

# 과수 피해 방지를 위한 까치의 울음 소리 분석 및 활용 digital 회로 설계

김한정

(한경대학교 제어계측공학과)

## The Sound Analysis of Magpie and Electronic Circuit Design for the Fruit Damage Protection

Kim, Han-Jung

Dept. of Control and Instrumentation, Hankyong National University

### 적 요

한국에서 서식하는 까치의 종별 소리를 녹음하여 음을 비교 분석하였다. 농촌 주변에 쉽게 관찰되는 black billed magpie는 인간 친화적인 특성과 산업의 발달에 의한 사회환경의 변화로 농촌 지역에서 주로 서식한다. 이 조류는 비상거리가 짧아 인가 지역에서 무리 지어 서식하며 최근 그 숫자가 증가하여 농가의 과수 피해를 비롯하여 잦은 정전 사고의 주범이 되고 있다. 까치에 의한 피해를 줄이는 방안으로 까치의 울음소리를 분석하고 기본적인 파형을 연구해 보았다. 특히 까치의 평상시 울음소리가 아닌 비 정상음을 녹음하여 정상적인 음과 어떤 차이가 있는지 알아보았다.

### I. 서 론

까치는 참새목 까마귀과에 속하는 종으로 일반적으로 까치라고 부를 때는 영문 명이 black billed magpie라고 불리는 종을 말한다. 이 조류의 색깔은 머리, 등, 가슴, 꼬리는 광택 있는 검은색이며, 부리와 다리도 검은색이다. 특히 부리는 매우 날카로우며 적을 공격하거나 방어를 할 때 매우 큰 역할을 한다. 그 외 날개의 일부분과 배는 흰색이고, 나머지 부분은 진한 청록색이다. 까치의 이종으로는 때까치, 물까치, 칩때까치, 노랑때까치, 물때까치 등이 한반도에 서식하는 것으로 되어 있는데 이중 텃새로는 까치, 때까치, 물까치가 있으며 그 중 칩때까치와 노랑때까치는 여름

철에, 물때까치는 겨울철에 한반도에 잠시 들러가는 철새로 알려져 있다. 열거한 까치의 특징과 서식지, 습성 등은 표1과 같다.

표1에서 알 수 있는 것처럼 까치종류는 대부분 잡식성으로 식성이 좋은 편이고 암수의 구분은 거의 구분할 수 가 없다. 미국의 까치는 몸길이 1meter가 되는 것도 있으나 한국의 까치는 약 45cm가 된다. 이중 본 연구를 위해 가을철 과수 피해의 주된 원인이자 2월부터 5월 산란기 전주의 정전사고 원인의 대부분을 차지하고 있는 black billed magpie로 불리는 까치를 선택하여 실험을 하였다.

일반적으로 동물은 수컷이 더욱 화려하지만 이 까치는 외모로는 암수 구별이 불가능하다. 둥지는 주로 들판, 야산, 인가주변의 뽕쪽하게 솟은 높은 곳을 선

호하는데 나무 끝이나 전신주에 나뭇가지로 둥근 모양의 등지를 만든다. 등지의 내부에는 흙으로 만든 도가지 모양의 산좌가 있고 그 바닥에는 가는 풀, 깃털 등을 깔려 있다. 산좌가 완성되면 그 위에 30cm 정도의 나무 막대를 근처 500m 이내의 거리에서 운반해 와서 산좌를 덮는다. 산란은 2월에서 5월까지이며 연 1회 6-7개의 알을 낳아 번식하는데 알은 암컷만 품는다. 새끼는 알을 품은 지 17, 18일 후에 깨어나서 22~27일 쬐이면 등지를 떠난다. 등지를 매년 짓기보다는 전에 사용하던 것을 보수하여 이용한다.

먹이는 잡식성으로 개구리 류, 곤충류, 설치 류, 뱀, 작은 새의 알과 새끼 등을 먹기도 하며 식물성인 보리, 쌀, 콩 과일 등도 먹는다. 울음소리는 “깹, 깹” 하는 소리를 기본으로 2-4개를 연속하여 소리를 내어 신호를 주고받는다.

까치는 잡식성이며 학습능력이 발달하여 도시화, 산업화에 따른 환경의 변화에 잘 적응하여 그 개체수가 급격하게 늘어나고 있다. 그에 따라 예전에 미미하거나 문제되지 않았던 까치에 의한 피해범위가 점차 커지고 있으며 그 피해로 인해 2월 5월 부화기 동안 전주에 튼 등지에 의해 잦은 정전 사고가 나타나 9월 10월 달 과수 수확량 감소로 한국전력과 과수 농가에 큰 문젯거리로 나타나고 있다. 본 까치는 길조로 인식되어 한국인에게 많은 사랑을 받아 왔으며 그런 이유로 제주도에도 까치를 이식시킨 바 문제가 없던 제주도에 잦은 정전사고를 유발시키게 되었다.) 이러한 문제를 해결하기 위해 여러 가지 방안들이 제안되고 있다.2)

해마다 조류에 의한 과수 피해는 전국적으로 배수확량의 3.3%, 사과 0.9%, 포도 0.7%, 단감 0.1% 등

으로, 특히 까치가 많이 서식하는 경기도 일부지역에 선 배 수확량의 30% 가량이 피해를 보고 있다. 피해를 막기위해 효과가 좋은 방조망을 설치할 경우 조류 피해는 거의 발생하지 않는 반면 폭음기나 반사 테이프, 거울 등 다른 조류 퇴치 법에 비해 설치비용이 ha당 2천300만원으로 비싸기 때문에 농가들이 꺼려하고 있다.

현재까지 까치는 혐오하는 색깔도 없으며 잡식성이고 가청 주파수에 반응하고 지능이 매우 높아서 다루기가 힘이 드는 것으로 파악되어 그 퇴치는 쉽지가 않은 것으로 알려졌다. 그리고 주파수에 따른 까치의 반응이 크지 않다고 알려졌다. 다만 경계음을 이용한 장치가 일본에서 개발되어 시중에서 시판되고 있으나 효과는 일반적이지 못하다. 따라서 본 연구는 까치의 신호가 담긴 울음소리중 비정상 울음소리를 다른 조류의 울음소리와 비교 분석함으로써 특징점을 연구하고 현장에 적용할 수 있도록 전자회로를 구성하여 까치에 의한 경제적 손실을 감소시키는데 도움이 되는 기초 연구를 수행하려고 한다. 따라서 까치의 경계음에 대한 울음소리의 해석이 가능하게 될 경우 적절한 퇴치 장치와 아울러 사용함으로써 저 비용으로 과수의 피해를 줄일 수 있는 방안을 고안할 수 있게 됨으로 과수 농가에게 큰 경제적 이익을 줄 수 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 까치의 포획

까치 포획을 위해서 2월달 안성지역의 논과 밭에

표 1. 여러 가지 까치의 습성 행태비교

	까치	때까치	물까치	첩때까치	노랑때까치	물때까치
크기	45cm	20cm	37cm	18cm	20cm	30cm
생태적 지위	털새	털새	털새	여름철새	여름철새	겨울철새
분포	우리나라전역	우리나라 전역	내륙지방	중부내륙지방	우리나라 전역	중부지방
성차이	없슴	있음	없슴	없슴	없슴	없슴
먹이	알곡, 과일, 개구리	곤충, 개구리	열매, 곤충	곤충, 개구리	곤충, 개구리	들쥐,곤충

나가 둥지를 짓는 까치를 관찰하였다. 까치는 기대했던 것보다 경계심이 대단히 강해서 사람이 접근 시 둥지로부터 20~30meter 떨어진 주변의 다른 전주나 밭 등에 앉아 대기하다가 위협 요소가 사라진 후 10여분이 지나도록 둥지 짓는 곳으로 돌아오지 않았다. (그림1) 개체 중에는 입에 물고 온 나뭇가지를 가지고 다른 곳으로 이동해가서 둥지의 위치를 위장하려는 행동을 보이기도 했다. 몇 차례의 생포를 시도하였으나 여의치가 없어서 미루나무 위에 지어진 둥지에서 잠을 자는 까치를 생포하기로 하고 평택 포승면에 위치한 과수원 주변의 까치 둥지를 선정하였다. 생포 시간은 밤 11시로 결정했다. 생포를 위해서 지상에서 회중전등으로 까치집을 비추고 포획자가 나무를 타고 까치집까지 올라가기로 했다. 까치는 예민해서 작은 소리에도 도망을 가곤 함으로 바람이 부는 순간을 이용해서 목표에까지 이르러 손으로 까치 입구를 통해 까치를 포획하고자 하였다. 그러나 까치 둥지는 입구와 출구가 다른 방향으로 위치해 있어서 1차 포획에 실패하였으며 2차로 출구를 봉쇄한 후가 포획이 가능하였다. (그림2)

## 2. 사육

포획된 까치를 사육하기 위해서 실험장이 있는 한경대학교 1공학관 4층 건물의 옥상에 가로 3미터 세로 3미터 길이 6미터의 사육장을 제작하여 암수 구분

없이 5마리를 사육하였다. 먹이로는 해바라기씨, 땅콩, 보리, 쌀 등을 제공하였다. 사육장내부에는 까치의 관측을 위해서 칼라 CCTV 1대와 마이크로폰을 설치했다. 녹화를 위한 VTR과 모니터는 2층에 위치한 연구실과 전선으로 연결을 하여 방치 상태에서 관측이 가능하게 하였다.

사육장안의 까치는 경계심이 매우 강해서 접근시 안정적으로 행동하지 못하고 사육장안을 부지런히 비행하였으며 가능한 한 사육 자리로부터 멀리 피하려고 하였다. 통상 사육장안의 까치는 매우 거칠게 행동을 했으며 사람이 접근할 경우 한 곳에 가만히 있지 못하고 매우 분주하게 사육장안을 비행하였으며 탈출을 위해 심각하게 저항하였다.

처음 사육장은 까치를 가두기 위해서 1mm 두께의 가로 세로 2cm 간격으로 그물코가 되어 있는 나일론 망을 사용하여 사육장 골격을 감쌌는데 하루 뒤 그중 한 마리가 부리로 망을 끊고 탈출을 하였다. 까치의 부리가 생각보다 매우 날카롭고 강함을 알 수 있었다. 사육장은 1mm 철사 망으로 재 공사를 하였다.

사육 며칠간은 보리, 쌀, 해바라기 씨앗 등의 식물성 먹이만을 제공하였는데 10일 후에는 까치 한 개체의 사체 일부분만이 발견되었다. 이것은 심각한 스트레스와 먹이의 불균형으로 내부에서 가장 약한 개체를 집중 공격하여 동물성 먹이를 확보한 것으로 판단된다. 이후 고기류를 먹이로 주어 사육을 지속했다.

사육과정 중 사육장에 갇힌 까치주변으로 외부로부터 2~3마리의 까치가 몰려들어 사육장 천정 위에

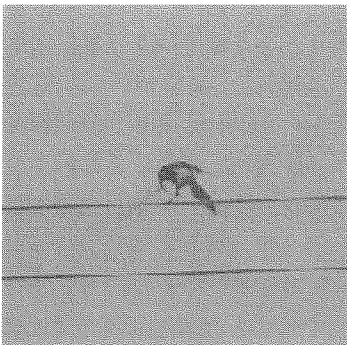


그림 1. 경계중인 까치

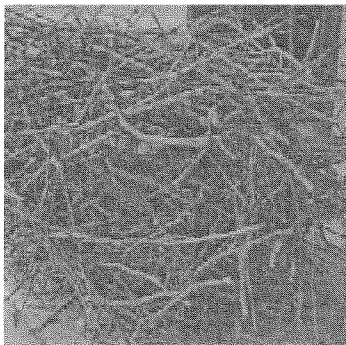


그림 2. 까치 둥지-입출구가 별도로 있다.

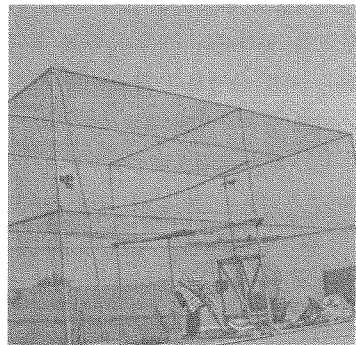


그림 3. 까치 사육장

않아 있는 것이 목격되었다. 까치가 없는 빈 사육장이었을 경우에는 까치가 찾아오지 않는 점을 미루어 보아 상호간에 음성신호를 전달 한 것인지 아니면 무리지어 날아다니는 습성 때문에 모여든 것인지는 불분명하다.

### 3. 실험 준비 및 방법

사육장 모서리에 까치가 설 수 있는 햇대와 까치 집을 만들고 바로 아래 바닥에 모이통을 위치시켜 까치가 선호하는 환경을 만들었다. 7일정도 육류와 곡식류들을 제공하여 까치가 환경에 적응되었다고 판단을 한 후 사육사가 접근을 하였다. 까치는 경계심이 매우 강해서 사육자가 접근할 시 사육장안을 쫓아내어 비행하였다. 그러나 주변에 사육사가 없는 경우 햇대에 주로 위치하였다.

까치의 행동을 관측하기 위해 4층의 사육장 내부에 무선 마이크로폰과 소형 컬러 CCTV를 설치하고 2층 연구실에서 벽을 따라 8가닥의 다중 전선을 통해 12볼트 전원과 입출력 장비들을 연결하였다. 연구실에서는 VTR과 주파수발생기, 모니터, 전원 등을 연결하여 원격으로 필요한 실험 자료를 입력할 수 있도록 장치하였다. 그 외에 스피커가 내장된 무선 앰프시설을 설치하여 주파수를 무선으로 사육장안에 발생시켜 주파수 변화에 따른 까치의 행동을 관찰할 수 있도록 하였다.

주파수는 600hz에서 10khz까지 변화를 시켰으며 파워는 80dB로 고정시켰다. 실험은 선택된 주파수를 고정시켜놓고 CCTV를 통해 까치가 햇대로 접근하면 앰프를 동작시켜 까치가 앰프 부근에 몇 초간 체류하는 지를 측정하여, 주파수에 따른 혐오감이 존재하는지를 관찰하였다.

부가적인 실험으로 까치가 인공적인 사물에 어떻게 반응하는 가를 알기 위해 강한 자석과 거울을 햇대 부근에 설치하여 까치가 설치된 시설물에 어떻게 반응하는지를 관찰하였다.

## III. 실험 결과 및 소리 파형 분석

### 1. 정상적인 까치의 소리

까치는 사육상의 어려움으로 사육기간 도중에 5마리중 3마리가 죽거나 사육장을 탈출하여 3마리로 실험을 진행하였다. 녹음된 소리 중에 상태가 좋은 소리를 선택하여 집중 분석을 하였다. 기본적인 파형에 대하여 분석 요소들을 정의하고 이렇게 정의한 요소들을 기준 하여 다른 조류들의 소리와 비교해 보았다. 그리고 까치를 극도로 자극시켜 이때 발생한 소리를 녹음하여 정상적인 상태에서의 까치 울음소리와 어떻게 차별되는 지를 비교해 보았다.

먼저 까치의 정상적인 분위기에서 녹음된 소리를 오실로스코프에 입력시켜 파형을 모니터해 보았다. 그러나 오실로스코프는 모니터 상에 출력되는 시간 범위가 제한이 되어서 1초~2초정도 파형을 관측하려고 하면 전체적인 패턴은 알 수 있지만 자세하게 변화하는 파장을 볼 수가 없게 되고 시간을 짧게 선택하여 파형을 자세히 관측하려고 하면 전체적인 파형의 형태를 볼 수가 없는 단점이 있어서 본 연구에 적합하지 않았다. 이 문제를 해결하기 위해서 녹음된 신호를 컴퓨터의 wav file로 저장해서 파형 전문 프로그램인 goldwave라는 분석 프로그램을 사용하여 분석을 하였다.

연구를 위해 채집된 까치는 '깹' 하는 울음소리를 기본으로 숫자와 크기가 달랐다. 크기는 마이크로폰으로부터 까치와의 거리가 일정하지 않기 때문에 중요한 요소로서 의미는 없기 때문에 무시하고 파형이 어떻게 구성되어 있는가에 연구의 초점을 맞추었다.

분석을 통해 '깹' 하는 까치의 의 울음소리는 2개의 큰 부분으로 나누어짐을 알 수 있었다. 소리를 천천히 재생시키면 "끄"하는 부분과 "악"하는 부분으로 나누어진다. 이것은 특이한 경계음이 아닌 정상시의 울음소리로 이 소리를 까치에게 재생시켜주어도 별다른 행동변화를 보이지 않았다. 까치는 쉽게 울음소리를 내지 않아 소리를 녹음하기가 수월하지 않았으나 가끔 내는 소리를 채집할 수 있었다. 이 소리는 사육

장내에 설치한 폐쇄회로 TV를 모니터링 하면서 녹음된 소리입으로 분석된 신호는 외부로부터 심각한 위협을 느끼고 낸 소리는 아닌 것으로 판단되며 이 소리를 기본 소리로 정하고 비정상 상태에서의 울음소리와 비교하였다.

안성 평택 지역에 서식하는 black billed magpie의 정상적인 울음소리는 “깍깍”하는 소리를 내는데 그 음성 패턴은 그림 4에서 보듯 거의 기본적으로는 두 개의 군으로 구성되어 있으며 “끄악”하는 소리가 기본으로 되어있다. 까치는 연속적으로 이 소리를 일정한 시간을 두고 반복하여 신호를 전달하고 있는 것으로 판단된다. “끄악”하는 소리를 까치의 기본 소리라고 정의하고 파형 분석 프로그램에서 나타난 파형을 기본 파형이라고 한다면 크게 두 개의 군으로 나누어 지는데 이 두 개의 군중 앞의 파형이 뒤의 것보다 길며 보다 타원에 가깝다. 이 기본 파형 내의 두 개의 소리 파형의 전체적인 윤곽은 비슷하지만 각 파형은 진폭에서 완벽하게 같지는 않다. ‘악’ 하는 파형이 ‘끄’ 하는 파형보다 진폭이 크게 나타났는데 이것은 후반부에 더 많은 에너지를 소모함을 보여준다.

까치의 기본 파형을 기본적인 인간의 a, e, i, o, u의 발음과 비교해 보면 훨씬 복잡한 형태를 가지고 있다. 그림 5는 인간 성대의 a (아)발음의 기본 파장을 나타낸 그림이다. 이 소리는 기본적으로 성대가 진동하면서(기본 주파수) 다시 일정한 패턴이 반복되어 구별되는 모음(반복주파수  $f_1$ )을 만들고 있다. 그림 5에서 모음 구별을 주관하는 반복주파수의 주기 T는 9.5ms로 측정되었으며 반복 주파수  $f_1$ 은 105hz가 된다.

기본적으로 소리는 성대의 떨림에서 발생하는 기본적인 모음의 소리는 더욱 단순해 보이는 8개의 진동으로 이루어 졌음을 볼 수 있다. 이것을 기본 주파수  $f_1$ 이라고 정의하자. 이 진동은 성대의 기본진동으로 모음을 발생하는 진동임으로 크게 변화되지 않을 것이다. 만일- 성대에 따라 a 소리에 대하여 주기의 차이가 있겠지만 위의 경우 - 반복 주파수가 기본 주파수와 같을 경우 최대 약  $8f_1$ 까지 소리를 낼 수 있을 것이다. 즉 반복주파수의 주기가  $T=9.5ms$ 일 때 기본 진동수의 주기는 1.2ms가 되고 이것을 주파수  $f_2$ 로 나타내면 833hz가 된다. 이것은 기본적인 A음이

440hz로 정의되었으며 880hz는 한 옥타브 높은 A음으로 정의 된 것을 볼 때 보통 사람들의 음역과 잘 맞아떨어진다. 인간의 성대에 대한 연구는 Eguchi, S. and Hirsh,3)등에 의해 잘 알려져 있다.

그림 4는 까치가 평범한 상태에서 9.5초간 발생한 소리를 연속적으로 녹음한 파형이다. 이것은 총 9개의 기본 소리 파형으로 구성되어 있으며 처음 3개의 소리를 낸 후에 시간  $t_1$ 을 쉬고 곧이어 4개의 소리를 발생하고 또 다른 휴지시간  $t_2$ 를 지낸 후 소리 2개로 마무리를 했다.

그림 6은 그림 4에 나타난 까치의 기본 파형을 확대 분석한 것이다. ‘까’ 소리의 시간을 A, 최고음폭을  $h_1$ 이라고 하고 ‘악’ 하는 부분의 시간을 B, 최고음폭을  $h_2$ 라고 정의하였다. 반복성과 정밀성에 오차가 존재하겠지만 지속시간 A가 B에 비해서 약 20%길고 A구간의 기본 주파수( $f_1$ )는 2300hz대로 B의 2800hz대보다 낮다. A와 B 구간의 기본 주파수의 최대 값을 연결한 포락곡선 또한 거시적으로 변하는데 약 300hz의 주파수( $f_2$ )로 변한다. 이것은 좀 복잡하지만 성대의 최소진동주파수와 반복주파수의 비 1:8 과 거의 비슷한 1:9의 비율을 갖는다. 이것은 사람의 목소리와 비교 할 때 상대적으로 높은 값이라고 할 수 있다.

‘까악’ 하는 기본 파형 구간  $A+B$ 가 0.23초로 3-4번 반복( $n_1$ )하여 소리를 발생한 뒤 일정기간 쉬었다가 다시 소리를 내는 형태(횟수: $n_2$ )로 까치는 신호를 발생하였다.

소리의 최대 크기의 비율( $h_1:h_2$ )은 1:1.6으로 ‘끄’ 하는 소리 보다 ‘악’ 하는 소리가 60%정도 더 강한 것으로 분석된다. 따라서 까치의 행동에 따른 소리 신호의 의미를 분석하기 위해서는  $f_1, f_2, h_1:h_2, A/B, t_1, t_2, n_1, n_2$ 등의 factor를 측정하고 실시간으로 촬영된 행동을 관련시킬 때 정확한 의미를 파악할 수 있을 것으로 판단되고 이럴 경우 까치 상호간에 전달되는 신호가 몇 가지로 제한되는지, 그것을 언어라고 표현할 수 있는지 판단할 수 있을 것이다. 의미 분석을 위한 소리의 분석 요소를 표1에 나열하였다.

이러한 연구를 위해서는 보다 정밀한 실험 장비와 집중적인 연구가 필요함으로 차후 연구과제로 남기로 하고 본 연구에서는 기초적인 분석과 가능성만

을 거론하였다.

또 다른 까치의 소리 파형을 그림7에 보여주고 있다. 이 파형은 2.2초간 9번의 기본 파형이 재생되고 있다. 그러나 A+B를 측정해 보면 0.2초로 그림 4의 0.23초와 큰 차이가 없었다. 즉 까치는 기본 파형을 중심으로 신호를 조합하고 있다고 예측이 가능하다.

## 2. 극도로 긴장상태에 있는 까치의 소리 파형

정상적인 파형과 비교하기 위하여 까치가 위협에 처했을 때 발생하는 소리를 녹음하기로 하고 사육자가 사육장안에 침입하여 위협적인 행동을 20~30분간 가한 후에 까치를 잡아서 음을 녹음하였다. 이때 까치는 심한 활공으로 인하여 가쁜 숨을 쉬며 위협을 가할 때마다 새로운 소리를 내었다. 그림 8은 이때 내는 소리를 분석한 파형이다. 특징은 2개의 파형으로 나타났던 기본 파형이 사라지고 외마디 소리로 바뀐 경향이 있으며 파의 길이도 0.6초로 2배이상 길어졌다. 기본 주파수는 크게 달라지지 않았는데 이 주파수는 감정의 변화에 큰 영향을 미치지 못하는

것으로 보여진다. 그러나 소리의 표현을 좌우하는 반복 주파수는 165hz로 소리가 낮아졌으며 h1/h2의 비율은 거의 1에 가까웠다. 소리와 소리 중간의 휴지기는 특별한 패턴을 보이지 않았으며 외부에서 가해지는 긴장도에 따라 불규칙하게 변하였다. 까치는 심하게 소리를 발생하였으며 연이어서 12번까지 소리를 내었다.

이런 관찰을 토대로 분석을 하면 위협 정도에 따라 까치는

- 긴장을 하게 되고
- 그것을 경고하기 위해 심하게 울었으며
- 긴급한 상황을 알리기 위해 소리에 힘이 들어간 결과 기본 파형의 군의 구분이 없어지고
- 울음소리의 톤은 낮아져서 맑은 소리가 탁한 소리로 변했으며
- 소리내는 시간도 2배로 길어졌다.

이러한 음의 변화는 주변의 동료 가치들에게 정상적인 상태가 아니라는 신호를 충분히 보낼 수 있을 것으로 판단되며 아주 위급한 상황시 까치가 낼 수 있는 소리로 이용가치가 클 것으로 예상된다.

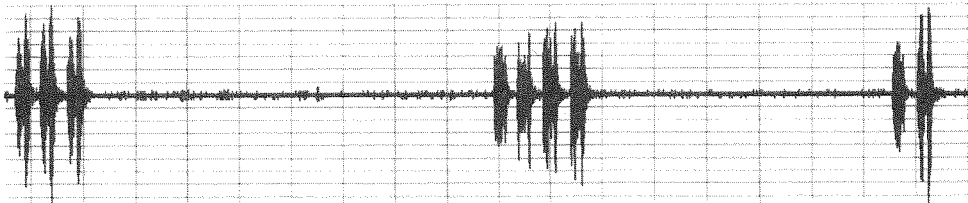


그림 4. 까치의 연속 울음소리 파형

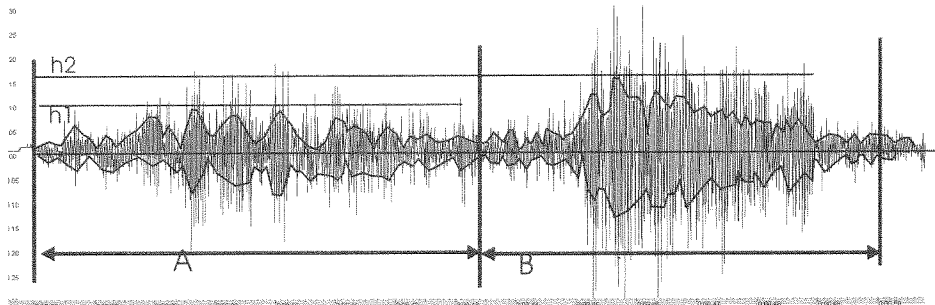


그림 5. '아' 음성 파형

연이어서 우는소리의 특성상 휴지기와 제2, 제 3의 기본 파형의 반복은 일정한 패턴으로 구분할 수 없었다(자세한 자료는 표 1을 참조할 것).

### 3. 주파수 변화에 따른 까치의 행동 분석

까치가 혐오하는 주파수의 존재를 알기 위해서 500hz에서 1000hz까지 구형 파를 발생하여 까치에게 들려주었다. 까치의 가청 주파수는 인간의 가청 주파수와 비슷하다는 것이 알려졌으나 그 중에서도 특히 싫어하는 주파수가 있는지를 실험하였다. 음파의 세기는 80dB로 고정시켜놓고 무선마이크를 통해 까치 사육장안의 무선 앰프로 구형파 신호를 보낼 수 있도록 장치를 하였다. 까치는 사육장안을 이곳 저곳 날아 다녔는데 대부분은 등지와 헛대가 있는 장소에 많이 체류하였다. 실험의 기본 생각은 등지 근처에 음원을 위치시키고 까치가 가까이 접근 할 경우 선택된 주파수에 해당하는 구형파를 일정시간 동안 발

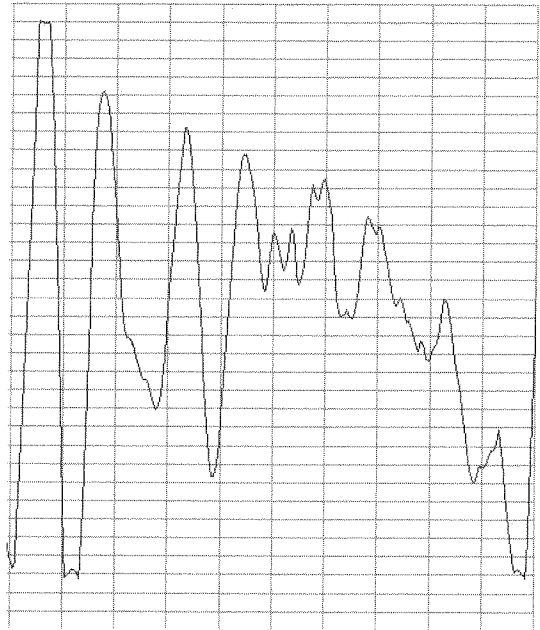


그림 6. 기본 파형의 분석 요소

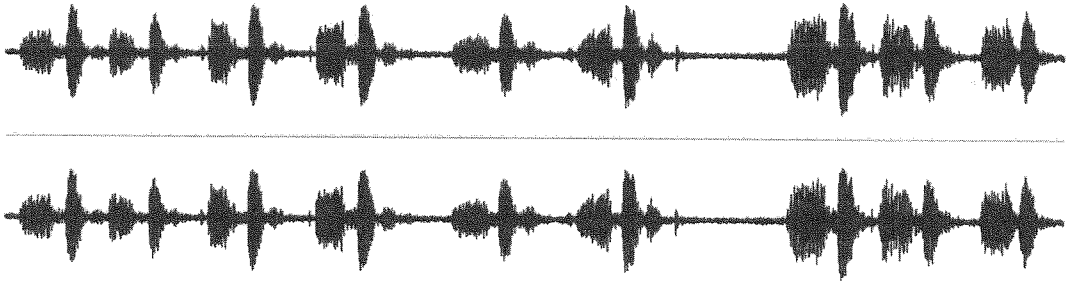


그림 7. 또 다른 까치의 소리 파형 — 기본 파형은 비슷하다.

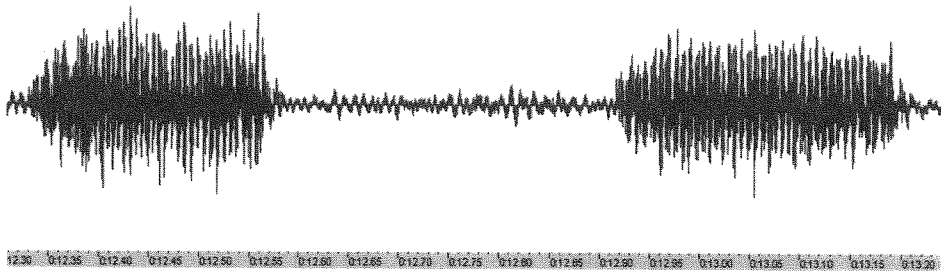


그림 8. 강한 위협으로 긴장된 까치의 기본 소리 파형

표 2. 파형 분석을 위한 분석 요소 정의

분석 요소	정 의	까치의 경우	
		정상	긴장소리
f1	기본주파수	2300-2800hz	2400-2700hz
f2	반복주파수	300hz	165hz
n1	최초 소리재생 횟수	3회	최대12회
t1	1차 휴지기	3.8초	N/A
n2	두 번째 소리재생 횟수	4회	N/A
t2	2차 휴지기	2.8초	N/A
n3	세 번째 소리재생 횟수	2회	N/A
h1/h2	끄악 소리의 진폭비율	1/1.6	1/1

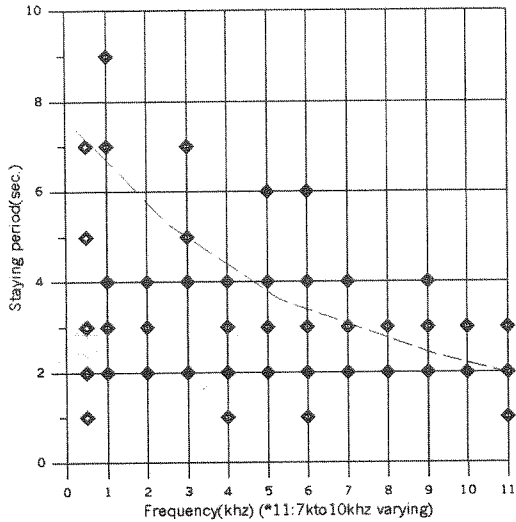


그림 9. 주파수에 따른 까치의 체류시간

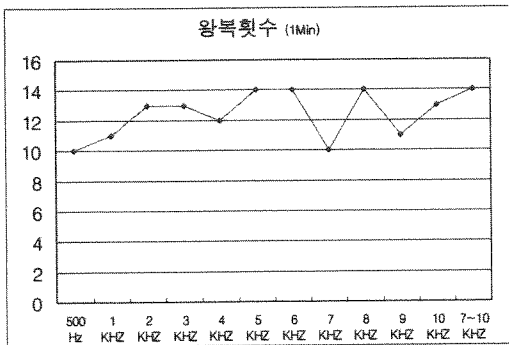


그림 10. 음원에서 1분동안 이탈한 횟수

생시커 까치의 행동을 관찰하는 것이었다. 까치가 주파수에 민감하지 않다면 모든 주파수에 대하여 까치의 행동은 일정하게 나타날 것이라고 생각을 하였으며 주파수에 따른 행동변화가 있을 경우 주파수와 의 상관관계를 유도하려고 하였다.

행동 변화를 판단하기 위해서 선택된 주파수에 대하여 음원 부근에서의 체류시간과 1분 동안 음원에 접근한 횟수를 측정하였다. 주파수에 따른 음이 쾌적하지 않을 경우 음원 근처에 체류하는 시간이 짧을 것이나 이탈을 한 후에 사육장이 좁은 이유로 까치가 편히 쉴 곳이 없기 때문에 다시 돌아오게 되는데 음원에서 나오는 음에 의해 오래 있지 못하고 음원에서 멀리 가고자 하는 행동이 관측될 것이라고 예상했고 그 빈도 수와 혐오 정도는 비례할 것으로 가정했다. 즉 편한 장소에서 편히 쉬고자 하는 동물적 욕구와 혐오 사이에는 갈등이 존재하고 그 정도가 수치로 나올 것이라고 예상했다.

그림 9와 10은 음원 가까이에 접근한 까치가 체류한 시간과 1분 동안에 이탈한 횟수를 도표로 처리한 것이다. 체류시간은 2초간 머물다 음원에서 멀리 이동한 경우는 기본적으로 모든 주파수에 다 존재하지만 6초~10초정도의 장시간 체류하는 경우는 6000hz 이내에서만 볼 수 있고 그 이상의 주파수에서는 1-4 초 정도로 비교적 짧은 시간만 체류하는 것을 알 수 있다. 즉 주파수가 높을수록 까치는 싫어한다고 결론을 내릴 수 있다. 그러나 7000hz에서 10000hz까지의 범위에서는 특별하게 까치의 행동에는 변화가 없었는데 이때는 7000hz와 10000hz사이의 주파수를 가변함으로 혐오 효과를 낼 수 있었다. 10000hz이상에서는 특별히 행동하는 없이 까치는 왕복 비상을 계속 하였다. 1초 이내의 체류시간은 별로 의미가 없는 것으로 까치는 음원 부근에 오자마자 음원을 피해 다른 곳으로 이동하였다. 그림 10의 이탈 횟수는 주파수가 3000hz이상에서는 거의 비슷하게 나왔다. 이 두 자료를 통해 결론을 내릴 수 있는 것은 까치는 고정된 주파수보다는 변화하는 주파수, 그 중에서도 비교적 주파수가 높은 음원에 대하여 기피를 하였으나 10000hz이상의 음원에서는 커다란 기피행동을 보이지 않았음을 알 수 있다.



#### 4. 긴장상태의 까치 소리의 디지털 화

정상상태의 까치 소리와 비정상 상태(긴장상태)의 까치 소리는 많은 차이가 있었다. 기본 주파수는 거의 변화가 없었으나 파형의 구조는 확연히 구분될 정도로 경직되어서 까치의 혐오음으로 이용할 수 있는 가능성이 많았다.

이 파형을 이용하기 위해 디지털화를 시켜 근접센서와 연결하여 까치가 접근하였을 때 재생되게 함으로 까치로 인해 피해를 받을 경우 까치 퇴치를 시킬 수 있는 기본 회로를 설계하였다. 이 회로의 기본 소자는 IV5 음성 소자이다. 이 소자는 스위치와 디지털 신호에 의해 녹음 및 재생을 자유자재로 할 수 있도록 설계되어 쉽게 상품화를 할 수가 있다. IV5 음성소자는 단방향으로 붙어있는 13개의 핀을 통해 녹음 재생을 할 수 있다(그림11). 소자의 핀 번호는 표2와 같다.

회로는 크게 두 개의 입력단과 한 개의 출력 단으로 나누어 질 수 있다. 두 개의 입력 단이란 소리를 녹음시키는 핀9번과 10번이고 또 다른 입력 단은 센서에 의해서 소자를 작동시키는 신호를 받아들이는 2번 핀이다. 까치가 접근했을 때 센서로부터 발생되는 신호를 연산증폭기를 사용해서 증폭하고 비교기를 사용하여 5볼트 디지털 신호로 변환시킨다. 연산증폭기는 비반전 증폭을 함으로써 입력 단에 +5볼트의 디지털 전압이 인가 되도록 설계를 하였다. 전원은 9볼트를 사용하였으며 필요할 경우 정전압 제너 다이오드를 사용하여 5볼트로 낮추었다 디지털 신호

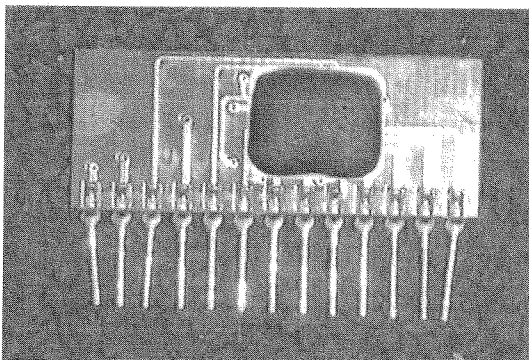


그림 11. IV5 음성소자 외관

를 위해서 연산증폭기로 구성된 비교기에는 5볼트를 인가하였다. 녹음을 원할 시는 핀5를 접지에 접속시켜 핀 10번과 전압차이가 생겨서 마이크로폰이 동작 되도록 하였으며 이때 3번 핀의 전압이 0볼트로 낮아짐으로써 LED에 불이 들어오게 된다. Vcc와 Vss는 각각 5볼트 디지털 전압을 연결하여 소자가 동작하도록 한다.

출력은 8옴 스피커를 사용하였으며 1번 핀 과 8번 핀을 연결하고 음성이 재생되도록 한다. 자세한 회로 도는 그림 12에 나와 있다.

근접 센서로는 초전형 적외선 센서를 이용하였다. 이 센서는 살아있는 동물의 몸체에서 나오는 적외선을 감지하는데 동물이 이동할 경우 약한 전압이 발생하게 된다. 이 센서는 아파트나 보안용으로 많이 사용되고 있는 센서 소자이다. 송신 부와 수신부 두개가 필요 없이 수신부만 있어도 됨으로 매우 간편하게 사용할 수 있는 장점이 있다.

초전형 적외선 센서를 이용하여 기본적인 감지 회로를 구성하였다. 그 특성은

- 최대 전방 11 미터까지 생물체를 인식할 수 있다.
- 회로구성시 본 연구에 필요한 1.5m까지는 무리 없이 움직이는 생물체를 감지하였다.
- 경보 음원으로 8Ω 스피커를 사용하였다.

초전형 센서는 사용이 간편하지만 실외에서의 사용상에는 현재까지 문제가 있다. 태양광선 속에 적외선이 포함되어 있으며 이 적외선의 광도가 변할 경우 센서는 동작하게 된다. 이것을 최소화하기 위해서

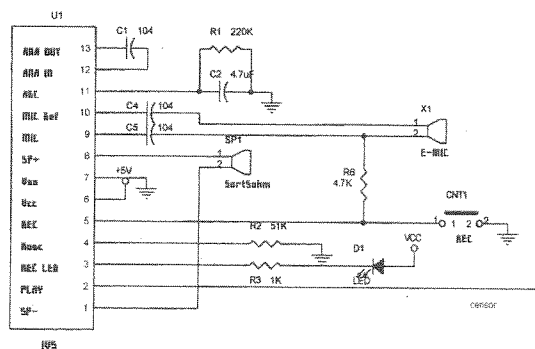


그림 12. 음성재생회로

는 센서 전방에 부착할 장치의 개발이 필요하다. 태양광선에 포함된 적외선을 최소로 필터링 해줄 수 있는 장치는 전자회로의 동작을 보다 정확하게 제어 해줄 수 있다.

#### IV. 결론

본 연구에서 까치의 소리를 정상적인 경우와 비정상적인 경우에 대하여 분석을 해보았다. 까치의 소리는 기본주파수가 2400hz대의 진동수를 가진 소리를 기본으로 평상적으로는 300hz대의 주파수로 신호를 전달하는데 심각한 위협이 있을 경우는 파장의 형태와 주파수가 변하게 됨을 발견하였다. 즉 전체적으로 파장은 강도가 고르게 변하고 주파수도 더 낮아져서 165hz대로 하강되었다. 소리사이의 휴지기도 뚜렷하지 않았으며 연속적인 소리를 발생하였다.

이러한 소리를 음성소자에 녹음할 수 있도록 전자회로를 설계하였으며 까치의 접근시 동작될 수 있도록 초전형 센서회로를 입력 단에 부착하여 지능성을 확보하고자 하였다. 이러한 회로는 한가지의 음을 녹음할 수 있는 것으로 단순하여서 설치 초기에는 많은 효과를 볼 수 있으나 다른 방조법이 그러하듯이 이것도 까치의 놀라운 학습효과에 의해 그 효과가 저하될 것이다. 따라서 서너 가지의 음을 교대로 사용할 수 있는 장치를 개발할 필요가 있으며 그 이전에 보다 다양한 소리에 대한 분석이 이루어져야 할 것이다. 까치의 긴장된 음원의 재생에 의한 퇴치법과 함께 기존의 방조법을 혼용할 경우 효과는 상승적으로 작용할 것으로 예상된다.

주로 과실을 가해하는 조류의 종류를 보면 까치가 과수 피해의 74%를 점유하는 것으로 조사되어 있는데 특별히 배는 과수 중에 가장 큰 피해를 받는 것으로 나타난다. 이러한 피해를 줄이기 위해서 우리 나

라의 농가에서 활용되는 방조법의 종류를 보면 대부분 2가지 이상의 방조법을 혼용하고 있었으며 무엇보다 인력, 소음, 빛을 이용하여 쫓는 방법이 대다수를 차지하였다(표 2). 그러나 본 연구에 사용된 거울과 라디오 소리 등에 의해 까치의 행동 변화를 관찰한 결과 사육장이 협소한 이유 때문인지 특별한 변화를 관찰할 수 없었다.<sup>5)</sup>

우리 나라의 경우 가장 확실한 방조법으로써 방조망이 권해지고 있는데 농가형 방조망은 가격이 저렴하나 밀식과원의 경우 제거하기가 힘들고 강풍에 쉬이 훼손되는 단점이 있으며, 표준 방조망(농촌진흥청 설계)은 영구적이고 태풍이나 우박피해까지 줄일 수 있는 뛰어난 장점이 있으나 배 재배농가 60.6%가 0.5ha미만의 영세농가인 것을 감안할 때 농가에 빨리 접목되기에 어려운 점이 있다. 이웃 나라인 일본의 경우 유해 조류의 방조를 위하여 소음과 모형 등으로 쫓아내는 방법은 우리 나라와 비슷하게 활용되고 있으나 방조망과 방조봉지가 많이 보급되고 있는 점이 특징적이다.(표 3)

더 손쉬운 방법은 까치 독살로 농가의 9.1% 이상이 비환경 친화적인 농약을 이용하고 있는데 이로 인해 보호 야생동물의 2차중독이 우려되고 있다. 그리고 대부분의 혐오 기피 음들은 까치와 인간의 가청범위가 비슷해 소음공해를 유발하고 있다. 실제 농가에서 활용되고 있는 여러 방조제품은 가격이 저렴하여 쉽게 구입할 수 있기 때문에 농가에서 많이 사용하고 있으나 효과가 미미하여 농가의 큰 호응을 얻지 못하는 형편이다. 일부에서는 독극물대신 까치의 미각에 대한 연구를 함으로 미각을 이용한 방조법을 연구하고 있기도 하다.<sup>4)</sup>

싼값에 구입할 수 있는 방조기구를 보다 효율적으로 이용하려는 방안 중 하나가 여러 퇴치법의 교체 투입이 될 수 있다. 일반적으로 7~10일 정도가 조류

표 3. V5음성소자의 핀 번호와 동작

Pin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
동작	spk-	Play	Rec LED	Rosc	Rec	Vcc	Vss	Spk+	Mic	Mic ref.	AGC	Ana. In	Ana. Out.

가 새로운 것에 대해 학습을 하게 되는 기간으로 알려져 있기 때문에, 실제 농가에서 이런 경계행동을 효과적으로 이용하기 위해서는

- 농가에서 활용되는 기피모형(삼각뿔, 천적풍선, 바람개비, 거울 등)은 일시적인 효과에 그치므로 한

**표 4. 현재 배재배 농가에서 사용하고 있는 방 조법 종류<sup>5)</sup>**

방제방법	사용율(%)	실 레
인력퇴치	60.6	흔히 이른 아침과 늦은 오후
소음	48.5	라디오 카바이드춤, 폭죽, 버드가드
빛반사	39.4	거울반사 테이프
익숙하지 않은 것	6.1	목초액, 현미식초, 깃발, 뱀모형, 깡통, 개, 허수아비
망설치	3.0	완전 치기
	12.1	부분 치기
포살	242	총포
	9.1	농약

**표 5. 일본의 방조법 실태와 활용효과<sup>5)</sup>**

방조법	활용 지역수	효 능
폭음기	10	설치초기에 효과가 있고, 익숙해지면 효과 저하됨
방조망	10	가장 유효한 수단임
방조봉지	8	효과가 인정되는 편임
사채 걸어두기	7	효과가 큰 지역도 있으나 익숙해지면 효과가 떨어짐
눈동자 모형	3	거의 효과 없음
뉘싯줄 설치	6	까마귀는 다소 효과적이거나 다른 조류엔 효과없음
폭죽	6	일시적 효과
총기	4	사용기간 효과 있음
자석(자기)	4	효과가 불명확, 일부 조류 초기에 효과를 보이는 정도임
회전 대 인형	4	익숙해지면 효과 저하됨
방조갓	5	방조봉지보다 효과가 적음

시적으로 교체 사용하고,

- 소음기기들(폭음기, 라디오, 경계음 재생기 등)은 한 종류에 의존하지 않고 방조율이 떨어질 무렵 과수원이 5km이상의 농가끼리 서로 다른 기종(다른 음향 패턴)으로 바꾸어 투입하면 방조효율을 높일 수 있다.

- 기피모형은 수확 후 반드시 과수원에서 철거하여 이것에 대해 조류가 학습효과를 보이지 않도록 해야 하고,

- 기피모형에 따라 방조효율이 다를 수 있으므로 설치 후 방조효과를 주의 깊게 점검하는 것이 필요하다

조류는 살아있는 생명체로 생존하기 위해 여러 방책들에 대하여 학습을 하고 환경에 적응하는 능력이 있기 때문에 유해조류를 단숨에 퇴치할 뾰족한 방법은 있을 수 없다. 다만 궁극적으로는 환경 친화적인 생태계를 조성하여 인간과 조류가 서로 공생하는 방법을 모색해야 할 것이다. 본 연구에서 제안된 방법도 기존의 여러 가지 방조책과 더불어 교체 투입할 수 있는 한가지 방책에 불과할 것이다. 사용자의 각별한 관찰과 주변 과수 농가들의 긴밀한 협조가 피해를 최소한으로 줄일 수 있을 것이다.

**참고 문헌**

1. 金昌富(2000), 濟州島에 棲息하는 까치 *Pica pica sericea*의 繁殖生態 및 個體數 變動에 關한 研究, 濟州大學校, p10-15
2. 方正植(1998), 까치에 의한 電力設備 被害 防止 對策, 忠北大學校, p.20-30
3. Eguchi, S. and Hirsh, I.J. (1969), development of speech sounds in children, *Acta Oto-Laryngologica*, 16, 1-51.
4. 이한수, 이두표, 김진한 및 송장훈(2000), 까치에 의한 과수피해를 방지하기 위한 조건적 미가기피 행동(CTA) 적용연구, 한국조류학회. 가을 p.20
5. [http://www.pear4u.com/new\\_tech/2008c.htm](http://www.pear4u.com/new_tech/2008c.htm)