실험) 기반 신호연 디자인 체계



M 신호연을 활용한 암호 체계 가설

- 연구원 : 고승규, 고승희, 손채연, 안성준, 임채현 (2014 인천하늘고등학교 창의 융합 R&E 수신팀)
- 지도 교사 : 장윤선 (인천하늘고등학교 수학교사)



기바리
(전투 준비 명령 대기)



중모리눈쟁이
(포위하여 적 섬멸)

420년동안 사람들의 입을 통해 전해진 바에 따르면 기바리연은 명령을 대기하라는 의미이고, 중모리 눈쟁이연은 포위하여 적을 섬멸하라는 의미였다고 한다. 이처럼 통영에서는 각 연마다 고유의 의미가 정해져 있다고 전해지고 있다. 하지만, 이런 방식이라면 적들도 연을 보고 있기 때문에 암호 기능을 할 수 없었을 것이다.

1. 연의 문양과 연의 운동을 활용하는 방식

적은 수의 연으로 많은 경우의 수를 만드는 것이 효율적이라는 생각을 바탕으로 연의 문양, 개수, 운동을 변수로 하는 체계를 고안하였다. (적재하는 연의 수) = (종류 당 파손을 대비한 여분의 연) × (암호체계에 사용할 연의 종류) × (한 가지 명령에 중복해서 사용될 수 있는 연의 최대값) 이므로 중복을 허용한다면 적재하는 연의 수가 증가한다. 명령의 시작과 종단을 알리는 신호가 각각 필요하므로 (작전 수)+2의 신호가 필요하다. 한 가지 명령에 한 가지 연의 조합만을 사용하기 위하여 연의 운동을 명령의 시작과 종단의 의미로 사용하는 방안에 대해 생각해 보았다. 예를 들어 명령을 내리기 몇 분 전 미리 연을 띄워 놓고, 본격적으로 '시작하라' 라는 명령을 내리려면 연을 좌우로 크게 흔들고, 작전 진행 중 '중지하라' 라는 명령을 내리려 한다면 연을 상하로 흔드는 등, 연의 운동 모습을 다르게 하면 되는 것이다.

2. 암호 코드북을 활용하는 방식

명령어와 연을 하나씩 대응시킨 표준 암호 코드북을 만든 후 매 전투마다 이를 변형하여 사용하는 체계이다. 표준, +1, +2 방식으로 코드북이 변형되므로 전체 연의 순서를 미리 알고 있어야 한다.

코드 \ 명령어	돌격	후퇴	포격	...
표준				...
+1				...
+2				...
...

3. 한자 코드 방식

한자를 이루고 있는 부수(部首)와 연을 대응하여 조합 방식으로 신호를 전하는 방식으로 사전에 부수와 어느 연이 대응되는지를 약속해야 한다.

명령	의미	한자	음	명령	의미	한자	음
유인하라	피다	誘	유	추격하라	쫓다	追	추
조류 변경	조수	潮	조	모여라	모으다	集	집
대기하라	기다리다	待	대	후퇴하라	물러나다	退	퇴
진을 쳐라	진 치다	陳	진	휴전하다	쉬다	休	휴
공격하라	나아가라	進	진	방어하라	막아라	防	방

연	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
부수	誘	潮	待	イ	主	β	金	方	し	島	木

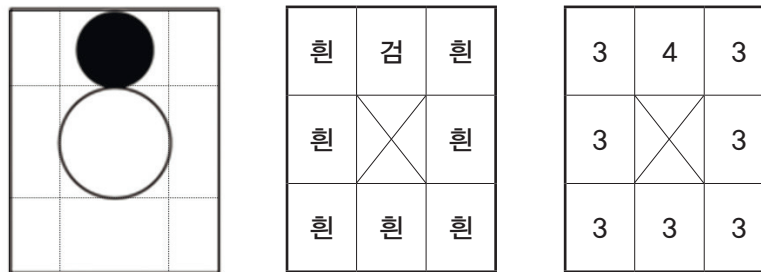
이렇게 각 부수에 하나의 연을 배정한 후 전달하고자 하는 명령이 함축된 한자에 해당하는 부수와 대응되는 연을 모두 띄워 송신하면 된다. 예를 들어 ‘휴식하라’ 라는 명령은 4번 연과 11번 연을 동시에 띄워 내린다. 여기에 전체 군영을 5단위로 나누어 각각 다른 색상의 방위연을 부여하여 군영의 위치에 따라 명령을 내리는 것이 용이하도록 하였다.

4. 연의 문양과 연의 고도를 활용하는 방식

배의 중앙을 기준으로 앞쪽과 뒤쪽에서 연을 날려 연의 높이를 이용하여 신호를 보내는 암호 체계이다. 연을 한 개 날리는 경우는 (상), (하) 두 가지, 연을 두 개 날리는 경우는 (상,하), (상,상), (하,하)의 세 가지, 연을 세 개 날리는 경우는 (상,상,상), (상,상,하), (상,하,하), (하,하,하) 네 가지가 있다. 연의 배열 순서를 변수로 생각하지 않고 높이만을 변수로 설정하였기 때문에 (상,상,하)와 (상,하,상)은 같은 경우이다. 연을 한 개, 두 개, 세 개를 날리는 것을 가지고 만들 수 있는 경우의 수는 총 $2 \times 2 + 3 \times 3 + 4 \times 4 + 2(2 \times 3) + 2(2 \times 4) + 2(3 \times 4) = 81$ 이다. 앞에서는 (상) 뒤에서는 (상, 상)처럼 띄우는 연의 높이를 모두 같게 한다면 그것이 상인지 하인지를 구분하기 어려우므로 연을 모두 같은 높이로 띄우는 경우의 수인 18을 전체 경우의 수에서 빼주어도 $81 - 18 = 63$ 으로 충분한 경우의 수가 나온다. 연 6개만을 가지고 총 63가지의 명령을 내릴 수 있는 것이다.

이 체계는 높이만을 변수로 사용하였기 때문에 모두 같은 종류의 연을 사용하여도 무방하므로 ‘변별도’에 따라 필요한 연을 선정하는 수고로움을 피할 수 있다는 장점이 있다.

5. 연의 영역을 정보로 활용하는 마방진 방식



이 체계는 연의 문양 자체에 집중하였다. 먼저 흰색, 검정색, 빨간색에 서로 다른 임의의 수를 부여한 후, 연을 왼쪽 그림과 같이 3×3으로 나누어 가운데 방구멍을 제외한 나머지 8개 구역에 각 구획을 대표하는 색을 이전에 부여한 수로 변환한다. 그 후 사전의 약속에 따라 하나의 행 또는 열과 각 색에 부여할 임의의 숫자를 지정하면, 연을 띄웠을 때 해당 행 또는 열에 있는 3구획의 대표색의 합이 암호가 되어 그에 해당하는 수를 코드 북에서 읽으면 되는 방식이다. 하지만 이 방법은 구획으로 나누었을 때 대표색을 선정하기에 애매한 연이 다수 존재한다는 단점이 있다. 그래서 전체 연에서 해당색이 몇 개의 부분에 존재하는지에 따라 코드를 부여하는 방법을 채택하였다. 여기서 검정색을 a , 빨간색을 b 로 정했으며 흰색은 배경이므로 고려하지 않았다. 색깔 구성이 같은 연들을 하나로 묶어 대표 연을 정해 코드화하면 다음과 같다.

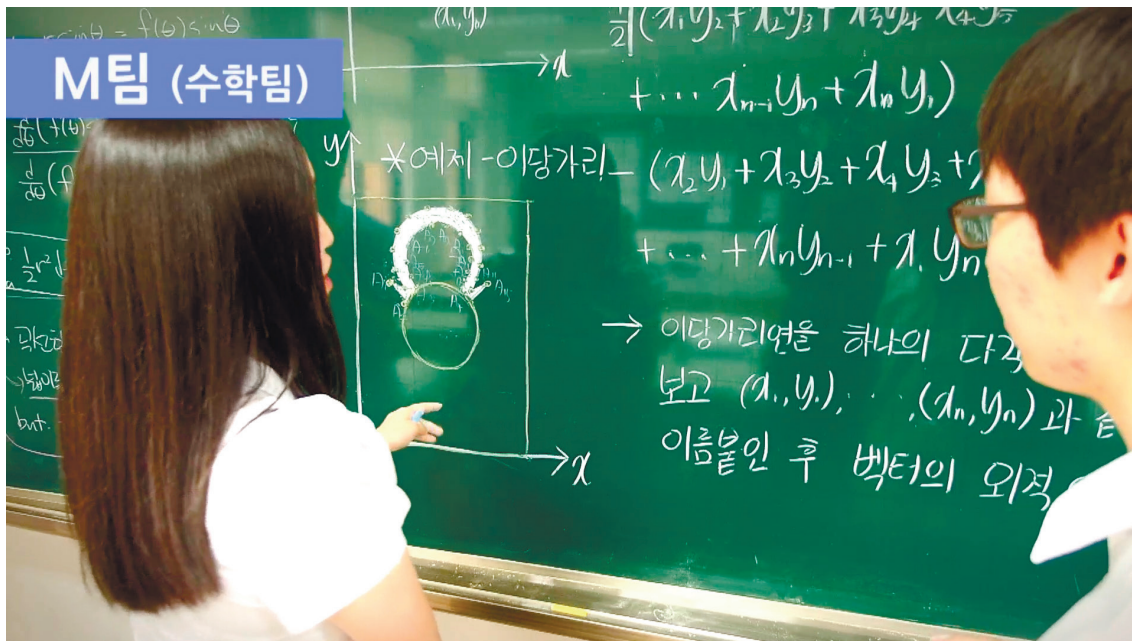
다른 연들에 비해 색깔 구성이 편향되어 있는 해연(☄)을 다른 연들과는 다르게 보조적 의미로 사용하기로 하고 사전에 해연을 제외한 색깔 구성이 다른 연을 n 개 설정한 후 해연 없이 띄우면 $a = \alpha, b = \beta$ 라 하고, 해연과 함께 띄우면 $a = \gamma, b = \delta$ 라고 하였다.

예를 들어 해연이 없을 때 $a = 1, b = 2$, 해연과 함께 띄울 때 $a = 2, b = 1$ 이라고 하면 (☄)는 $1 + (1 + 2) = 4$ 이고, (☄)는 $2 + (2 + 1) = 5$ 이다. 코드북에서 4가 유인을 의미하고, 5가 포위를 의미하면 전자의 경우에는 '유인하라' 라는 명령이고, 후자의 경우에는 '포위하라' 라는 명령인 것이다.

마방진설을 이용하여 암호체계를 만들 때 해연을 제외한 n 종류의 색깔 구성이 서로 다른 연을 적재할 경우의 명령어의 최대 개수는 다음과 같다.

$$2 \times ({}_nC_1 + {}_nC_2) + {}_nC_3 = 2 \left(n + \frac{n(n-1)}{2} \right) + \frac{n(n-1)(n-2)}{6}$$

마방진설의 장점은 연이 굳이 같은 종류가 아니어도 색깔 구성만 같으면 되므로 적들의 혼란을 가중시킬 수 있다는 점과 변별도를 이용하여 연을 선정하는 것 보다 연 선별법이 간단하다는 점이다. 반면에 매번 적들에게 발각되지 않으려면 와의 값을 새로 지정하여 그에 맞춰 코드북을 다시 만들어야 하는 번거로움이 있다는 것이 단점이다.



H 임진왜란 이전의 조선의 군사 제도와 정세

- 연구원 : 손동찬, 박혜민, 최윤미 (2014 인천하늘고등학교 창의 융합 R&E 역사팀)
- 지도 교사 : 이정하 (인천하늘고등학교 역사교사), 조기성 (인천하늘고등학교 사회교사)

1. 수군의 발전

육군의 보조 역할을 하다가 제도적으로 해상 방어를 담당하는 수군이 확립되어 육군과 분리되어 독립된 병종으로 정착된 것은 조선 전기이다. 세종 대에 이르러서는 군역과 더불어 병선(兵船)·각포설진(各浦設鎭) 등으로 수군 규모와 편제가 제도상으로 정비되었다. 그러나 비교적 육군보다 복무 환경이 열악했던 수군은, 자연스럽게 기피의 대상으로 전락되었다. 이에 병력 수가 현저히 감소되어 폐지의 지경에 이르렀다. 쇠퇴의 길을 걷던 조선 수군은 1592년 임진왜란 발발 직전, 대대적인 재정비가 이루어졌다. 1510년 삼포왜변, 1555년 을묘왜변, 그리고 손죽도 사건 등을 계기로 수군의 수권이 신장(伸張)되었다. 이를 통해 육군의 궁수를 수군에 편입시키는 방법을 도입할 수 있었다. 또한 해안가의 방어 시설을 수리하고, 무기들을 정비했다. 뿐만 아니라, 화포(지자총통, 현자총통, 천자총통 등) 및 판옥선의 개발 등의 무기 개발이 수군을 중심으로 이루어져 집약적 발전을 가능케 하였다.

2. 계급의 분화

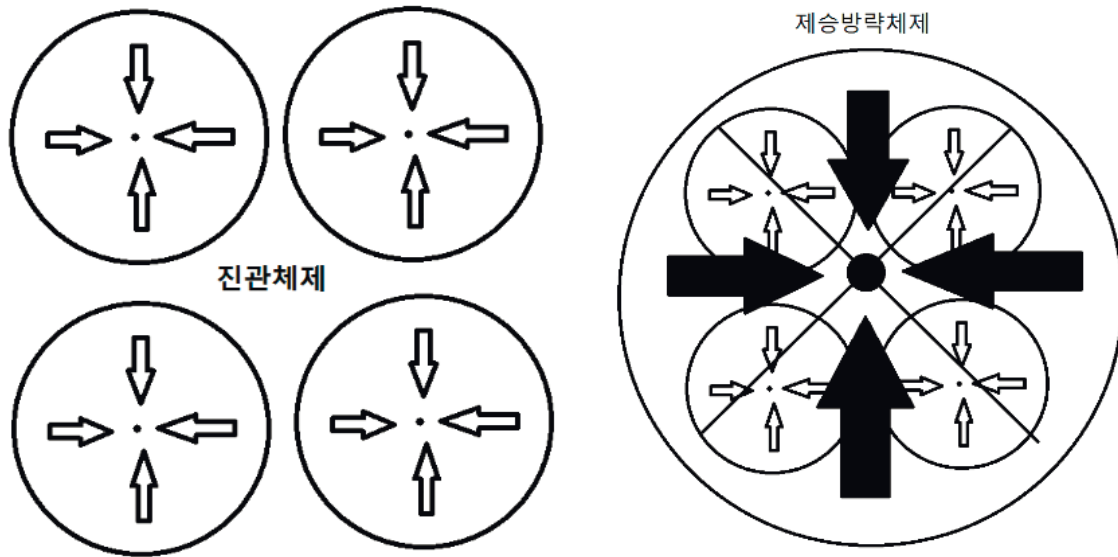
16세기 중반, 조정은 직전법(職田法)을 폐지한다. 직전법은 본디 과전법(科田法)을 대신하여 실시되었다. 직전법은 전직 관료의 수조권한(收租權限)을 폐지하여, 관료의 수탈을 최소화하는 내용이 주를 이루었다. 조정은 현직 관리 및 전직 관료의 수탈에서 전직 관료의 수탈이 배제되기를 기대했으나, 관료의 연금수당이 사라지면서, 현직관료가 의식적으로 더 많은 수탈을 자행하도록 하는 결과를 야기했다. 이러한 수탈을 막기 위해, 조정은 관수관급제(官收官給制)를 실시한다. 관수관급제는 현직 관리들의 수조권한을 폐지하고, 녹봉의 형태로 임금을 받는 제도이다. 이러한 일련의 과정을 거치면서, 직전법의 존재이유는 사라져버렸고, 이는 자연스럽게 직전법의 폐지로 이어진다. 직전법의 폐지는 양반들이 날릴 수 있는 조선 사회를 만들었다. 토지 규제가 사라진 양반들은 자신의 토지를 넓히는 데 몰두했고, 결국 그 토지가 가히 어마어마한 크기가 되었다. 이에 대부분의 소작농들은 전호(佃戶)로 몰락했다. 직전법의 폐지와는 별개로 공납(貢納)의 폐단현상도 발생했다. 시전 상인의 개입으로 형성된 비자금(元貢)을 10~100배로 만들어버렸다. 이들은 조선 사회의 빈부 격차 심화에 커다란 역할을 수행했다.

3. 군역제의 문란

조선시대 군사제도의 근간이 되었던 병농일치제(兵農一致制)는 농민들을 대상으로 한 제도였으므로, 농민층의 몰락은 결코 가벼운 일이 아니었다. 특히 병농일치제는 국역체제를 바탕으로 하여, 대상을 천인층과 노비를 제외한 양인으로 두었다. 게다가 조선 군사는 경비자판(經費自辦)을 기초로 운영되었으므로, 부유한 양인만이 군인이 될 수 있었다. 15세기이후부터는 갑정, 정병, 수군들이 여러 가지 요역에 동원되는 이른바 요역화(徭役化)가 진행되었고, 이 요역화는 수포대위제(收布代位制)를 야기했다. 이러한 움직임은 진관체제(鎭管體制)를 바탕으로 했던 15세기와 16세기 말의 조선 군사에 치명적인 문제점이 되었다.

4. 제승방략 및 진관체제

진관체제는 요충지에만 진을 설치했던 조선초기의 방위 체제의 문제점들을 보완하여 나온 대책으로, 1466년 완성되었다. 중요 지역을 거진(巨鎭)으로 하고, 그곳에 목사(牧使)를 겸하는 첨절제사(僉節制使)가 진관의 군사력을 쥐게 하는 형식으로 행해졌다. 이는, 상시(常時)에는 농업에 종사하다가, 전쟁 상황이 닥쳤을 때 거진으로 모여 부대를 편성하는 제도라는 뜻이다. 이와 달리 제승방략체제는, 유사시에 각 고을의 수령이 그 지방에 소속된 군사를 이끌고 본진(本鎭)을 떠나 배정된 방어 지역으로 가는 분군법(分軍法)이다. 좀 더 자세히 살펴보자면, 이 전략은 적의 침공 지점에 가까운 관군들이 1차 거점 지역으로 이동하여 방어하고, 후방의 관군들이 중요 거점 지역에 집결하여 방어 태세에 돌입하는 한편, 중앙의 장수들과 정예 장교들이 이곳에 급파되어 지역의 관군들을 지휘하면서 적과의 전면전을 벌이는 것이 주요 내용이다. 제승방략체제는, 조선 중기 이후부터 전국방위망으로써의 성립기반이 지나치게 광범위한 진관체제가 무력해짐에 따라, 임시방편으로 도입되었다. 제승방략체제는 진관체제의 거진보다 그 범위가 넓고 중앙의 관리가 파견되어 군대를 맡는 차이점을 갖고있었다. 그러나 이는 속전속결(速戰速決)에서의 불리함을 야기했다. 또한 제승방략의 4차 방어선 체제는, 4개의 방어선 사이의 공백(空白)을 야기했을 뿐만 아니라, 관리 파견이 늦어질 시에 군대 훼손의 위험성을 가지고 있었다. 그러나 제승방략체제의 이점도 있었다. 진관체제의 수군은, 수권의 범위가 해안가만 한정되어있었다. 그러나 제승방략체제로 군사 체제가 수권은 내륙 지방까지 행사되었고, 이는 수군의 노동력 및 자금력이 강화되었다는 것을 시사한다. 이를 통해, 수군은 수군의 부패 현상으로 심화되었던 수군 군사 수의 부족을 해결할 수 있었다. 또한 이는 15세기 중반의 판옥선 건조로 이어졌다.



5. 봉당정치

봉당의 대립은 1575년 이조전랑직 건에 대해, 심의겸(沈義謙)과 김효원(金孝元)의 대립을 계기로 처음 발생되었다. 김효원을 따른 신진사류가 동인(同人), 심의겸을 따른 기성 사류가 서인(西人)을 자처하게 되었는데, 이들은 시간이 지남에 따라, 초기의 상호견제를 넘어서 다투기를 시작했다. 예시로는 정여립의 모반 사건이 있다. 정여립(鄭汝立)은 본디 이이를 따르던 서인이었으나, 이이 사후에 동인으로 그 세력을 옮겨간 위인이다. 그러나 그는 ‘스승을 배반했다.’라는 죄명으로 서인의 공격에 시달리다가 결국 역모죄로 몰려 결국 기축옥사(己丑獄事)로 처형당한다. 이에 동인은 커다란 피해를 입는다. 피해를 입은 동인들은 정철의 건저 사건을 일으켜 역전극을 꿈꾸었다. 이는 세자 책봉을 계기로 발발했는데, 이를 계기로 여러 서인에게 인사들이 귀양 및 파직을 면치 못했다. 위의 일말의 사건들은 동인의 조정 장악으로 이어졌다. 이는 1591년의 일로서, 1592년 발발했던 임진왜란에 지대한 영향력을 동인이 행사했다는 것을 알 수 있다. 이와는 별개로 조정이 16세기 후반부터 일본에 파견한 통신사(通信使)는, 일본의 실정을 알아보는 것이 목적이었다. 전국 통일을 이룩해낸 일본의 정세가 이상했기 때문이다. 서인 황윤길(黃允吉)과 동인 김성일(金誠一)을 포함했던 1590년의 통신사는 귀국이후 상반된 주장으로 갈라졌다. 동인 김성일은 일본의 침략 의도는 전혀 보이지 않는다고 보고했으며, 서인 황윤길은 왜의 침략이 확실하다 보고하였다. 이 엇갈린 주장에, 건저사건으로 동인이 집권했던 조정은 여러 요인이 작용했지만, 결론적으로 김성일의 손을 들어주었다. 또한 이에 ‘민심을 흉하게 할 필요 없기 때문’이라고 의견을 표명하였다. 이는 임진왜란에 대한 조정의 무대비로 이어졌고, 초기패배에 결정적 역할로 이어졌다고 보인다. 봉당정치가 임진왜란에 미친 영향은 ‘유성룡(柳成龍)의 이순신 추천’에서 또한 드러난다. 동인계의 유성룡이 이순신을 추천하자, 서인계가 옹호하던 원균을 밀어준 것이 이가 드러나는 내용이다. 원균은 임진왜란에서 3도 수군통제사의 자격으로 칠천량해전에서 조선수군을 전멸시키는 대실패를 겪었기에, 임진왜란에서 커다란 영향력을 행사한 인물이라 할 수 있다. 이와 더불어, 조선은 임진왜란 준비과정 중 당파 간의 알력 다툼에 제대로 된 방비를 해내지 못했다. 전쟁 준비의 기본 중 한 가지라 할 수 있는 축성(築城) 작업이 서로 다른 정파(政派)들의 이해관계 속에 난항을 겪었던 것이다. 축성 작업을 가장 반대했던 정파는 비주류 동인인 남명학파(南冥學派; 曹植) 계열의 정치세력이었다. 이처럼 임진왜란이라는 고유명사는 봉당정치의 역학 관계가 만들어낸 전쟁이었다.

6. 동아시아의 정세

당시 중원의 주인은 명(明)이었다. 1505년에 재위한 무종(武宗)은 라마교를 광신하여 정치에는 큰 관심이 없었다. 이는 환관의 득세로 이어졌다. 이는 1521년 세종(世宗)의 즉위 후 비교적 잠잠해졌으나, 권력의 이동 및 쟁탈전의 시작에 의해 가려진 것에 불과했다. 신종(神宗)부터는 재정 문제가 찾아왔다. 250만 냥의 수입과 400만 냥의 지출은 엄청난 적자를 야기했다. 또한 북동쪽에 위치했던 여진족은 커다란 위협이 되고 있는 실정이었다. 한편, 일본은 도요토미 히데요시가 전국 통일을 마친 상황이었다(1590). 도요토미 히데요시의 풍신평화령(豊臣平和令)으로 인해 전국 시대가 끝이 난 것이다. 무신이 몇 백년간 집권했던 일본이 통일되자, 전국이 갖고 있던 여러 군데의 잔존 군사들은 군사력의 과잉을 야기했다. 또한 오랜 전국 시대로 인해 백성들마저도 무기를 소지하고 있는 실정에서 도수령(刀狩令)을 실시하여, 백성들의 무기 압수를 실시했다. 또한 통일 후 어지러운 내부 상황은 극악 처방이 시급했다. 1586년부터 주장했던 조선침략이 사회상과도 정확하게 일치하게 된 상황이었다.



이순신 함대의 신호 중계 지점 추론을 위한 지리적 고찰

- 연구원 : 이정은, 이진솔, 최소영 (2014 인천하늘고등학교 창의 융합 R&E 지리팀)
- 지도 교사 : 이지현 (인천하늘고등학교 지리교사)

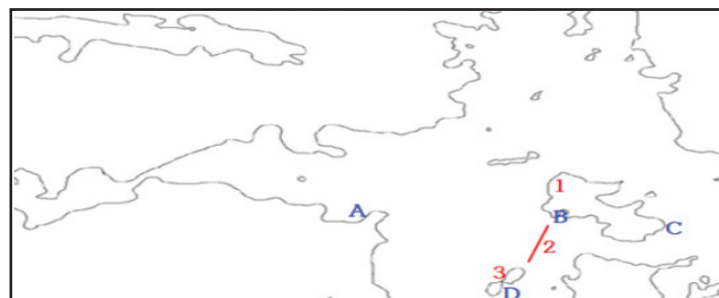
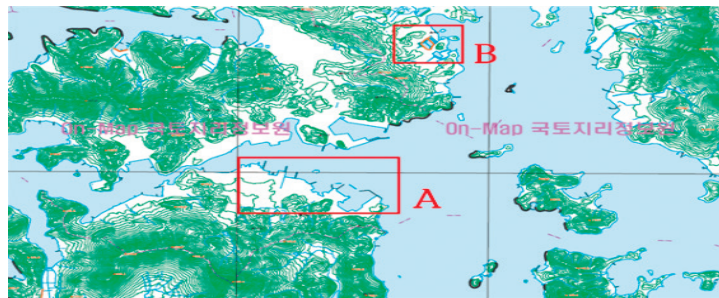
1. 한산해전의 통신 중계 지점 추론

난외주기, 경계, 지형, 수계의 정보를 포함한 지도(On-Map)를 사용하여 간단히 확인할 수 있는 구조물들을 배제하는 일차적인 판별 작업을 진행하였으며 그 기준은 다음과 같다.

- 기준1) A에서 볼 수 있는 것과 같은 검은 직선으로 표시된 부분
- 기준2) B에서 볼 수 있는 것과 같은 주황색 구역
- 기준3) 다리와 같은 교통로
- 기준4) 방조제가 설치된 구역

KIGAM(한국지질자원연구원)에서 제공하는 지질도를 사용하였으며 좁은 구역의 지질분포를 확인하는 것이기 때문에 1 : 50,000 지질도를 사용하였다. 지질도를 사용해 매립지와 인공 구조물을 판별하는 기준은 다음과 같다.

- 기준 1) E와 같이 지질정보가 Water(물)인 구역
- 기준 2) F와 같이 바다와 접하는 부분의 지질정보 표시가 되어있지 않은 곳
- 기준 3) 일반도에 그려진 부분이 아예 표시되지 않은 경우

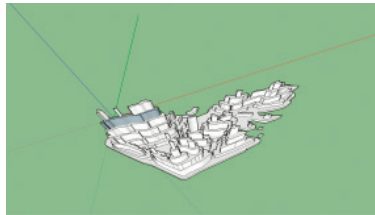


2. 한산해전의 통신 중계 지점 모형 제작

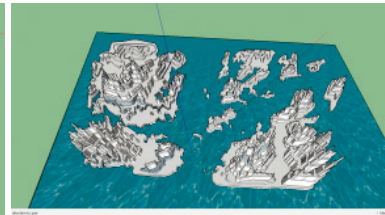
모형 복원을 통해 임진왜란 당시 신호연의 통신 중계 지점을 밝혀내기 위해 당시의 모습을 그대로 재현하고자 On-map, 지질도, 위성 지도, 토지 이용도를 사용한 판별의 결과 한산해전의 장소에서는 약 $814,955m^2$, 명량해전의 장소에서는 약 $4,897,885m^2$ 의 인공 구조물 및 매립지를 배제해 내었고, 이를 바탕으로 지도를 복원하였다. 복원한 지도에 매복지 및 통신 중계 지점으로 유력한 부분들의 수치를 측정하고 기입한 뒤, 토의의 과정을 거쳐 각 해전 별로 매복지와 통신 중계 지점을 추론해 내었다. 또한 고지도, 전자지도, 주제도, 복원한 지도, Google Sketch-up등 다양한 데이터베이스를 참고하여 해전지 모형 복원에 필요한 요소들과 경험적 요건을 갖추었다.



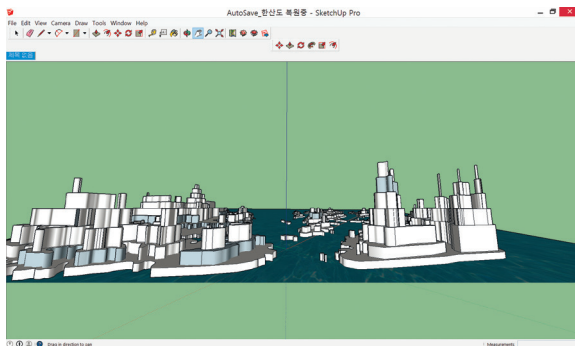
■ 지형도를 좌표에 적용



■ push/pull툴로 입체화



■ 모형 구현 및 수정



■ 한산해전 3D 등고선 표현



■ 한산해전 지형 모형

약 1:50,000축척 지도를 기반으로 소형 모형을 제작하였는데, 만들면서 지도만으로는 미처 인식하지 못했던 특징적인 해안선에 주목할 수 있었다. 해안선을 살펴보면서 배를 정박시킨 위치나 물살이 급했을 법한 지점을 고려할 수 있었고, 상대적인 해발고도를 표현하면서 연을 띄운 신호 중계 지점을 추론하였다. 또한 고무 찰흙으로 먼저 시도해본 점, 등고선 지도를 참고해 본 점 등의 여러 가지 시행착오를 거치면서 최적의 지형 모형을 제작하였다.

B 문헌을 토대로 구성한 한산해전의 시나리오와 명령 코드

- 연구원 : 김도현, 강희구, 서한나, 이재은, 홍인아 (2014 인천하늘고등학교 창의 융합 R&E 서지학팀)
- 지도 교사 : 김원석 (인천하늘고등학교 국어교사), 최상규 (인천하늘고등학교 한문교사)

1. 한산해전의 시나리오

- ① 미륵산으로 피난을 갔던 목동 김천손은 견내량에 왜적이 정박해 있음을 이순신에게 알린다. 제보 시각은 저녁 무렵으로, 조선 수군이나 일본 수군 모두 정박해 있는 상태이기 때문에 일본 수군의 이동은 일어나지 않았다. 또한, 당일 동풍이 강하게 불어 (신호연을 사용한 근거) 날씨가 맑았으므로 김천손은 왜선의 규모가 70여척이라는 것을 파악할 수 있었고, 이를 그대로 이순신에게 제보한다. 이순신은 함대를 이끌고 이를 섬멸하기로 결정하게 된다.
- ② 다음 날 이순신의 연합 함대가 견내량 쪽으로 향하던 중 우연히 정찰을 나온 일본군의 배(큰 배 1척, 작은 배 1척)를 목격하게 된다. 이를 뒤쫓아 들어가니 적선의 함대(대선 36척, 중선 24척, 소선 13척(모두 73척))을 발견하게 된다.
- ③ 이순신은 바로 진격하자는 원군의 의견과 달리 견내량의 해협의 특성을 고려해 한산도 앞바다로 유인작전을 펼치기로 결정하게 된다. 이순신은 ㉠ 즉각 판옥선 5척에게 명령하여 일본함대를 유인하도록 하고, ㉡ 나머지의 함대는 후퇴를 명령한다. (→망일봉 뒤로 이동)
- ④ 5척의 판옥선은 일본함대와 교전을 벌이면서 한산 앞바다로 유인을 한다.

■ 문헌 기록에 관한 의문 : 조선 함대는 왜군 함대를 볼 수 있으나, 왜군 함대는 왜 조선 함대의 존재를 모르고 유인 당했을까?



- 분석 결과 : 견내량 쪽 왜군 시점에서 보면, 망일봉(노란색 원) 때문에 그 뒤에 숨은 이순신 함대를 볼 수 없다. 망일봉은 현재 이순신 공원의 뒤 봉우리 (지금의 이순신 공원 바로 앞에 조선 함대가 학익진을 치기 위해 준비하고 있었던 것임) 왜군 시야에는 이순신 장군이 보낸 판옥선 5척만 노출되었기 때문에 유인되었다.

- ⑤ 왜군 함대가 유인되어 한산도 앞 바다로 나온 것을 본 이순신 장군은 ㉢ 모든 함대에 '학익진'을 펼치라고 명령한다.
- ⑥ 학익진을 펼쳐 일본함대를 가둔 후 ㉣ 포격을 명령한다. 학익진에 갇혀 후퇴하지 못하게 된 일본함대는 포격을 맞고 전열이 흐트러지게 된다.
- ⑦ 흐트러진 전열 사이로 좌우 날개를 좁히며 ㉤ 전진을 명령한다. 판옥선들이 편전과 총통을 활용, 일본함대를 섬멸을 한다.
- ⑧ 도주하는 적을 ㉥ 추격하도록 명령한다.

⑨ 적이 완전히 도주하자, ㉔ 함대의 집결을 명령한다.

⑩ 이 전투 결과 왜선 73척 중 59척을 격침(47척 격파, 12척 나포)하고, 9,000명을 수장시키는 전과를 올린다.

2. 한산해전의 명령 코드 분석

명령	수신자 코드					행동 코드						
㉒	북군	서군	중군	동군	남군	전진	후퇴	성진	유인	포격	추격	집결
㉓	북군	서군	중군	동군	남군	전진	후퇴	성진	유인	포격	추격	집결
㉔	북군	서군	중군	동군	남군	전진	후퇴	성진	유인	포격	추격	집결
㉕	북군	서군	중군	동군	남군	전진	후퇴	성진	유인	포격	추격	집결
㉖	북군	서군	중군	동군	남군	전진	후퇴	성진	유인	포격	추격	집결
㉗	북군	서군	중군	동군	남군	전진	후퇴	성진	유인	포격	추격	집결
㉘	북군	서군	중군	동군	남군	전진	후퇴	성진	유인	포격	추격	집결



| 2014 인천하늘고등학교 창의 융합 R&E 참여 인원

역할	담당
융합 R&E 설계	김평원 교수 (인천대학교 사범대학 국어교육과)
융합 R&E 기획	주석훈 (인천하늘고등학교 교감) 이영종 (인천하늘고등학교 교육연구부장) 이중언 (인천하늘고등학교 교사)
과학(S)팀 연구원	조형조 (인천하늘고등학교 2학년), 문경덕 (인천하늘고등학교 2학년) 허준명 (인천하늘고등학교 2학년)
기술(T)팀 연구원	강지우 (인천하늘고등학교 2학년), 김채원 (인천하늘고등학교 2학년) 이호준 (인천하늘고등학교 2학년), 이희우 (인천하늘고등학교 2학년)
공학(E)팀 연구원	김용호 (인천하늘고등학교 2학년), 강재언 (인천하늘고등학교 2학년) 김나래 (인천하늘고등학교 2학년), 서동우 (인천하늘고등학교 2학년) 최민주 (인천하늘고등학교 2학년)
예술(A)팀 연구원	이정인 (인천하늘고등학교 2학년), 강지웅 (인천하늘고등학교 2학년) 김지영 (인천하늘고등학교 2학년), 이화준 (인천하늘고등학교 2학년)
수학(M)팀 연구원	임채현 (인천하늘고등학교 2학년), 고승규 (인천하늘고등학교 2학년) 고승희 (인천하늘고등학교 2학년), 손재연 (인천하늘고등학교 2학년) 안성준 (인천하늘고등학교 2학년)
역사(H)팀 연구원	손동찬 (인천하늘고등학교 2학년), 박혜민 (인천하늘고등학교 2학년) 최윤미 (인천하늘고등학교 2학년)
지리(G)팀 연구원	이정은 (인천하늘고등학교 2학년), 이진솔 (인천하늘고등학교 2학년) 최소영 (인천하늘고등학교 2학년)
서지학(B)팀 연구원	김도현 (인천하늘고등학교 2학년), 강희구 (인천하늘고등학교 2학년) 서한나 (인천하늘고등학교 2학년), 이재은 (인천하늘고등학교 2학년) 홍인아 (인천하늘고등학교 2학년)
인천하늘고등학교 지도 교사	김원석 (국어교사), 최상규 (한문교사), 조기성 (사회교사), 이정하 (역사교사) 이지현 (지리교사), 장윤선 (수학교사), 서연희 (과학교사), 송치성 (과학교사) 이나영 (과학교사), 임소현 (과학교사), 나유영 (미술교사)
대학생 보조 교사	송슬기 (연세대 국어국문학과), 위현서 (경희대 산업디자인과), 손승연 (서울대 수학교육과), 은다인 (서울대 지구과학교육과) 박윤조 (한양대 사학과), 오상민 (인천대 국어교육과), 박준규 (한양대 사학과)
논문 작성 & 발표 지도 교수	김평원 (인천대학교 국어교육과 교수) 고영화 (인천대학교 국어교육과 교수) 김윤신 (인천대학교 국어교육과 교수) 전경원 (인천대학교 국어교육과 겸임교수)

