

夜行性動物聲音收錄與辨識系統

The Sound Collection and Identification System of Nocturnal Animals

計畫編號：99 林發-8.1-保-81

執行單位：國立東華大學

研究主持人：黃振榮 教授

研究人員：王宇武、林進發、陳俞多、陳恆鳴、翁傳翔、黃子豪
連逸傑、曾聖傑、李昱緯

中華民國 100 年 12 月 23

林務局保育研究系列

99 林發8.1保-81

研究題目

夜行性動物聲音收錄與辨識系統

研究主持人

黃振榮

教授

日期：中華民國100年12月23日

中文摘要

生物訊號的辨識是利用訊號處理的技術來分析不同生物訊號的特性，利用各訊號之間的差異性來完成辨識，例如語音辨識，就是利用各個聲音訊號之間的不同特性來完成辨識。本研究是發展一套「夜行性動物聲音辨識系統」，以語音辨識的類似技術來開發一套適合多種夜行性動物的辨識系統。這套系統可實際應用在生態的維護工作上，像是生態區域的記錄與觀察，預期將對生態的維護有極大的幫助，這將是以科技來維護生態的首例。依據辨識系統的流程狀況，我們分成幾個模組進行研究，系統模組分為下列幾項：音訊格式轉換、前置去雜訊模組、音節切割模組、特徵萃取(MFCC)模組、決策樹(Decision tree)分群模組、模糊格推論(FLR)分類模組。

系統於辨識前先建立一套機器學習過程，將各個聲音樣本先經前處理模組濾去雜訊、修正高頻，經音節切割模組取得特徵音訊片段，再將該片段轉換為 MFCC 特徵，作為系統核心辨識特徵，兩棲類辨識的部分，還可依據使用者輸入之環境資訊，由決策樹分類模組先進行分群後，再利用 FLR 進行分類，藉此減低運算複雜度和提昇辨識率。

由於音訊切割模組可能因夜行性動物鳴叫的時間差而使切割音訊之結果有所誤差，導致辨識率下降，目前正致力改進中，以提高辨識率，為了測試本計畫所提出的「智慧型夜行性動物聲音辨識系統」的可行性與效能，我們將所有的特徵片段，其擷取至 18 個物種，408 個聲音樣本，共 4477 筆特徵片段，進行辨識率的驗證，目前在狹口蛙及樹蛙科的最高辨識正確率可達 93.81%，最低為 76.87%，這類聲音樣本較充足的物種，由於聲音特徵片段夠多，在有充足訓練樣本 (Training Data) 的狀況下，依我們測試的結果，大概都能有八成以上的辨識準確率，顯示本系統具備相當優良的辨識率而辨識率，而辨識率最低的物種小雨燕，其亦有 0.667 的辨識率，探討後發現該物種辨識率偏低的原因主要為以下兩點：該物種聲音樣本過少，只有一筆，導致訓練出的規格過於狹隘，雖然該筆聲音樣本經由自動去噪及 R-S 端點偵測流程後，能成功切割出 20 段聲音特徵片段，但因為該筆聲音檔，為多個個體的連續群叫，所以特徵訊號疊代 (Overlap) 問題嚴重，所以才會導致該物種辨識率偏低，之後若收集到該物種更多聲音樣本，擴充特徵資料庫後，相信能大幅改善此狀況，提昇其辨識率。

關鍵字：夜行性動物；聲音辨識；去雜訊；音節切割；特徵萃取；MFCC；模糊格推論；機器學習；

Abstract

The identification of biological signal is achieved by using the technologies of signal processing and examining the difference among each signal, like speech recognition. A nocturnal animal identification system is proposed in this work to assist in recognizing different kinds of nocturnal animals, and to apply this system in the maintenance of ecological environment. According to the flow of the designed system, it is divided into three phases, including the pre-processing module dealing with noise reducing and sound format converting, feature extraction module applied with Mel Frequencies Cepstral Coefficients (MFCCs), syllable segmentation module, decision tree classification module, and fuzzy lattice reasoning (FLR) classifier module.

First, each sound sample undergoes the flow of noise reducing, high-frequency, and syllable segmentation. Next, the segmentation was converted into the MFCC feature as the main identification feature of the propose work. In terms of amphibian identification, a user can input the environment information as the parameters of decision tress classification module to proceed the clustering, and the results are classified with FLR to decrease the complexity and increase the accuracy rate.

A series of simulations were conducted to demonstrate the feasibility of the proposed algorithm. 18 species, 408 sound samples, and 4477 feature segmentations were utilized to verify the accuracy rate of our work. Our simulations showed that the proposed FLR classifier can effectively increase the recognition rate and decrease the training time. In particular, the collected sound sample of the *Apus nipalensis* is only one that results in a lower accuracy rate. We expect to expand the database of sound samples, and thus we can dramatically improve the above-mentioned problem to increase the accuracy rate of each species.

Keywords: nocturnal identification, noise reducing, syllable segmentation, feature extraction, Mel Frequencies Cepstral Coefficients (MFCCs), fuzzy lattice reasoning (FLR), machine learning.

目錄

1 前言	1
2 研究方法與進行流程	2
2.1 全程目標	
2.2 全年進度規劃表	
2.3 相關人員	
2.4 整體架構圖	
3 樣本建模前處理模組	7
3.1 音訊格式轉換	
3.2 前置去雜訊模組	
4 聲音樣本建模	10
4.1 音節切割模組	
4.2 特徵萃取(MFCC)模組	
5 適性化辨識機制	21
5.1 決策樹(Decision tree)分群模組	
5.2 模糊格推論(FLR)分類模組	
6 辨識率驗證與分析	26
6.1 測試方法設定	
6.2 測試環境	
6.3 結果與分析	
7 聲音模型資料庫	29
7.1 聲音樣本檔案（參閱光碟）	
7.2 音節音訊資料分析（參閱光碟）	
8 系統說明課程	65
8.1 課程表	
8.2 「夜行性動物聲音辨識系統」說明課程講義及出席簽到表 (參閱報告附件二)	
9 結論	67
9.1 預期效益	
9.2 未來建議	
 附件一. 夜行性兩棲類動物群聚特性資料(縣市)	68
附件二. 「夜行性動物聲音辨識系統」說明課程講義	72
附件三. 參考文獻	87

圖目錄

圖一 夜行性動物聲音辨識系統整體架構圖	5
圖二 夜行性動物聲音辨識系統平台首頁	6
圖三 前置處理系統	7
圖四 前置去雜訊處理流程圖	8
圖五 未去雜訊前樣本時域圖	9
圖六 去雜訊後樣本時域圖	9
圖七 能量曲線示意圖	11
圖八 越零率參數示意圖	11
圖九 能量曲線與閾值示意圖	13
圖十 R-S 端點偵測法示意圖	14
圖十一 預強調示意圖	15
圖十二 分析框示意圖	16
圖十三 漢明窗曲線示意圖	17
圖十四 訊號乘上漢明窗後示意圖	17
圖十五 聲音訊號時域 (Time domain) 示意圖	18
圖十六 經 FFT 轉換至頻域 (Frequency domain) 示意圖	18
圖十七 聲音訊號梅爾頻率 (Mel Frequency) 示意圖	19
圖十八 決策樹(Decision tree)分群模組示意	21
圖十九 導入決策樹(Decision tree)分群模組範例	22
圖二十 兩函數與相對應的定義域所夾的範圍即為轉化後的規則	23
圖二十一 FLR 分類執行的過程	24
圖二十二 FLR 推理模型在幾何上的解釋	25
圖二十三 辨識矩陣	28
圖二十四 群聚特性資料暨聲音模型資料庫示意圖	64

表目錄

表一	進度規劃表	4
表二	參與計畫人員表	5
表三	辨識效果驗證測試檔案數	26
表四	模擬結果	28
表五	0827 桃園百吉國小兩棲保育志工增能工作坊課程表	65

1 前言

近年來聲音辨識的研究，著重於動物種類的分類，例如鳥種辨識；語音辨識根據錄音的叫聲，來幫助人類辨識其種類。過去文獻上，Tyagi 等人引進新的鳥種聲音辨識方法，依據時間變化的平均頻譜及分類法來表示鳥叫的音節。Vilches 等人則利用資料探勘技術於分類及分析上，以 pulse-by-pulse 為主要方法，此方法相異於傳統以音節為主的系統技術。Somervuo 等人則研究不同的鳥類音節特徵的表現。明顯地，上述所提到的研究著重於單一物種的辨識，由於各物種間並不一定存在相同特徵，因此現有的方法並不適合於此次計畫需解決的問題。

目前對於夜行性動物的辨認尚停留在傳統的人工辨識，雖然對於專業的生態研究人員並不構成問題，但對一般民眾卻是困難重重，因此在生態保育教育推廣面上也造成相當程度的阻礙。若能讓一般民眾順利地認識生活環境周圍的生態，例如提供了一個可讓民眾輕易辨識動物聲音的機制，解決了一般民眾在認識環境生態上的一大阻礙，進而引發其參與生態保育的興趣，對於推廣全民監測、全民保育的工作將有極大助益。

本計畫所提出的適性化聲音自動辨識系統，除了解決多種不同物種的辨識問題外，更重要的是建置一個可以讓民眾藉由電腦或其他手持上網裝置，上傳夜行性動物聲音進行物種辨識的自動化辨識網路平台，不但可以讓一般民眾更加容易認識生活環境周圍的夜行性動物，也間接增加一般民眾全民保育的意識。本計畫的後續工作，預期可以對夜行性動物聲音樣本進行分析，並建立一套標準的作業程序，以奠定日後推廣至其他物種聲音辨識時的基礎。

2 研究方法與進行流程

2.1 全程目標

生物訊號的辨識是利用訊號處理的技術來分析不同生物訊號的特性，而利用各訊號之間的差異性來進行辨識，例如語音辨識，就是利用各個聲音訊號之間的不同特性來完成辨識。在過去林務局的計畫中，已經藉由語音辨識及資料探勘的技術開發出一套適合青蛙叫聲的蛙聲辨識代理人(agent)。此蛙聲辨識代理人主要分成四部份，包含訊號前處理、音節切割、特徵萃取及分類器。單音部分在狹口蛙及樹蛙科的最高辨識正確率可達 93.81%，最低為 76.87%。

由於本次計畫研究對象包含了多個不同物種，因此過去針對單一物種的計畫成果雖可作為參考但卻無法適用。本計畫為了解決多樣物種的問題，提出了『適性化辨識系統計畫』，主要目標規劃了有『建置適性化辨識機制』、『聲音樣本模型資料庫』、『跨平台使用者介面』以及『聲音樣本自動化建模』等四大項模組之規劃及建置，其架構如圖一所示。計畫初期將以『台灣兩棲類資源監測系統』中專家確認過的聲音樣本建立模型，建模過程中將對聲音樣本進行前處理並予以適當的切割，再使用切割後的聲音片段進行特徵萃取，並且排除離異值後，進行類神經網路的訓練。最後整個系統將透過跨平台辨識介面提供一般使用者使用。而一般使用者提供的聲音樣本將透過自動化建模機制加入系統的樣本資料庫中。而圖中的專家驗證機制是在系統運作過程中，讓專家介入監督系統辨識效果的機制，透過此機制可以適時修正系統出現的錯誤。另外，在計畫後期也將針對志工舉辦 1 到 2 梯次的系統使用說明課程，輔導志工使用本系統進行聲音樣本的收集。

針對各期達成目標規劃如下：

(1) 期初目標：(已達成)

- i. 夜行性動物聲音辨識相關論文及演算法整理與分析。
- ii. 與學者專家定期開會討論。
- iii. 伺服器申請主機代管服務。

(2) 期中審查標準：(已達成)

- i. 完成音訊格式轉換程式之開發，使輸入之音訊檔可由任何檔案格式轉換成系統所需的.wav 檔案格式。
- ii. 完成 10 種夜行性動物群聚特性資料建置，包括氣溫、水溫、海拔、濕度、月份及棲地分析。
- iii. 完成至少 3 種動物，每種動物 5 筆錄音檔，合計 15 筆錄音檔的訊號前處理工作，包括以調濾波器(Pre-emphasis filter)和去雜訊濾波器(De-noise filter)

去除雜訊及噪音。

- iv. 產生有效音節分割 150 段無雜訊及干擾的波形。
- v. 完成 150 段音節音訊資料分群分析，並建置由辨識核心程式所需之特徵參數，例如頻譜中心、訊號帶寬、頻譜滑動、頻譜平坦、平均能量等，所組成之聲音模型資料庫。

(3) 期末審查標準：(已達成)

- i 完成 10 種動物，每種動物至少 5 筆錄音檔，合計 50 筆錄音檔的訊號前處理工作，包括以調濾波器(Pre-emphasis filter)和去雜訊濾波器(De-noise filter)去除雜訊及噪音。(共 65 筆，參閱光碟”錄音檔”)
- ii 產生有效音節分割 500 段無雜訊及干擾的波形。(共 707 段，參閱光碟”樣本特徵資料庫”)
- iii 完成 500 段音節音訊資料分群分析，並建置由辨識核心程式所需之特徵參數，例如頻譜中心、訊號帶寬、頻譜滑動、頻譜平坦、平均能量等，所組成之聲音模型資料庫。(共 707 段，參閱光碟”樣本特徵資料庫”)
- iv 舉辦一場次系統說明課程。(參閱附件二)
- v 開發聲音辨識介面與辨識核心程式一套，並完成測試與上線使用。(參閱光碟”原始碼”)
- vi 建置使用者操作介面一套，並完成測試與上線使用。(參閱光碟”原始碼”)
- vii 完成聲音樣本建模自動化測試與上線。(參閱光碟”原始碼”)

開發跨平台使用網站系統一套，並完成測試與上線使用。(參閱光碟”原始碼”)

2.2 全年進度規劃表

表一 進度規劃表

工作項目	工作內容	進度百分比(深色者為已執行進度)										預定進度期間
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
建置適性化辨識機制	收集聲音辨識之相關演算法，並與專家討論以及分析物種群聚之特性											99年8月~99年10月
	聲音辨識演算法核心程式撰寫											99年11月~100年2月
	辨識演算法驗證，使用者介面程式撰寫											100年2月~100年5月
	整體系統測試與修正，正式上線											100年6月~100年9月
建立聲音樣本模型資料庫	收集四個聲音樣本建模用的子模組(訊號前處理、音節切割、特徵萃取、離異質檢測)相關演算法以及相關文獻資料											99年8月~99年10月
	訊號前處理以及音節切割之程式撰寫，將已分群之音訊資料加以處理分析											99年11月~100年1月
	特徵萃取以及離異質檢測之程式撰寫以及將已分群之音訊資料加以處理分析											100年2月~100年5月
	驗證建模流程並進行微調，建立台灣兩棲類資源監測系統資料庫中所有聲音樣本之聲音模型。											100年6月~100年9月
樣本建模自動化	音訊格式轉換程式撰寫與音訊資料加以處理分析											99年8月~99年10月
	聲音樣本前處理分割程式撰寫											99年11月~100年2月
	聲音樣本建模自動化程式撰寫											100年2月~100年5月
	聲音樣本建模自動化測試與修正											100年6月~100年9月
跨平台聲音辨識介面	聲音辨識介面設計與評估											99年8月~99年10月
	跨平台使用網站的程式撰寫											99年11月~100年1月
	網站系統測試與修正											100年2月~100年5月
	跨平台使用網站正式上線											100年6月~100年9月
系統說明課程	系統說明課程的講師甄選與決定、教材整理。確定課程舉辦日期、寄發系統說明課程的邀請函、聯絡受邀人。											100年2月~100年5月
	系統說明課程的報名事宜、場地租借、租借舉辦當天要用的設備。場地布置、舉辦系統說明課程。											100年6月~100年9月

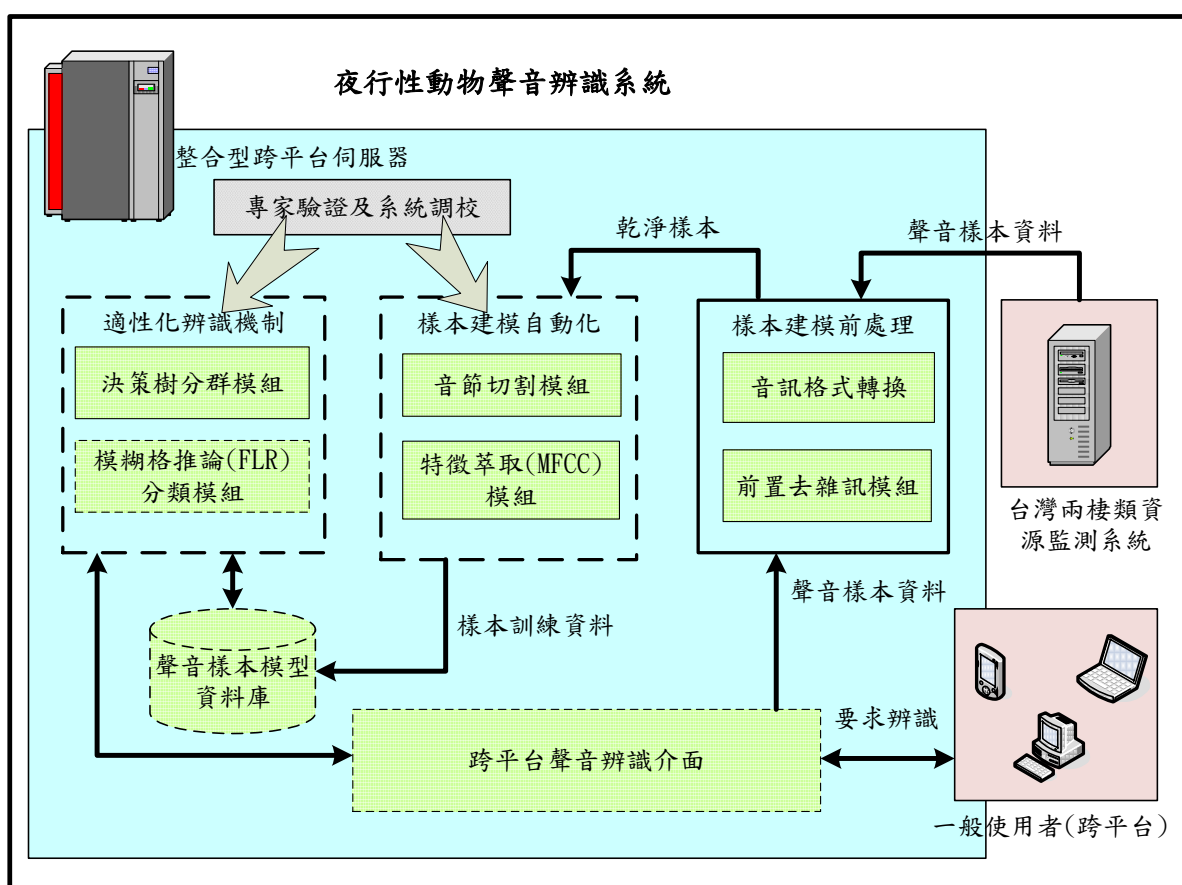
2.3 相關人員

目前本計畫中的相關人員如下：

表二 參與計畫人員表

參與計畫人員			
研究人員	職稱	研究人員	職稱
黃振榮	教授	王宇武	博士生
林進發	碩士生	陳俞多	碩士生
陳恆鳴	碩士生	翁傳翔	碩士生
黃子豪	碩士生	連逸傑	碩士生
曾聖傑	碩士生	李昱緯	碩士生

2.4 整體架構圖



圖一 夜行性動物聲音辨識系統整體架構圖



圖二 夜行性動物聲音辨識系統平台首頁

3 樣本建模前處理模組



圖三 前置處理系統

3.1 音訊格式轉換模組

本系統的前處理模組就如圖三所示，主要以音訊格式轉換模組及雜訊過濾模組組合而成。因使用者利用各種不同的錄音設備收音，所以聲音樣本將有許多不同的格式，為了使民眾方便使用，本系統在民眾上傳檔案之後，第一步即將各種不同的格式統一轉換成 WAV 格式。轉換完之後，再將聲音訊號重新取樣為 44.1KHz，16-bit 單聲道儲存作為樣本，即每秒有 44,100 個採樣，而每個採樣為 16 bits。而此時的樣本又經由傅立葉分析法 (Fourier analysis) 分析出雜訊範圍之雜訊特性參數，並將已分析之雜訊特性參數再用頻譜雜訊閾 (Spectral noise gating) 的技巧將雜訊去除掉，以取得更乾淨的聲音訊號。

而且取樣規格設為 44.1KHz，16-bit 的原因是因為，人耳所能聽到的範圍是從 20Hz 到 20,000Hz，根據 Nyquist Functions 所提出的定理，採樣頻率最少一定要是採樣目標的頻率兩倍以上，才不會導致失真獲得較正確的採樣結果，也就是說每一個類比週期至少都必須被採樣過兩次以上，選擇 44.1KHz，16-bit 的取樣背景，有其相關的背景及理由，因非本研究之主題，所以在這邊不多做贅述，應考量本系統未來將提供給一般民眾使用，為了民眾使用上的方便，故取樣規格便依照一般的商業產品所採用的規格，即 44.1KHz，16-bit。

目前轉檔支援格式共 40 種，如下所示：

- Raw files in various binary formats
- Raw textual data
- Amiga 8svx files
- Apple/SGI AIFF files
- SUN .au files
- PCM, u-law, A-law
- G7xx ADPCM files (read only)
- mutant DEC .au files
- NeXT .snd files
- AVR files
- CDDA (Compact Disc Digital Audio format)
- CVS and VMS files (continuous variable slope)
- Dialogic/OKI ADPCM files (.VOX)
- Microsoft .WAV files
- PCM, u-law, A-law
- MS ADPCM, IMA ADPCM
- GSM
- RIFX (big endian)
- WavPack files
- Yamaha TX-16W sampler files
- LPC-10 files
- Macintosh HCOM files
- Amiga MAUD files
- AMR-WB & AMR-NB
- MP3
- MP4, AAC, AC3, WAVPACK, AMR-NB files
- AVI, WMV, Ogg Theora, MPEG video files
- Ogg Vorbis files
- FLAC files
- IRCAM SoundFile files
- NIST SPHERE files
- Turtle beach SampleVision files
- Sounder & Soundtool (DOS) files
- Psion (palmtop) A-law WVE files and Record voice notes
- Maxis XA Audio files
- EA ADPCM (read support only, for now)
- HTK files
- Grandstream ring-tone files
- GSM files
- SoundBlaster .VOC files

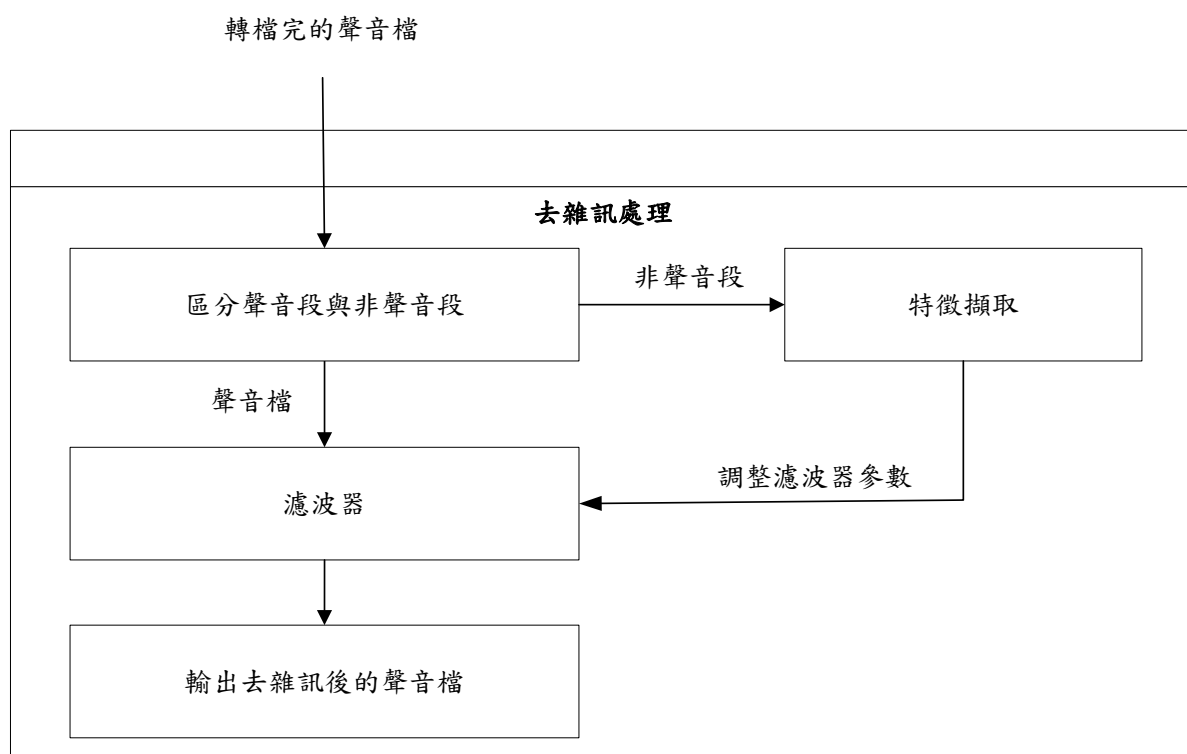
注意：為使辨識系統獲得最佳的辨識率，建議民眾上傳聲音樣本時，測試聲音樣本為 44100Hz, 16bit 6MB 以下，1 分鐘內的單種純淨聲音檔，並建議使用下述聲音收錄設備：Zoom H2、Zoom H4n、TASCAM DR-100、Roland Edirol R-09HR。

3.2 前置去雜訊模組

承上段所述，聲音樣本的前置去雜訊處理，在聲音相似度比對中扮演了一個重要的地位，尤其是在雜訊干擾較大的情況下，下面我們將就前置去雜訊模組做詳細之說明。當我們待辨識的聲音樣本中存在著過多的雜訊時，將會使得特徵值擷取所得資料精確度下降，而且在目標訊號與雜訊發生疊合的情況下，辨識結果可能會因此而出現誤差。因此為了使特徵值擷取及聲音辨識的準確率提高，我們在樣本前置處理的步驟時，就先對轉檔完的聲音樣品進行自動去雜訊的處理。首先先經由端點偵測區分出語音段與噪音段，再擷取噪音段的特徵去調整我們的濾波器，最後經由濾波器去過濾整個聲音檔。在這邊所使用的濾波器為常見的訊號前處理技術，此處提到的去雜訊濾波器主要核心函數為小波轉換函數 (Wavelet threshold function)。在一維的狀態下，去雜訊濾波器輸出訊號可以表達為，

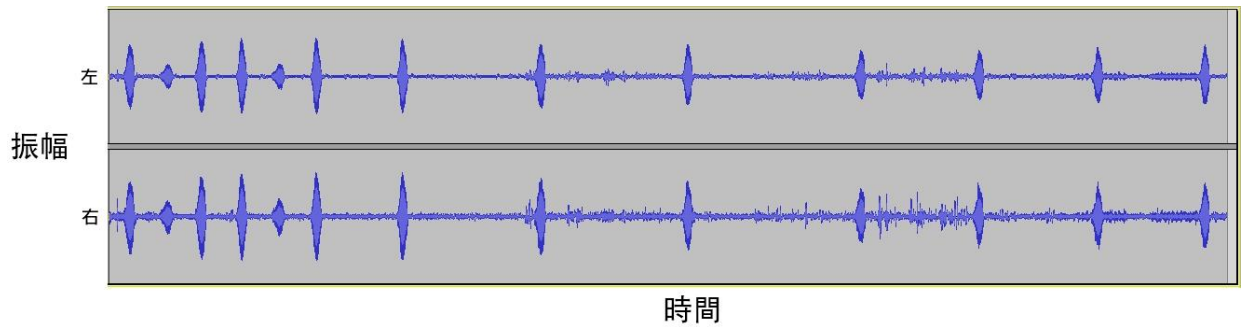
$$D'_n = f\left(g\left(h(D_n, s_1, s_2)\right)\right) \quad (1)$$

其中 D_n 代表為原始訊號， s_1 和 s_2 分別代表粗糙層 (Coarsest level) 和面積反應濾波器 (Quadrature mirror filter) h 、 g 和 f 分別代表前小波轉換 (Forward wavelet transform)、軟門檻函數 (Soft threshold function) 和倒小波轉換 (Inverse wavelet transform)。經由我們的去雜音處理，可以減少一些影響辨識的因素，以將辨識率有效的提高，步驟流程圖即如圖三所示。

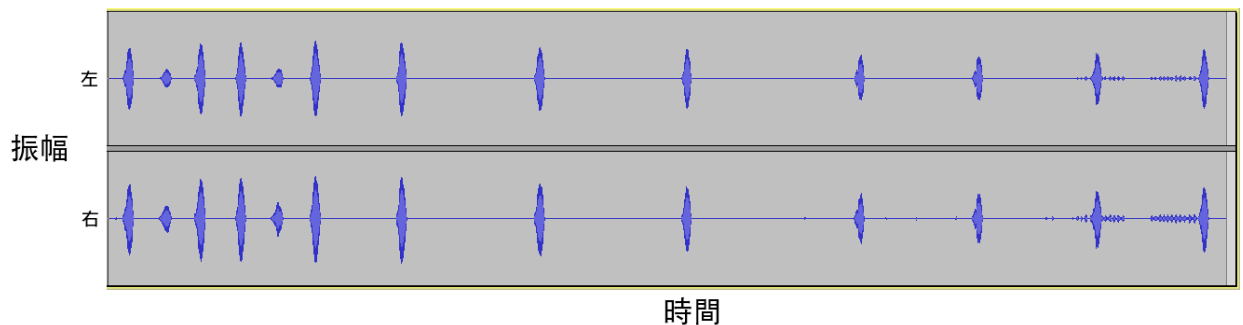


圖四 前置去雜訊處理流程圖

Fourier Analysis 的去噪強度為本流程中最關鍵的參數，若去噪參數太過敏感，便會發生樣本失真的狀況，閾值設的太低又會無法有效去除背景雜訊，要測閾值之前需要先得知訊號之平均振幅，這步驟又會牽涉到系統的處理時間，根據我們多次的測試，我們將樣本從 1/3、2/3 處各往後取 3 秒的聲音片段，求出兩片斷的平均值，做為平均振幅大小，再找出兩片斷聯集之局部最大值，並以此兩個數值做為決定閾值之標準，自動去噪實際操作結果如下所示。



圖五 未去雜訊前樣本時域圖



圖六 去雜訊後樣本時域圖

4 聲音樣本建模

4.1 音節切割模組

本系統是採用 RS 端點偵測來做音節切割，其利用訊號的能量曲線圖(Energy curve)與越零率曲線(Zero-crossing rate curve)配合上各自的閾值，來判出聲音檔案中有聲片段的端點所在之處，以此來分離出聲音段與非聲音段。

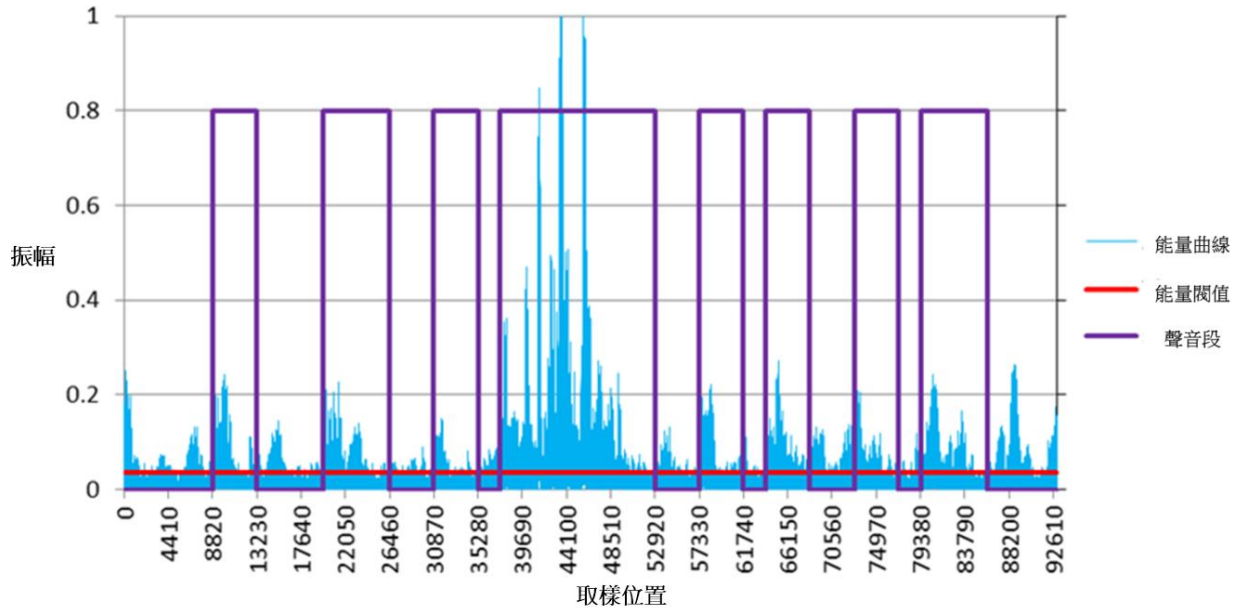
<1> 能量參數

能量量測是語音處理中最基本的一種方法，此法主要是判斷在某一短時距內能量變化的情形，其將可做為區分有聲語音與無聲語音之依據，如圖七所示。能量參數的計算方式主要有三種：平方和參數、均方和參數以及絕對值和參數，我們這邊是採用絕對值和參數的方式來做為能量估算，因為絕對值和方法雖然易受雜訊干擾，但是由於其不需平方計算，所以在計算時間上面有相當的優勢，使其仍舊是在做即時化系統(real-time system)時的最佳選擇，其相關公式如下：

$$E(n) = \frac{1}{N} \sum_{i=\frac{-(N-1)}{2}}^{\frac{(N-1)}{2}} |s(p+i)| \quad (2)$$

其中， $E(n)$ 為第 n 個分析框的能量估算值， p 為該分析框的中心點在聲音訊號中的位置， N 則為分析框寬度，為了減少雜訊對於我們端點偵測的干擾，我們加入去背景雜訊的公式來稍微降低背景雜訊，以最前面幾個分析框的能量估算值之平均值，做為背景雜訊能量，再將每個分析框的能量估測值減去雜訊能量估測值，即可得到所需的能量估測值，其公式為：

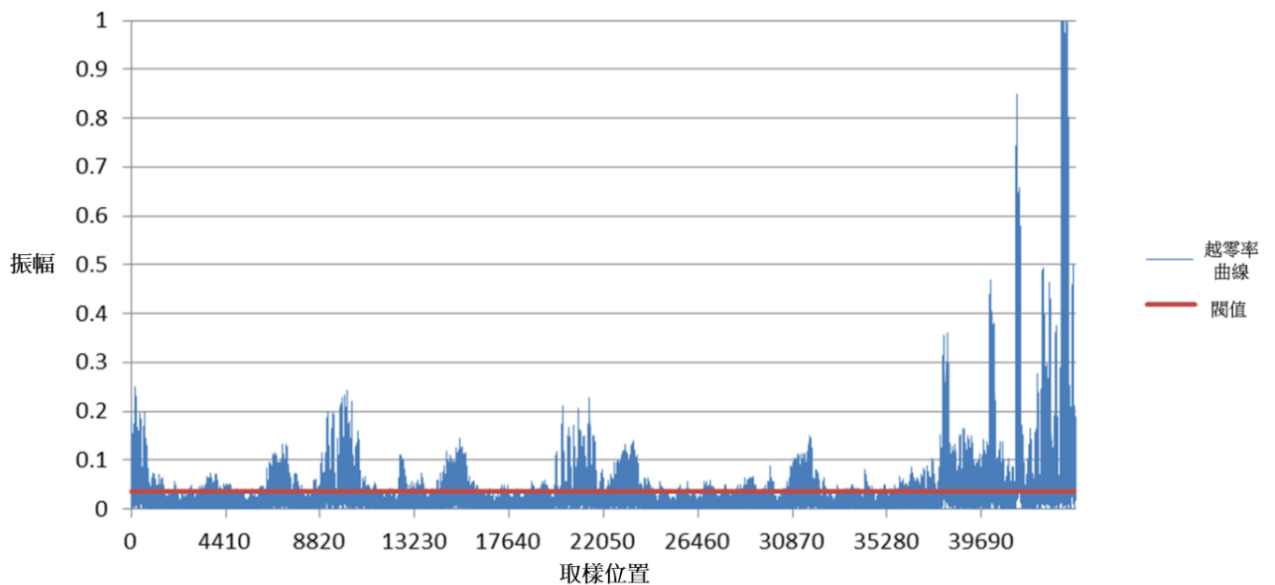
$$E'(n) = E(n) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E(i) \quad (3)$$



圖七 能量曲線示意圖

<2> 越零率

越零率乃是指訊號中通過零值的次數，也就是兩連續樣本間具有不同的正負號次數，越零率參數主要是應用於語音訊號端點偵測，用於判斷氣音段或摩擦音段之訊號。在氣音或摩擦音段，由於其訊號的頻率較一般聲音段來的高，所以可藉由此特性來找出錄音訊號中的氣音或摩擦音段所在之處；而要找出此特性最簡單的方法，就是直接去計算在分析框內訊號穿越零率閾值的次數，此即越零率參數。



圖八 越零率參數示意圖

我們將其表示為：

$$ZCR(n) = \sum_{i=\frac{-(N-1)}{2}}^{\frac{N-1}{2}-1} u[Sgn(-s(p+i) \times s(p+i+1))]E(n) = E(n) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E(i) \quad (4)$$

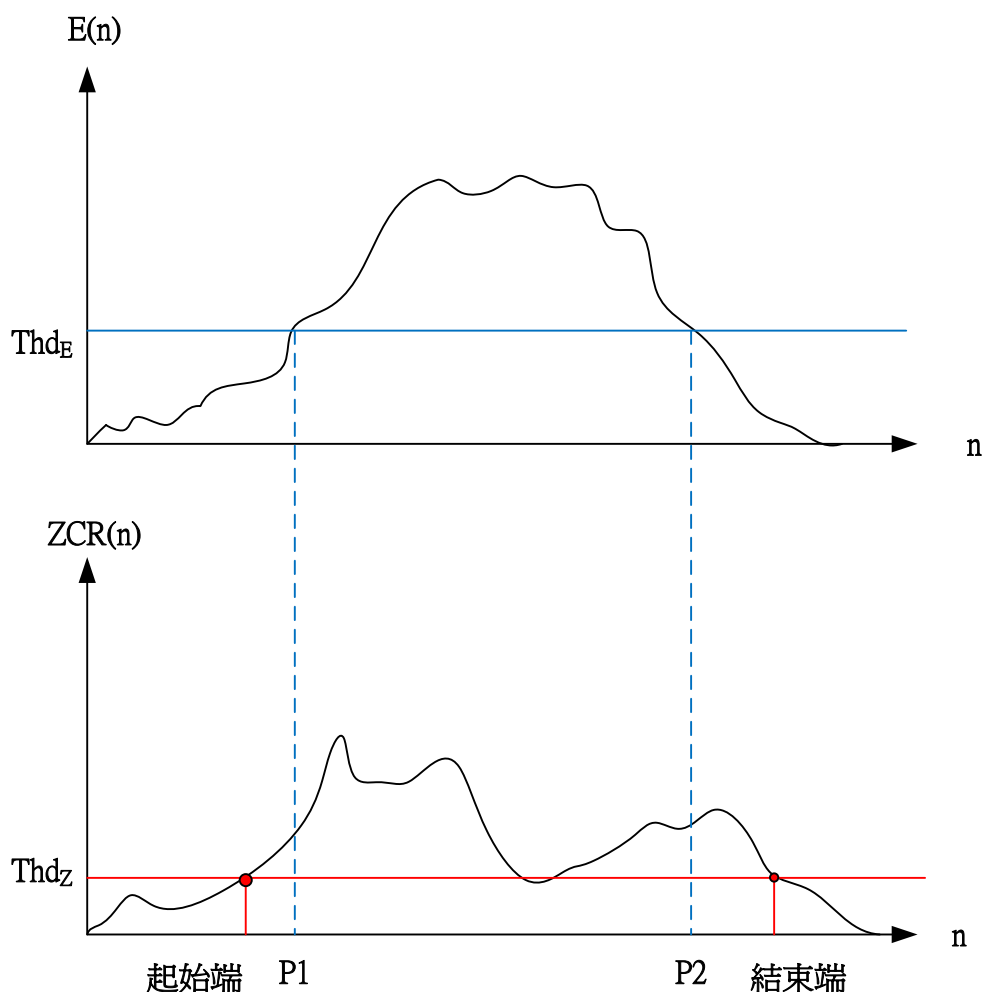
其中 $u(x)$ 為步階函數； $Sgn(x)$ 為符號函數

$$u(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} ; Sgn(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases} \quad (5)$$

<3> R-S 端點偵測

首先我們先求出能量曲線圖 $E(n)$ ，再利用設定的能量門檻值“ Thd_E ”畫出一水平線，並記錄其與能量曲線之交點位置，如 P1 與 P2 (如圖九)，我們分別以這兩個位置做為我們初步判斷的有聲段之起始端與結束端：

$$Thd_E = C_E \times \max[E(n)] + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E(i) \quad (6)$$



圖九 能量曲線與閾值示意圖

之所以只將 P1、P2 設為初步的端點偵測結果，是因為它們之間所包含的訊號可能僅是有聲段的一部份，無法有效的找到氣音或摩擦音的部份，為了得到準確的聲音片段起末點的位置，我們再利用越零率曲線圖與設定其代表越零率門檻值“Thd_Z”所作成之水平線。

越零率閾值設定則如下：

$$Thd_Z = C_Z \times \max [ZCR(n)] \quad (7)$$

如圖九，即是由我們從上圖得到的 P1 及 P2 再向兩邊繼續延伸，以找出真正的語音訊號之端點位置。

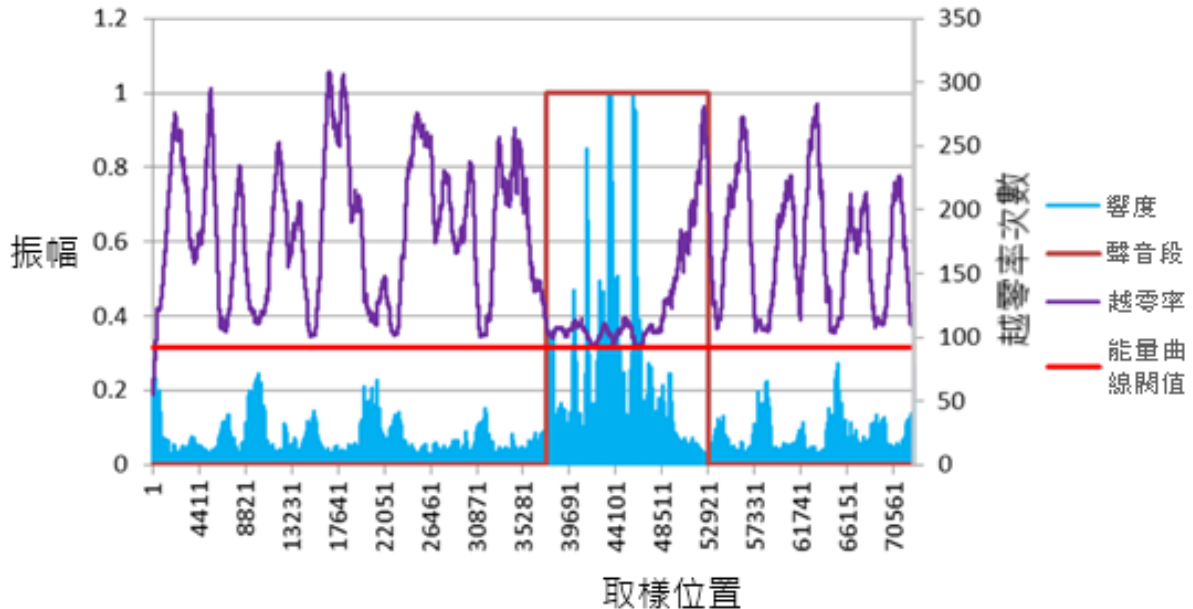
透過我們在上圖找到的 P1 的位置，並把它對照到越零率曲線圖(圖九下圖)，此時：

<1> 若在這個分析框中，越零率的值低於門檻值“Thd_Z”的話，則我們就可以把 P1 直接視為該這個語音段的起點位置；

<2> 反之若是高於門檻值“Thd_Z”的話，就從 P1 繼續向左尋找，逐一往左比較之前分析框

的越零率的值是否大於門檻值”Thd_z”，當找到第一個越零率小於”Thd_z”之分析框時，則該分析框所對應的時間點即是所偵測有聲段的起始點。

而有聲段的終點搜尋方式亦同只是方向相反，即從 P2 點向右延伸。



圖十 R-S 端點偵測法示意圖

4.2 特徵萃取(MFCC)模組

在語音辨識 (Speech Recognition) 的相關研究領域方面，無論是做語音辨識還是語者辨識 (Speaker Recognition)，最常用到的語音特徵值就是「梅爾倒頻譜係數」(Mel-scale Frequency Cepstral Coefficients，簡稱 MFCC)，這是由於此種參數具有許多優點，例如，高辨識度、系統回應時間短、方便計算出音節間差異...等等，不過最特別的是其模擬人耳對不同頻率的感受程度，本系統亦是以「梅爾倒頻譜係數」作為系統的核心辨識的特徵。

MFCC 為 Mel 頻率倒譜係數(Mel-frequency cepstrum coefficients)的縮寫。在聲音處理中，MFCC 是由 MFC(Mel-frequency cepstrum)的係數所共同構成的，兩者皆是由一種聲音片段的倒譜形式所擷取而來。因為 Mel 頻率的特點是基於人耳聽覺特性所提出來，所以與頻率會成非線性對應關係，也由於這種頻率之間非線性的對應關係，故使得 MFCC 在待測試樣本聲音頻率越高時，其辨識度也會隨之越下降。而計算 MFCC 特徵需要經由下述六個步驟：

<1> 預強調 (Pre-emphasis)

預強調的主要用意在於降低量化失真 (Quantizing Distortion)，量化失真它是一種在數字模擬轉換過程中，當數字信號失真達到一定程度，而導致原始音頻不規則傳輸的失真類型。在聲音辨識中，通常因為訊號在高頻率段往往振幅較小，而且振幅也會隨著頻率越高而越小，所以基於取樣原理，這些較小的振幅一般就只會分配到較少數的 bits 來做記錄，而使得有效描述振幅的數字就變小了，進而與原本的波型

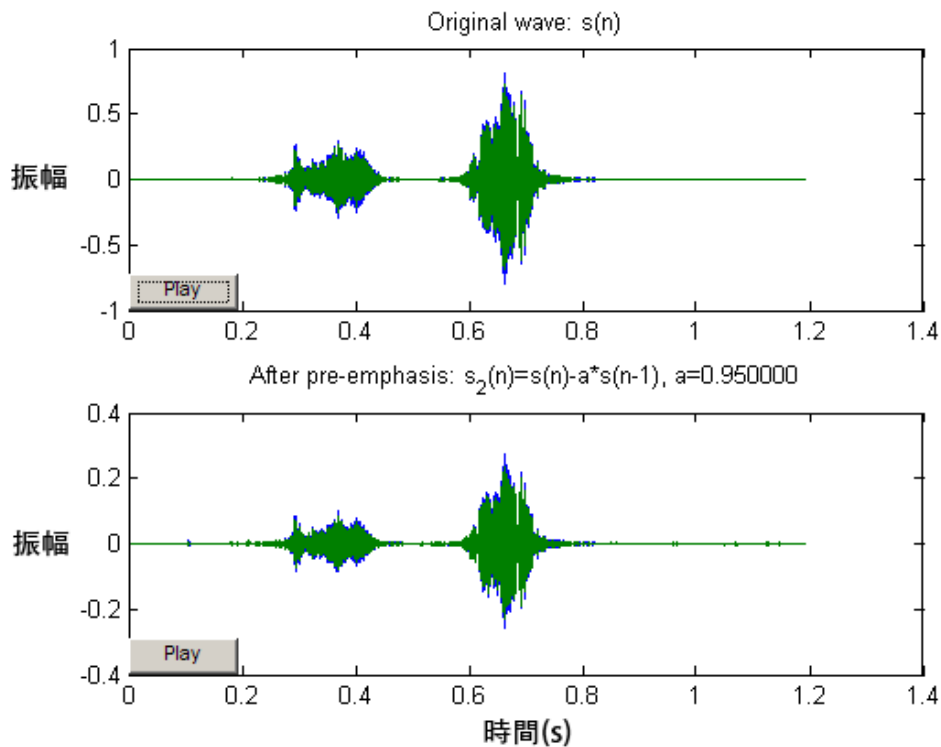
間的誤差也就隨之變大了，因此會使用預強調的技巧，先增加高頻振幅，並以此來降低取樣時的高頻量化失真，其作法如下：

首先將語音訊號 $s(n)$ 通過一個高通濾波器

$$H(z) = 1 - a \times z^{-1}, a \text{ 通常介於 } 0.9-1.0 \quad (8)$$

若以時域的運算式來表示，預強調後的訊號 $S_2(n)$ 為

$$S_2(n) = S(n) - a \times s(n - 1) \quad (9)$$



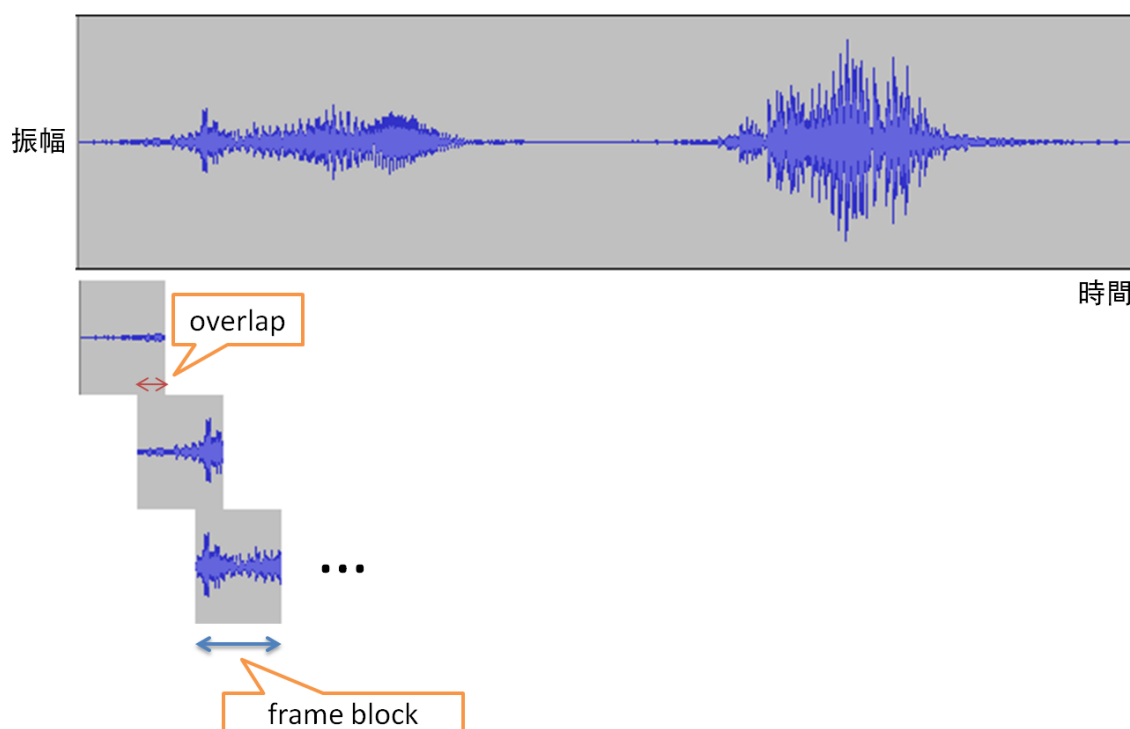
圖十一 預強調示意圖

<2> 音框化 (Frame blocking)

由於聲音信號為時變 (Time varying) 信號，信號隨著時間不停在變動。因此，通常都會假設聲音信號在一極短時間內，其為一種區段性恆態訊號(piece-wise stationary signal)。而所謂框分析[7]，便是利用聲音訊號此特性，所採用的一種訊號處理方式，以利聲音訊號於後續處理步驟能更有效率，減低其計算量。

在轉換 MFCC 的特徵值中，會先將 N 個取樣點集成一個片段，其即稱為一個音框(Frame)單位， N 的值一般會設為 256 或 512，其涵蓋的時間則約略落在 10~30 ms 左右。在此情形下為了要避免相鄰兩音框的變化過大，通常會有一段重疊區域介於兩音框之間，此重疊區域包含了 M 個取樣點(通常 M 的值約是 N 的 1/2 或

1/3)。我們這邊將所用的音訊的取樣頻率取為 44.1 KHz 且音框長度為 256 個取樣點，而重疊區域佔音框長度的 1/3，所以對應的時間長度是 $(256-256\div3)\div44100\times1000 = 3.8776 \text{ ms}$ 。



圖十二 分析框示意圖

<3> 漢明窗 (Hamming window)

在這個步驟，將音框乘上漢明窗主要是為了以下三點功能：

- 1.由於聲音訊號有時會過長，且其會隨時間而產生變化，故為了要方便於做短時距的分析，所以在做聲音分析時會先將其分割成較小的段落。
- 2.讓各個音框在頻譜上的能量能更加集中
- 3.將每一個音框乘上漢明窗，以增加音框兩端間的連續性。

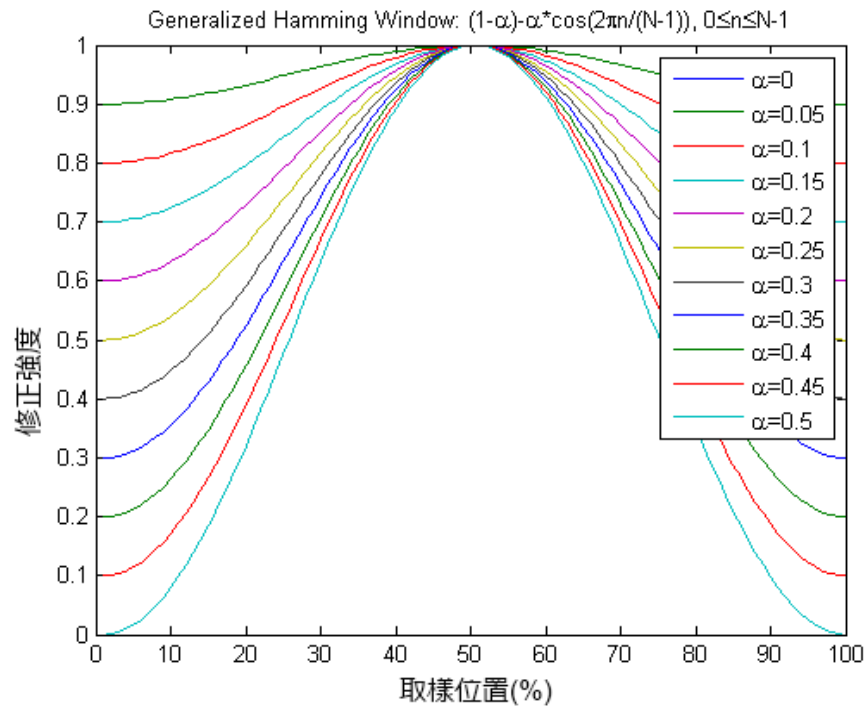
假設音框化的訊號為 $S(n)$, $n = 0, \dots, N-1$ 。

那麼乘上漢明窗後為 $S'(n) = S(n) \times W(n)$ ，此 $W(n)$ 如下：

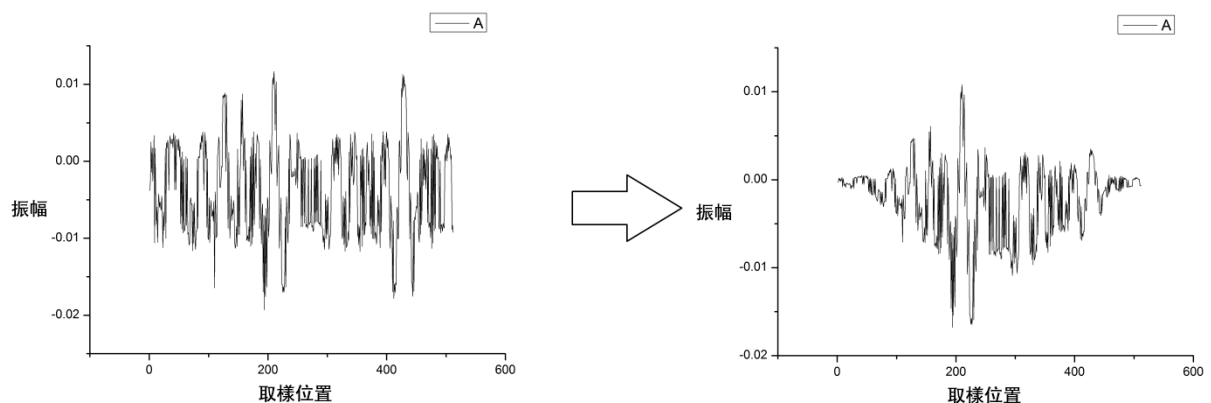
$$W(n, \alpha) = (1 - \alpha) - \alpha \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), 0 \leq n \leq N-1 \quad (10)$$

漢明框內主要的調整參數為 α 值

不同的 α 值將會產生不同的漢明窗



圖十三 漢明窗曲線示意圖



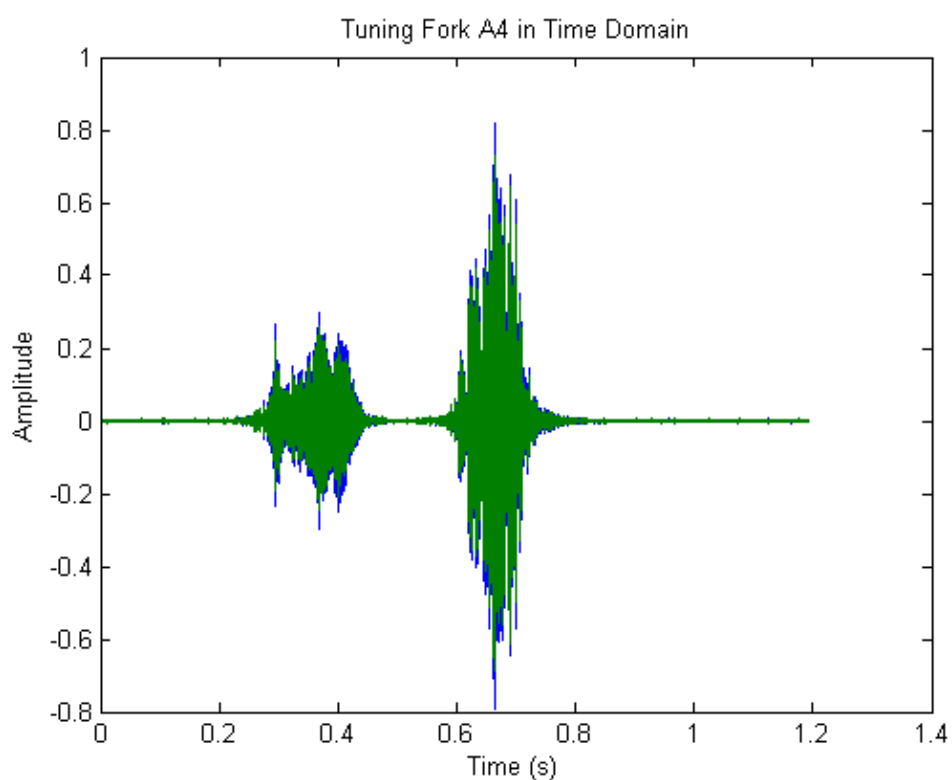
圖十四 訊號乘上漢明窗後示意圖

<4> 快速傅利葉轉換 (Fast Fourier Transform, FFT)

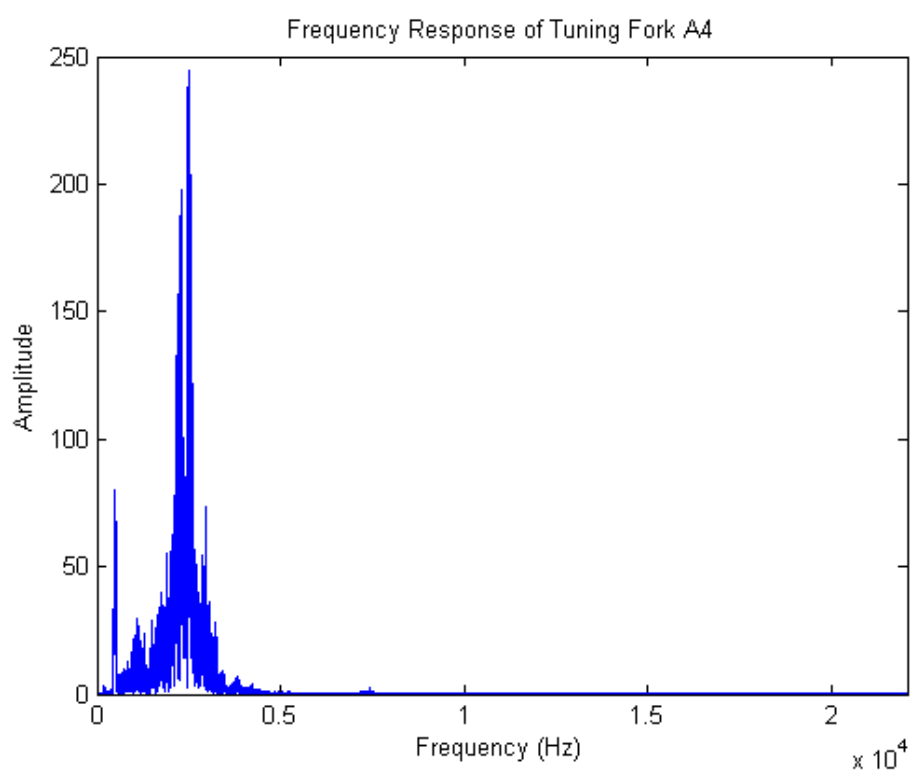
聲音訊號通常都具有以下的特性，其在時域 (Time domain) 上的變化較不利於觀察，所以往往都會先將其轉換成頻域 (Frequency domain)，再來觀察其上的能量分佈，而不同的能量分佈，通常就能代表不同語音間的特性。在聲音辨識中，通常的作法都是透過 FFT 來得到頻譜上的能量分佈。

在做 FFT 時，會先假設音框內的訊號都是一個週期性的訊號，如果訊號不是週期性的話，為了要符合左右端不連續的變化，FFT 產生一些不存在於原訊號內的能量分佈，進而造成轉換上的誤差。所以若是在取音框時，就已先使音框中的訊號包含

了基本週期的整數倍，如此的話，音框左右端便已經是連續的。



圖十五 聲音訊號時域 (Time domain) 示意圖



圖十六 經 FFT 轉換至頻域 (Frequency domain) 示意圖

<5> 三角帶通濾波器 (Triangular Bandpass Filters)

人類聽覺系統有其可接收的頻率範圍，一般而言約是在 20 至 20000Hz 之間，但可惜的是，人類並非對每個頻率都有相同的敏感度。在低頻部份，人耳的感受比較敏銳，而在高頻的地方，人耳對頻率變化量的感受則不是那麼明顯，由於梅爾頻率代表人耳對於頻率的感受度，所以也模仿人耳對於頻率的感受，以對數變化表之。

所以三角帶通濾波器有兩個主要目的：

1 對頻譜進行平滑化，來突顯原先語音的共振峰值。

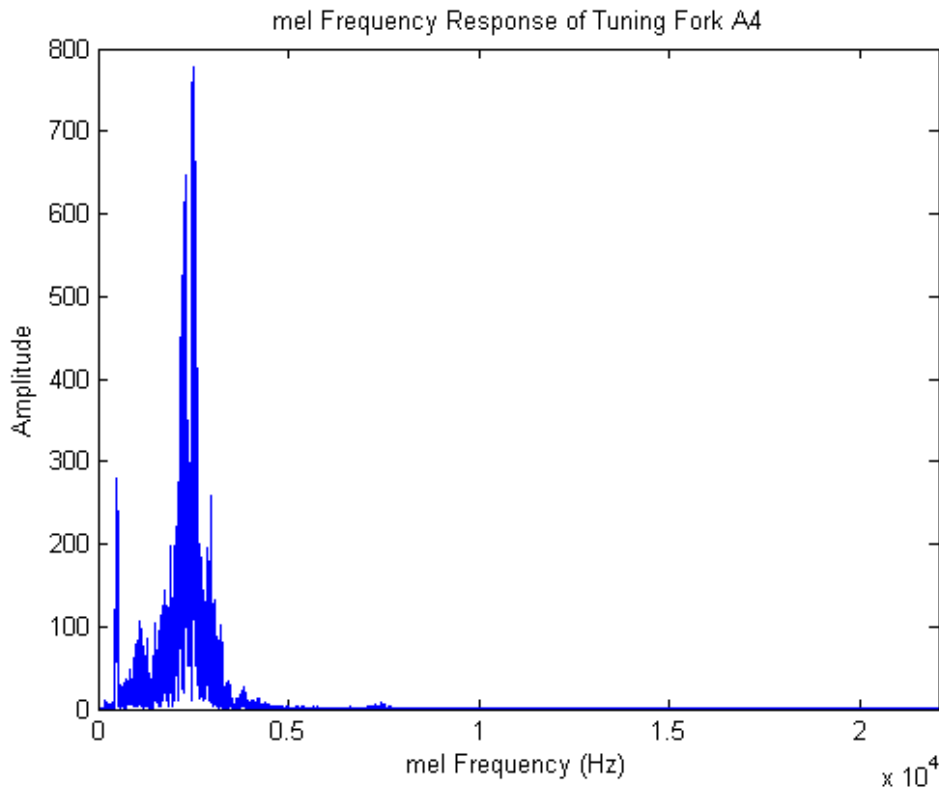
2.降低資料量。

在此步驟，我們先將頻譜能量乘以一組 20 個三角帶通濾波器，以求得每一個濾波器輸出的對數能量 (Log Energy)，必須注意的是，這 20 個三角帶通濾波器在「梅爾頻率」(Mel Frequency) 上是平均分佈的，而梅爾頻率和一般頻率 f 的關係式如下：

$$\text{mel}(f) = 2595 \times \log_{10} \left(1 + \frac{f}{700} \right) \quad (11)$$

或是

$$\text{mel}(f) = 1125 \times \ln \left(1 + \frac{f}{700} \right) \quad (12)$$



圖十七 聲音訊號梅爾頻率 (Mel Frequency) 示意圖

<6> 離散餘弦轉換 (Discrete cosine transform, or DCT)

離散餘弦轉換是一個無損、可逆的數學過程，它是一種空間域到頻率域的轉換過程，經由 DCT 轉換後的能量會集中在幾個低頻係數的數值上，而高頻的係數則會趨近於零，DCT 轉換可減少空間冗餘。

我們在上一個步驟，先經由三角濾波器和頻譜能量做內積值得出 20 個對數能量 E_k ，再將 E_k 帶入離散餘弦轉換，求出 L 階的 Mel-scale Cepstrum 參數(一般是取 12，在這邊我們做測試後，將 L 取 22 來達到效益)。

離散餘弦轉換公式如下：

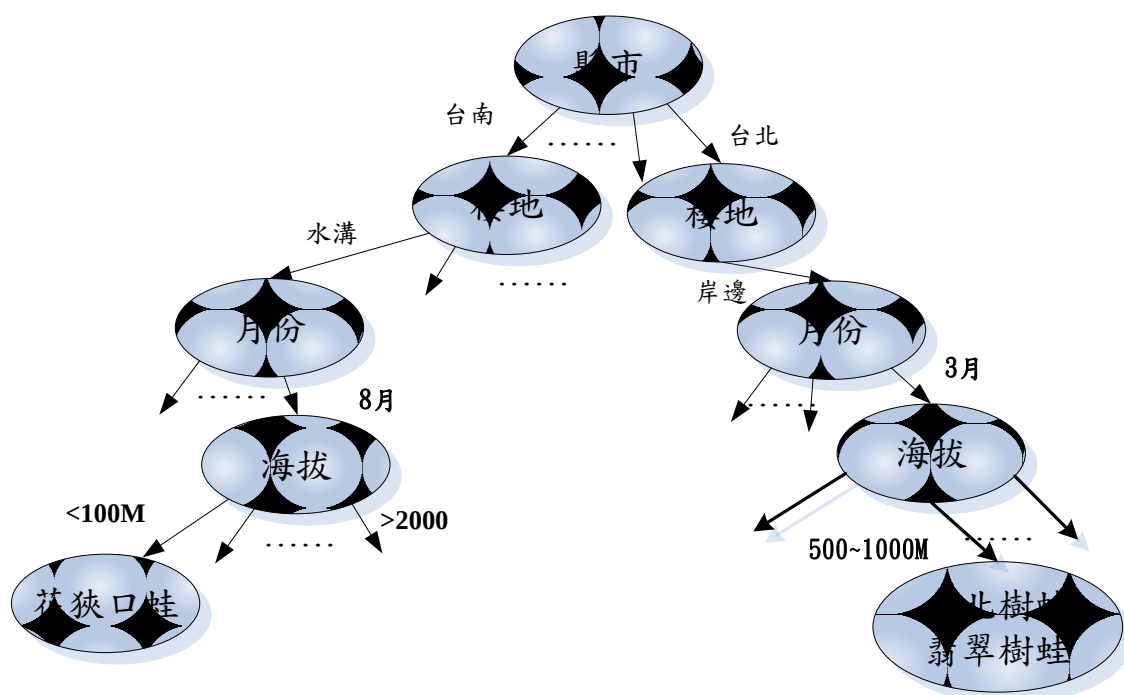
$$C_m = \sum_{k=1}^N \cos \left[m \times (k - 0.5) \times \frac{\pi}{N} \right] \times E_k, m = 1, 2, \dots, L \quad (13)$$

其中 N 是三角濾波器的個數。由於之前作了 FFT，所以採用 DCT 轉換以轉換回時間域 (Time Domain)。

5 適性化辨識機制

5.1 決策樹(Decision tree)分群模組

決策樹是機器學習領域中一個典型預測模型，代表的是對象屬性與對象值之間的一種映射關係，樹中每個節點表示某個對象，每個分叉路徑則代表的某個可能的屬性值，而每個葉節點則對應從根節點，到該樹葉節點所經歷的路徑表示的對象的值。決策樹僅有單一輸出，若欲有複數輸出，可以建立獨立的決策樹用來處理不同輸出。這邊以圖十八來做為例子，我們可以根據氣溫、水溫、海拔、濕度、月份及棲地作為樣本參數，建置一棵含有此六項參數的決策樹，每一樹葉節點顯示此分類結果最多可由哪幾種夜行性物種所組成，以便縮小後續程序的辨識範圍並減低辨識訓練的複雜度及提高測試時之辨識率。



圖十八 決策樹(Decision tree)分群模組示意

在本系統中，若使用者輸入聲音樣本的環境參數，導入決策樹決定其節點，本決策樹分群模組能大幅提高系統辨識的準確率，以下圖所測試檔案為例，其辨識率即由 64.71% 大幅提高至 94.12%，本決策樹分群模組目前只適用於兩棲類生物。



圖十九 導入決策樹(Decision tree)分群模組範例

5.2 模糊格推論(FLR)分類模組

本辨識系統的核心辨識模組為模糊格推論 (Fuzzy Lattice Reasoning)，在訓練的過程中，這種分類器會產生一些基於測試資料的超立方體(hyper boxes)，而超立方體會對應一個規則來代表裡面的點所能坐落的區域，所以訓練即是反覆地將訓練資料庫的數據進行訓練，來增加新的規則，將每一個新增的規則與現有存在的規則，來計算它的模糊維度(fuzzy degree)，以決定他是否繼續存在或是與現有的規則進行結合。當要對一個未知的點去做分類時，系統會去計算這未知點與各個規則的引導維度(inclusion degree)，來決定它的分類。

進行 FLR 分類的時候，可以明確地分成兩個階段：訓練與測試。以下 FLR 演算法引用自 Kaburlasos 於 2007 年所提出的文章” Fuzzy lattice reasoning (FLR) classifier and its application for ambient ozone estimation ”。

(一)訓練階段

FLR 分類器為一種 leader-follower 類型的分類器，透過訓練數據它能夠迅速的學習在單一的路徑。而值得注意的是在 FLR 中，除了基本的輸入之外，能做調整的只有閾值 D_{crit} 的大小。也因此主要的學習與工作皆是在此階段完成。目的在於建立起規則資料庫並將規則引導至其該引導的方向，而後再透過引入新的訓練資料去新增規則或是修改現有規則。而訓練的流程共分兩個階段；Rule Induction → Generalization。

Rule induction

此階段將進行三項工作；

1. 建立規則資料庫
2. 輸入規則
3. 透過競爭來決定規則

首先，我們先建置一個起始狀態為空(也就是 initially $L=0$)的規則資料庫 RB:

$$RB = \{A_1 \rightarrow C_1, \dots, A_L \rightarrow C_L\} \quad (14)$$

接著，就開始依照著我們的訓練資料，來建立規則並測試能否放入我們的規則資料庫 RB。

步驟 1: 輸入先行規則 $a_i \rightarrow c_i, i = 1, \dots, n$

步驟 2: 計算他們的模糊維度 K

$$K(a_i \leq A_l) = \frac{v(A_l)}{v(a \vee A_l)}, l \in \{1, \dots, L\} \quad (15)$$

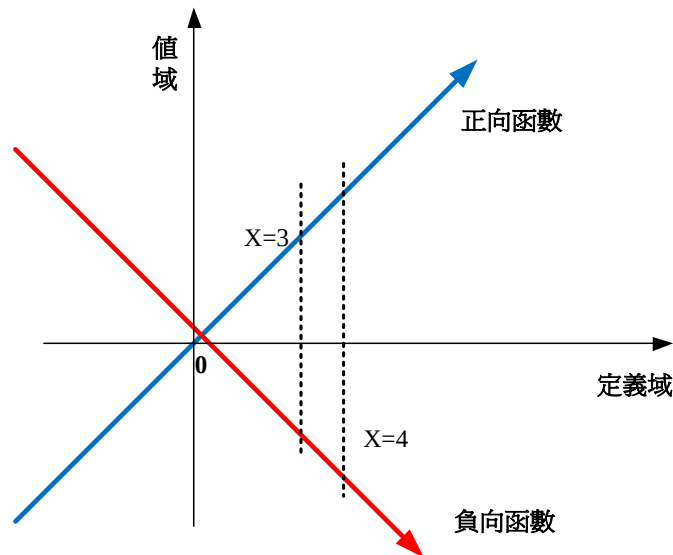
步驟 3: 比較並競爭這些維度

$$A_j \rightarrow C_j \text{ where } j = \arg \max k(a_i \leq A_l) \quad (16)$$

步驟 4: 對於這個新的先行規則 A_j 我們再去計算它的 $diag_1(a_i \vee A_j)$

步驟 5: 若 $diag_1$ 都小於我們所訂定的閾值 D_{crit} ，則 $c_i = C_j$ 且把這 $a_i \rightarrow c_i$ 存入我們的規則資料庫，並把 $L + 1$ 。

接著若確定要將資料轉換為規則，我們會先給定兩個函數: 正向函數 v_i 與負向函數 θ_i ， i 是指輸入資料的維度，假設我們現在有一個二維的資料 $a(3,4)$ ，則透過正向函數 $v_i(x) = x$ ，以及負向函數 $\theta_i(x) = 1 - x, i=1, 2$ ，轉化為規則後，我們有規則 $a\{(3, -2), (4, -3)\}$ ，結果如圖二十，圖二十中兩函數與相對應的定義域所夾的範圍即為轉化後的規則。



圖二十 兩函數與相對應的定義域所夾的範圍即為轉化後的規則

持續以上步驟 1 到步驟 5 的步驟直至訓練樣本輸入結束，至此我們即建立好了我們的規則資料庫。

Generalization

在規則資料庫建好後，下一個步驟是設定物種的分類標籤

步驟 1: 輸入先行規則 a_0

步驟 2: 計算他們的模糊維度 K

$$K(a_0 \leq A_l) = \frac{v(A_l)}{v(a_0 \vee A_l)}, l \in \{1, \dots, L\} \quad (17)$$

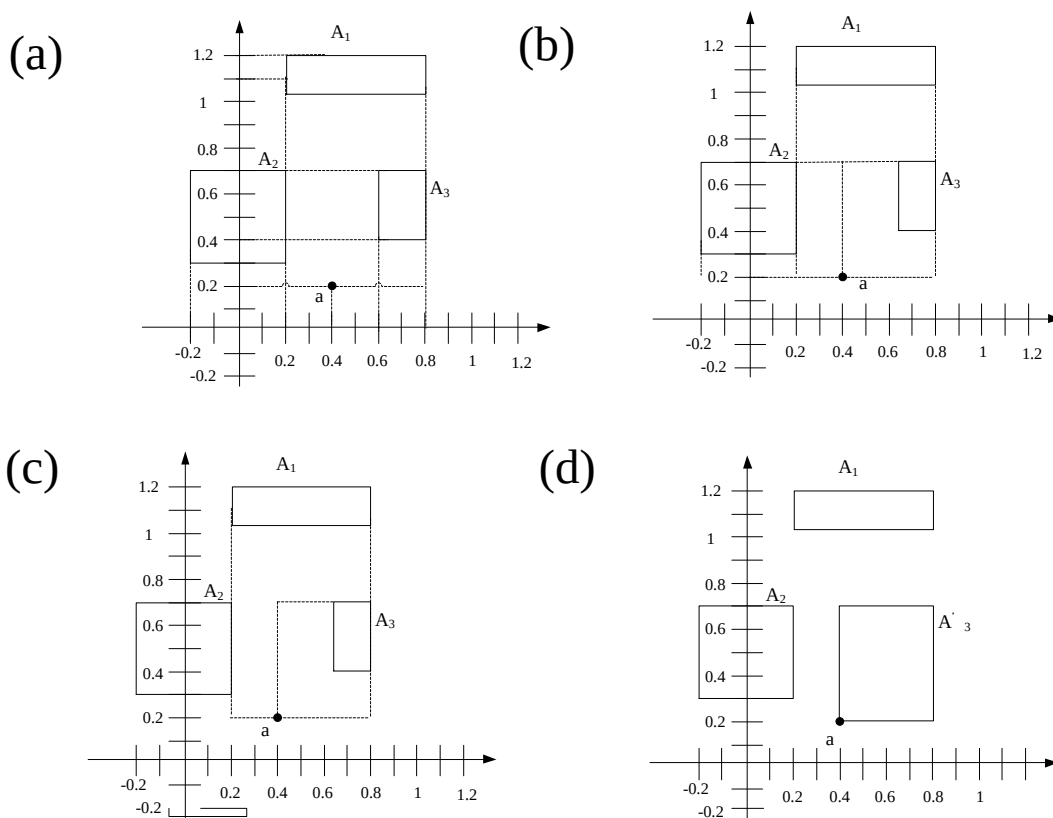
步驟 3:比較並競爭這些維度

$$A_j \rightarrow C_j \text{ where } j = \arg \max k(a_i \leq A_i) \quad (18)$$

勝利的這條規則，即是在物種分類的規則中最接近的一條。

FLR classifier execution

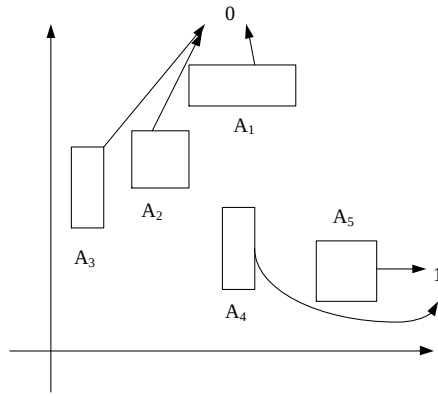
下面將就執行 FLR 訓練時過程的簡單案例來做說明，我們先考慮三個規則： $A_1 \rightarrow c_0$ 、 $A_2 \rightarrow c_1$ 、 $A_3 \rightarrow c_1$ ，接著我們透過圖二十二來敘述一個分類的例子，我們先假設定義的閾值 $D_{crit} = 1.05$ 接著輸入(規則) $a \rightarrow c_1$ ，如圖二十一(a) 輸入規則 $a \rightarrow c_1$ 其中的 a 是點，而 c_1 是相對應的類標籤，是從最初設置”set”的規則庫 $RB = \{A_1 \rightarrow c_0, A_2 \rightarrow c_1, A_3 \rightarrow c_1\}$ 中提出。而圖二十一(b)則是表示在 RB 中設置的規則，透過競爭後，勝出的規則 $A_2 \rightarrow c_1$ ，不過規則 $A_2 \rightarrow c_1$ 被重置”reset” 因為它不符合閾值條件，詳細情形如： $diag_1(a \vee A_2) = 1.10 > 1.05 = D_{crit}$ ，而圖二十一(c)顯示規則庫 RB 中設置的規則，透過競爭後，勝出的規則 $A_3 \rightarrow c_1$ ，而且它符合閾值條件，詳細情形如： $diag_1(a \vee A_3) = 1.0434 < 1.05 = D_{crit}$ ，圖二十一(d)則表示那個先前的勝出的規則 $A_3 \rightarrow c_1$ ，會被加入間距的 $A'_3 = a \vee A_3$ 做代替，更新規則為 $A'_3 \rightarrow c_1$ 。



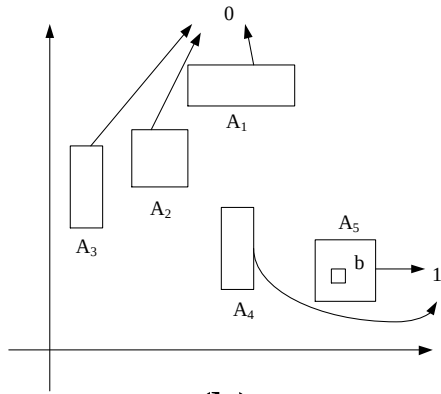
圖二十一 FLR 分類執行的過程

(二)測試階段

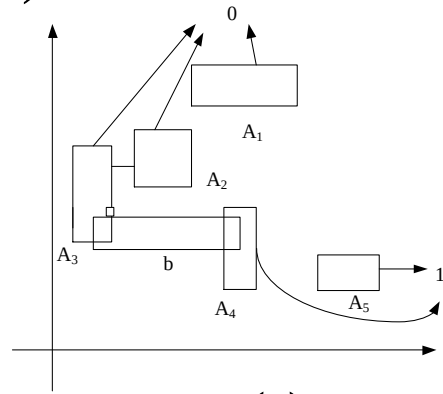
經過訓練階段後，我們已經建立好資料庫，模型也訓練完成了，接著就進入分類的階段，這邊將介紹一些比較特別的情況下，分類器是如何去做判定。如圖二十二(a)所示，假設我們現在有兩物種分別為 0 與 1，他們裡面的規則分別為 A_1 、 A_2 、 A_3 與 A_4 、 A_5 ，若是如圖二十二(b)所示，則我們可以較輕易的把 b 判斷其屬於物種 1，反之，若是如圖二十二(c)， b 不完全歸屬在一條規則中，則必須去計算其模糊維度 $K(b \leq A_3)$ 與 $K(b \leq A_4)$ ，取其較高者，再決定它該被歸類到哪個物種。



(a)



(b)



(c)

圖二十二 FLR 推理模型在幾何上的解釋

6 辨識率驗證與分析

6.1 測試方法設定

為了測試本計畫所提出的「智慧型夜行性動物聲音辨識系統」的可行性與效能，以利作為之後正式開放給民眾使用之依據，所以我們將所有的特徵片段，其擷取至 18 個物種，408 個聲音樣本，共 4477 筆特徵片段，依各物種將其所有片段隨機選取，然後照數量分為 2:1 兩份，片段數量兩倍者做為訓練樣本(Training Data)，另外一份則做為測試樣本(Testing Data)，進行辨識率的驗證。

6.2 測試環境

依照前述所說明的系統處理流程，先將各聲音樣本進行轉檔、重新取樣，儲存為 WAV 格式，再將檔案經由自動去噪流程，降低聲音樣本內因雜訊導致辨識率下降的可能，接著經由 R-S 端點偵測擷取出特徵片段，將所有特徵片段依照 2:1 的比例，分為訓練樣本及測試樣本，由 FLR 訓練出各物種的規則後，再對測試樣本進行物種分類的辨識。

表三 辨識效果驗證測試檔案數

物種	聲音樣本數	特徵片段數	FLR 規則數量
中國樹蟾	5	111	12
台北樹蛙	42	213	11
小雨蛙	79	1158	89
日本樹蛙	45	375	54
澤蛙	43	568	56
翡翠樹蛙	26	323	86
花狹口蛙	12	114	32
虎皮蛙	5	66	22
豎琴蛙	13	432	362
貢德氏赤蛙	23	158	158
面天樹蛙	105	803	803
夜鷹	1	11	11
小雨燕	1	20	20
陽明山暮蟬	1	4	4
高砂熊蟬	2	42	42
黃嘴角鴉	3	40	40
黃斑黑蟋蟀	1	29	29
黑冠麻鷺	1	10	10
Total	408	4477	1841

6.3 結果與分析

由下頁表四的模擬結果所顯示，本系統的辨識方式確實有其效果，其平均辨識準確率達到 0.903，而我們系統辨識率採用的驗證方法，如上段所述，先將特徵片段分為 2：1 兩部份，再分別拿來做為訓練樣本（Training Data）及測試樣本（Testing Data），以排除訓練樣本（Training Data）及測試樣本（Testing Data）皆為同一群樣本，導致發生球員兼裁判之情事，而我們以下的模擬將以下述參數做為評估之依據：

TP Rate：真陽性機率。意指此片段為該物種，分類器也辨識成該物種的機率。

FP Rate：假陽性機率。意指該片段並非為該物種，但分類器辨識成該物種的機率。

Precision：精確度。指分類器辨識成該物種的準確度。公式為：

$$P = \frac{\text{TP 數量}}{\text{TP 數量} + \text{FP 數量}} \quad (19)$$

Recall：測試樣本可辨識且正確的機率。由於測試樣本是統一規格的，所以該值與 TP Rate 相同。

F-Measure：F1 評分。該評分可以表示出測試的準確度。公式如下所表：

$$F = 2 \times \frac{\text{precision} \times \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} \quad (20)$$

ROC Area：Receiver Operating Characteristic Area，指接收者操作特徵空間範圍。

該指數可用於衡量測試片段物種的鑑別度，越高越好。

根據表四的結果，辨識率最低的物種小雨燕，其亦有 0.667 的辨識率，探討後發現該物種辨識率偏低的原因主要為以下兩點：該物種聲音樣本過少，只有一筆，導致訓練出的規格過於狹隘，雖然該筆聲音樣本經由自動去噪及 R-S 端點偵測流程後，能成功切割出 20 段聲音特徵片段，但因為該筆聲音檔，為多個個體的連續群叫，所以特徵訊號疊代（Overlap）問題嚴重，所以才會導致該物種辨識率偏低，之後若收集到該物種更多聲音樣本，擴充特徵資料庫後，相信能大幅改善此狀況，提昇其辨識率。

除了小雨燕外，其餘聲音樣本較充足的物種，如小雨蛙、面天樹蛙、澤蛙...等，由於聲音特徵片段夠多，在有充足訓練樣本（Training Data）的狀況下，依我們測試的結果，大概都能有八成以上的辨識準確率，顯示本系統具備相當優良的辨識率；而其餘聲音樣本數不多的物種，例如：陽明山暮蟬、黃斑黑蟋蟀...等物種，雖然切出來的特徵樣本數不多卻仍有極高的辨識率，經我們探討確認後，這些物種的鳴叫聲頻率較為單純無變化，此外，這些聲音檔經由自動去噪的流程後，皆能有效去除其他環境雜訊的干擾，且收錄到的聲音樣本都只有單一個體，所以目標聲音段無其他訊號疊代（Overlap）干擾的狀況，所以在其聲音樣本檔案稀少的狀況，仍然保有相當高的辨識率準確率。

經我們的測試結果，我們設計的辨識系統確實能有效做出物種判斷，採用 MFCC 做為系統的主要辨識特徵，再輔以決策樹及 FLR，確實為相當有效的辨識方法，且辨識時間亦很短，很適合開放給民眾即時線上辨識使用，但此類專家系統，其資料庫是影響結果極重要的一環，此次計畫受限於時間及經費...等因素，仍無法對資料庫內所有物種的樣本（Data）都做完備的收錄，根據我們的模擬結果，在資料庫越完善的狀況下，系統的效能亦會隨之相對提升，此外，收錄到聲音樣本的品質，亦是影響系統辨識結果之重要關鍵，根據目前所有的結果顯示，在聲音訊號有疊帶及雜訊干擾過大的狀況下，目前皆未有一適合所有訊號的做法，連可控制樣本採集環境的訊號源，亦無法做出相當有效的解構。

表四 模擬結果

TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	ROC Area	Class
1	0.001	0.952	1	0.976	0.999	中國樹蟾
0.905	0.002	0.95	0.905	0.927	0.951	台北樹蛙
0.891	0.035	0.897	0.891	0.894	0.928	小雨蛙
0.82	0.014	0.851	0.82	0.835	0.903	日本樹蛙
0.941	0.008	0.946	0.941	0.943	0.966	澤蛙
0.883	0.007	0.892	0.883	0.888	0.938	翡翠樹蛙
0.882	0.001	0.938	0.882	0.909	0.941	花狹口蛙
1	0.001	0.92	1	0.958	0.999	虎皮蛙
0.799	0.018	0.831	0.799	0.815	0.89	豎琴蛙
0.946	0.006	0.855	0.946	0.898	0.97	貢德氏赤蛙
0.973	0.019	0.915	0.973	0.943	0.977	面天樹蛙
1	0	1	1	1	1	夜鷹
0.667	0	1	0.667	0.8	0.833	小雨燕
1	0	1	1	1	1	陽明山暮蟬
1	0	1	1	1	1	高砂熊蟬
0.842	0	1	0.842	0.914	0.921	黃嘴角鴉
1	0	1	1	1	1	黃斑黑蟋蟀
1	0	1	1	1	1	黑冠麻鷺
0.903	0.018	0.903	0.903	0.902	0.943	Weighted Avg.

=== Confusion Matrix ===

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	<-- classified as
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	a = 中國樹蟾
0	57	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	b = 台北樹蛙
0	0	350	14	9	0	0	0	0	13	0	7	0	0	0	0	0	0	0	c = 小雨蛙
0	0	13	114	2	0	0	0	0	1	0	9	0	0	0	0	0	0	0	d = 日本樹蛙
0	0	5	2	191	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	e = 澤蛙
0	0	2	1	0	83	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	f = 翡翠樹蛙
0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	g = 花狹口蛙
0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	h = 虎皮蛙
0	0	16	1	0	2	2	2	123	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	i = 豎琴蛙
0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	53	0	0	0	0	0	0	0	0	j = 貢德氏赤蛙
0	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	257	0	0	0	0	0	0	0	k = 面天樹蛙
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	l = 夜鷹
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	m = 小雨燕
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	n = 陽明山暮蟬
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	o = 高砂熊蟬
0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	16	0	0	p = 黃嘴角鴉
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	q = 黃斑黑蟋蟀
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	r = 黑冠麻鷺

圖二十三 辨識矩陣

7 聲音模型資料庫

7.1 聲音樣本檔案（參閱光碟）

部分敘述摘錄至「蛙蛙世界學習網」，圖片、聲音樣本由許育銓、陳振祥、孫清松、李鵬翔及國立東華大學生態與環境教育研究所 楊懿如老師提供。

●台北樹蛙（*Rhacophorus taipeianus*）：5 筆聲音樣本（前置處理已完成）

學名歷史：台北樹蛙是在 1978 年由台大梁潤生及王慶讓教授共同發表的台灣特有種，是台灣蛙類中，第一種由台灣學者發現並命名的種類，在台灣蛙類分類學史上有其重要意義。發表的模式標本採集於台北縣樹林鎮，所以稱之為台北樹蛙。



【台北樹蛙】分布區域：

主要分佈於台灣中部以北的中低海拔山區及平地。

Rhacophorus taipeianus is an endemic and protected species in Taiwan. Their distribution is limited to northern and central Taiwan in mountain regions under 1500m.

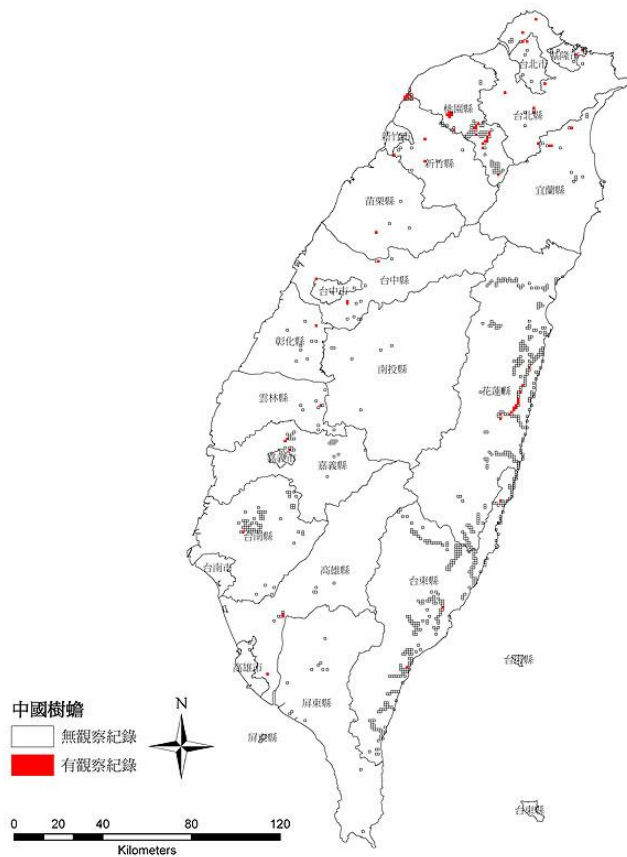
主要繁殖季：10 月到次年 3 月

外觀特徵：

1. 中小型，♂3.5-4.5cm，♀約 4.5-5.5cm、背部綠色
2. 指（趾）端有吸盤
3. 眼睛虹膜及腹部黃色
4. 大腿內側有些細小的深褐色斑點

●中國樹蟾 (*Hyla chinensis*)：5 筆聲音樣本（前置處理已完成）

學名歷史：中國樹蟾在 1859 年由英國學者貢德氏 Albert Guenther 發表描述時，命名為 *Hyla arborea* var. *chinensis*，當時貢德氏認為是 *Hyla arborea* 亞種。但在 1864 年，貢德氏發表文章，將其更正為新種，學名為 *Hyla chinensis*。



[中國樹蟾] 分布區域：

中國大陸中部及南部、台灣及北越。
Common tree frog distributed from lowlands to 1000m mountains.

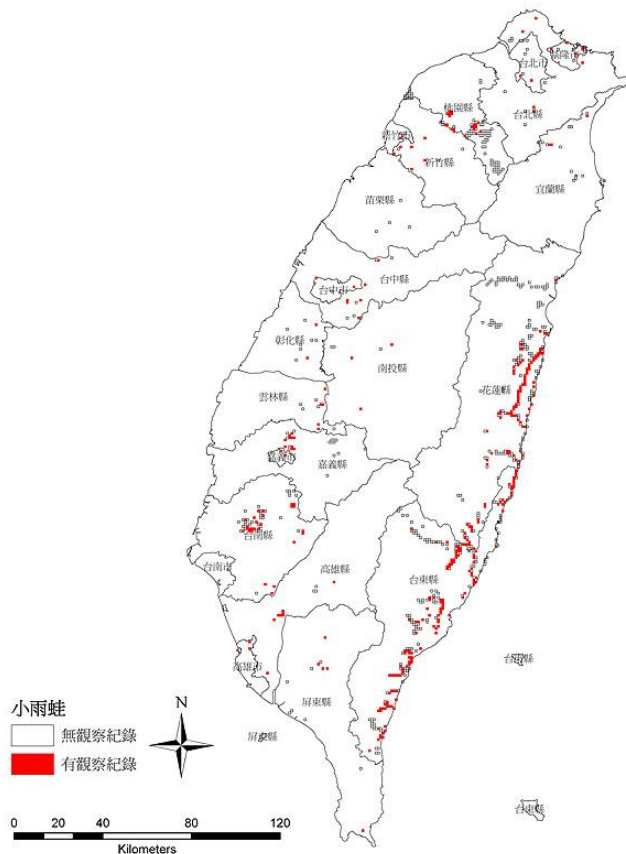
主要繁殖季：3 月至 10 月

外觀特徵：

1. 小型，♂2.5-3cm，♀4cm
2. 背部綠色
3. 指(趾)端有吸盤
4. 頭部有深棕色眼罩

●小雨蛙 (*Microhyla fissipes*) : 5 筆聲音樣本 (前置處理已完成)

學名歷史：小雨蛙原本是在 1841 年由 A.-M.-C. Dumril (1774-1860) 及 G. Bibron (1806-1848) 根據採集自印度馬拉巴的標本命名為 *Engystoma ornatum*，之後在 1882 年由英國學者 G. A. Boulenger (1858-1937) 重新命名為 *Microhyla ornata*，因此在學名的命名者及年代部分加一個括號，表示變更過。小雨蛙另外有一個同種異名 *Microhyla fissipes*，是 G. A. Boulenger 在 1884 年根據採集自台灣台南的標本命名。



[小雨蛙] 分布區域：

中國南部及海南島、台灣、日本琉球群島、東南亞及南亞。

Common species widely distributed from lowlands to montane regions.

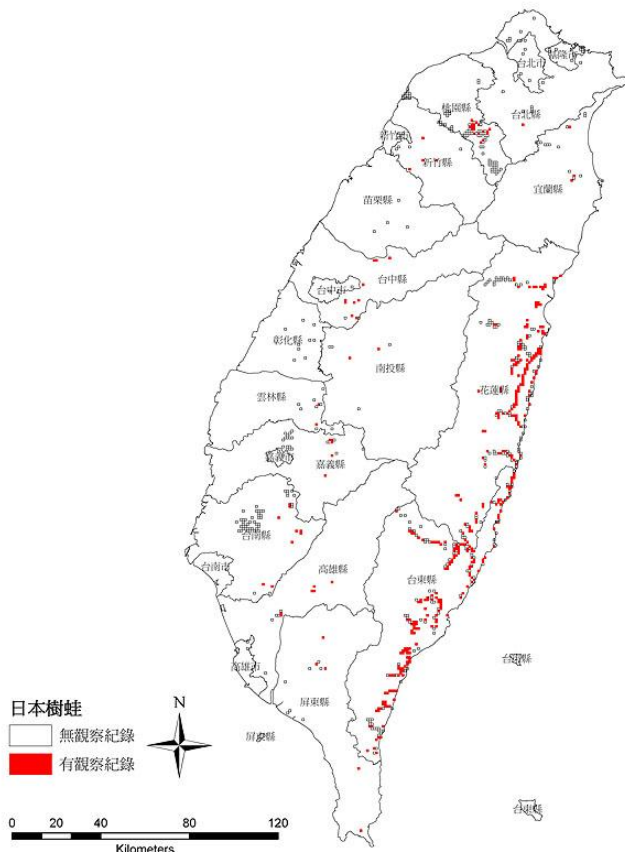
主要繁殖季：約 3 至 8 月，春夏為主

外觀特徵：

1. 小型，♂約 2.5cm，♀2-3cm
2. 身體三角形
3. 背中央有深色對稱塔狀花紋

●日本樹蛙 (*Buergeria japonica*)：5 筆聲音樣本（前置處理已完成）

學名歷史：日本樹蛙是由美國費城的一位醫生兼業餘自然愛好者 Edward Hallowell 根據採集自日本的標本所命名，但命名的文章是在他死後一年 1861 年才在期刊發表。E. Hallowell 原將日本樹蛙命名為 *Ixalus Japonicus*，但 1970 年，S. S. Liem 在研究樹蛙科的分類及演化時，將其重新命名為 *Buergeria japonica*。



[日本樹蛙] 分布區域：

台灣及琉球群島；廣泛分佈於台灣低海拔地區。

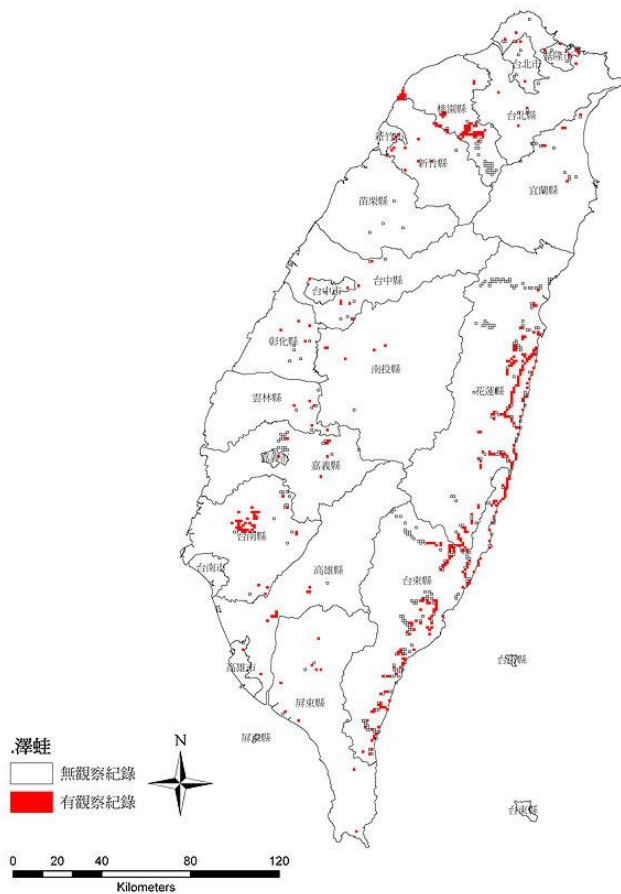
Common species distributed widely from lowlands to forests below 1500m.

主要繁殖季：2 月到 10 月，長短依地區而異
外觀特徵：

1. 小型，♂約 2.5-3cm，♀約 3-4cm
2. 背中央近肩胛處有一對短棒狀突起
3. 腹部白色

●澤蛙 (*Fejervarya limnocharis*) : 5 筆聲音樣本 (前置處理已完成)

學名歷史：澤蛙是自然採集者 Heinrich Boie 於 1934 年命名，命名的模式採集地點不詳。種名拉丁字 limmo 指的是湖泊、沼澤，charis 是美麗，所以澤蛙的學名指的是沼澤裡的美麗蛙類，非常有詩意。



[澤蛙] 分布區域：

廣泛分布於中國南部、山東及甘肅、巴基斯坦、印度、斯里蘭卡、尼泊爾、日本、馬來西亞、新加坡及印尼；台灣則遍布於全省平地及低海拔山區的稻田、溝渠、水池、草澤等靜水域。

Common species live in plains, farmlands and hillsides.

主要繁殖季：3 到 10 月，以春夏為主
外觀特徵：

1. 中型，♂約 4-5cm，♀約 5-6cm
2. 上下唇有 3、4 條深色縱紋
3. 背部有長短不一的棒狀膚褶
4. 兩眼間有深色 V 型橫斑

●翡翠樹蛙 (*Rhacophorus prasinatus*) : 5 筆聲音樣本 (前置處理已完成)

學名歷史：翡翠樹蛙是在 1983 年命名的台灣特有種，牠的命名過程有點坎坷。牠最早是由台師大呂光洋教授發現，於 1983 年 12 月 30 日，由 Y.-P Mou 領銜發表命名為 *Rhacophorus prasinatus*，並刊登在法國的學術期刊上。而呂教授和 Y.-P Mou 利用同一批模式標本，在 1984 年 1 月 10 日於台灣省立博物館期刊另將翡翠樹蛙發表命名為 *Rhacophorus smaragdinus*。但根據國際命名法則，採用先命名為正式學名，其他為同種異名，所以國際通用的是 *Rhacophorus prasinatus*。不過為了尊重翡翠樹蛙發現者，國內許多學者都比較喜歡使用 *Rhacophorus smaragdinus*，因此翡翠樹蛙在國內有兩種學名寫法。



[翡翠樹蛙] 分布區域：

主要分布於北部南北勢溪流域，例如新店廣新、烏來娃娃谷等地；宜蘭的低海拔山區，例如福山植物園、礁溪等地；以及桃園石門水庫及東眼山區

It is an endemic and protected species in Taiwan. Their distribution is limited to low mountains of northern Taiwan.

主要繁殖季：9 至 11 月秋天，及 4 月春天最為活躍

外觀特徵：

1. 中大型，♂5-6cm，♀約 6-8cm，背部翠綠色
2. 指（趾）端有吸盤
3. 眼鼻線及顫褶金黃色
4. 體側及四肢內側有許多黑斑

●花狹口蛙 (*Kaloula pulchra*) : 5 筆聲音樣本 (前置處理已完成)

學名歷史：花狹口蛙是英國學者 J. E. Gray (1800-1875) 根據採集自中國的標本所命名。
種名 *pulchra* 拉丁文的意思是美麗的花紋，因此花狹口蛙是根據外型命名。



[花狹口蛙] 分布區域：

分佈於廣東、廣西、雲南、海南島、馬來西亞、新加坡等熱帶地區，常見於開墾地及住宅區。台灣的花狹口蛙族群最早在高雄林園鳳山水庫一帶發現，目前 2005 往南擴散到輔英技術大學，往北達楠梓高雄都會公園及岡山一帶。

Kaoula pulchra is an introduced species in southern Taiwan. They were found in Kaohsiung since 1997.

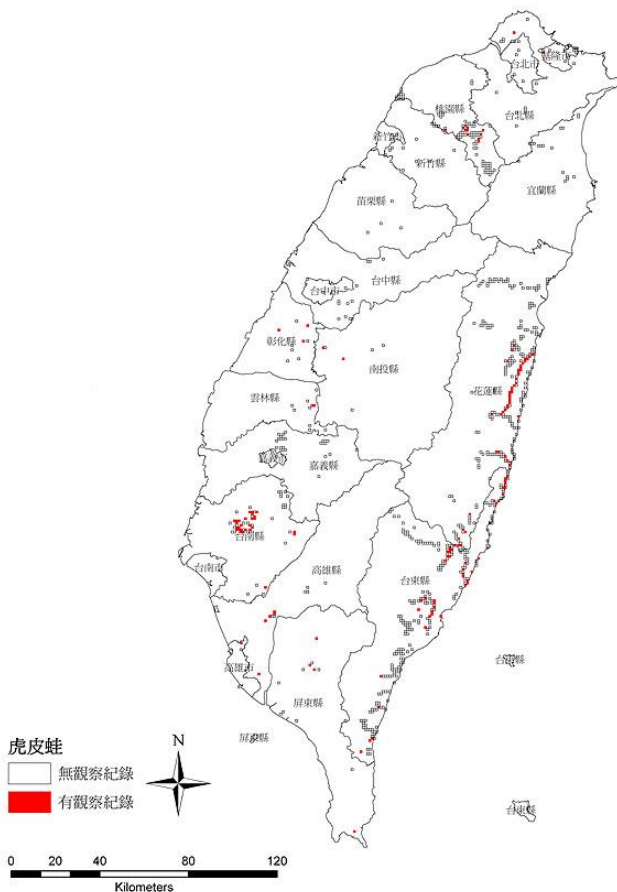
主要繁殖季：以春夏兩季為主

外觀特徵：

1. 大型，♂約 6cm，♀約 7-8cm
2. 背部有一個深棕色像花瓶的三角形斑
3. 指（趾）端方形平切狀，膨大成吸盤

●虎皮蛙 (*Hoplobatrachus rugulosus*)：5 筆聲音樣本（前置處理已完成）

學名歷史：虎皮蛙是德國學者 A. F. A. Wiegmann (1802-1841) 於 1834 年根據採集自香港的標本命名，學名拉丁文 *ru* 的是皮膚有皺褶之意，因此虎皮蛙的學名是根據外型命名。虎皮蛙的學名也有學者用 *Hoplobatrachus tigerina rugulosa*，也就是 *Hoplobatrachus tigerina* 之亞種，但是 *Hoplobatrachus tigerina* 產於印度不產於中國，中國的種類是 *Hoplobatrachus rugulosa*，所以就地緣關係判斷，台灣的族群應是 *Hoplobatrachus rugulosa*。



[虎皮蛙] 分布區域：

分佈於台灣、中國南部、泰國等地
Rana rugulosa is distributed in farmlands and plains.

主要繁殖季：春天及夏天

外觀特徵：

1. 大型，♂約 6-8cm，♀約 6-12cm
2. 背部有排列整齊的長棒狀膚褶
3. 吻端尖圓而長，鼓膜大型明顯

●豎琴蛙 (*Rana okinavana*)：5 筆聲音樣本（前置處理已完成）

學名歷史：豎琴蛙是日本學者 T. Kuramoto 於 1985 年根據採自琉球西表島的標本命名，種名拉丁文 *psaltes* 指的是豎琴，形容其叫聲有如豎琴的聲音。日本學者 Matsui (2006)認為豎琴蛙是 *Rana Okinavana* 同種異名。



[豎琴蛙] 分布區域：

目前僅在南投縣魚池鄉蓮華池發現
It is a rare and endangered species found only at Lienhua Pool in central Taiwan and Jieushi in northern Taiwan.

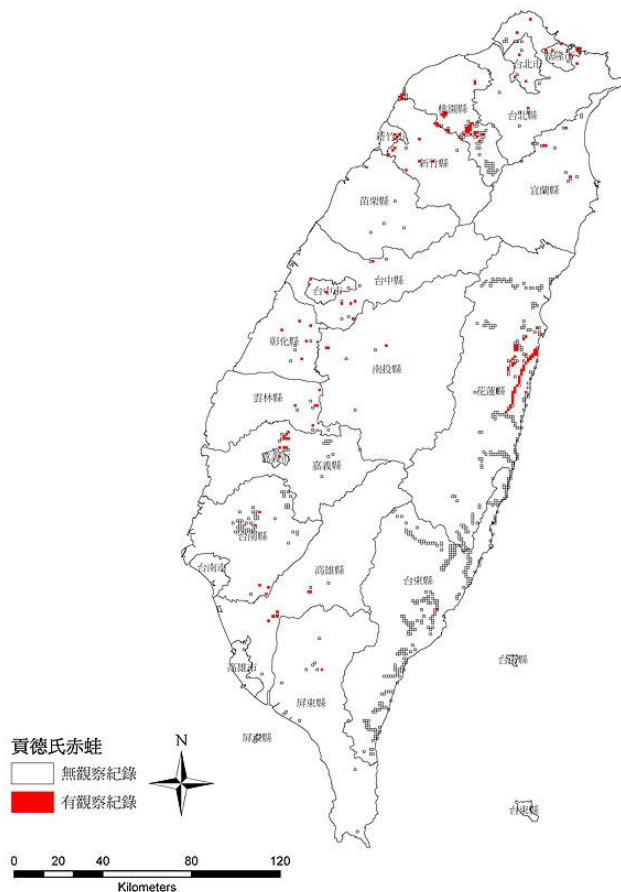
主要繁殖季：4 月到 8 月

外觀特徵：

1. 中型，♂約 4cm，♀約 4-4.5cm
2. 鼓膜周圍有黑色菱形斑
3. 有明顯的淺色背中線直達吻端
4. 有背側褶

●貢德氏赤蛙 (*Rana guentheri*) : 5 筆聲音樣本 (前置處理已完成)

學名歷史：貢德氏赤蛙是在 1882 年由英國人 George A. Boulenger 以其前輩 Albert Guenher (1830-1914) 命名，George A. Boulenger 及 Albert Guenher 都服務於倫敦的大英博物館，同時期服務於大英博物館的還有大家熟悉的史溫侯氏 Rober Swinhoe (1836-1877)，當時他們親自到亞洲中國大陸等地採集，以及鑑定來自亞洲的標本，因此發現及命名很多新種。



[貢德氏赤蛙] 分布區域：

廣泛分布於中南部、海南島、台灣及越南等地

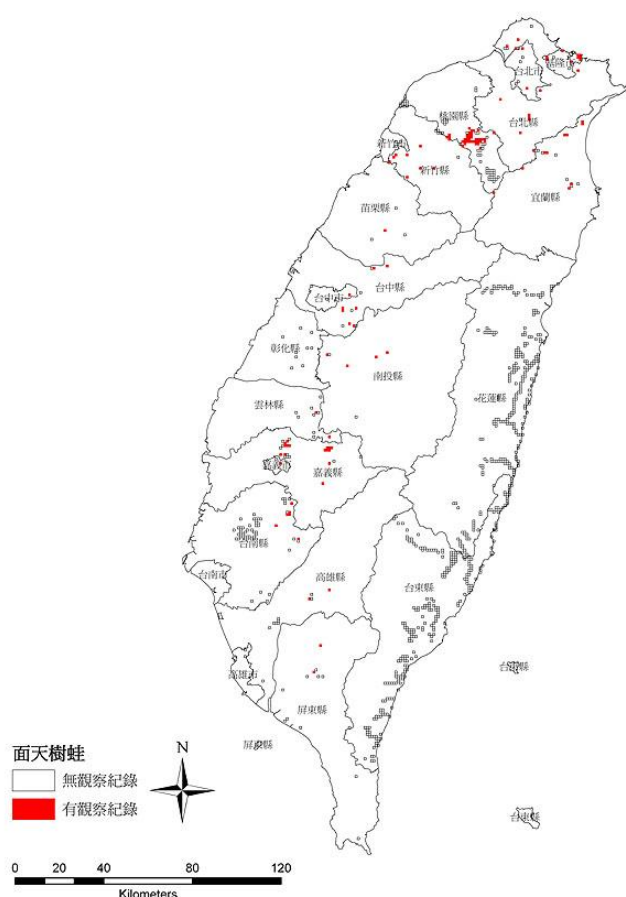
Rana guentheri is abundant in plains and lowlands.

主要繁殖季：5 月到 8 月，以夏天為主
外觀特徵：

1. 大型，♂約 6-7.5cm，♀約 6-8cm
2. 鼓膜周圍白色
3. 有背側褶

●面天樹蛙 (*Kurixalus idiotocus*) : 5 筆聲音樣本 (前置處理已完成)

學名歷史：面天樹蛙是由日本學者 M.Kuramoto 及台灣學者王慶讓先生於 1987 年命名發表的新種，其種名 *idiotocus* 指的是不同的產卵型態，因為面天樹蛙的外型和叫聲和艾氏樹蛙很像，所以先前一直被誤認為同一種，但因這兩種蛙類有不同的產卵方式，所以確定為不同種，因此將其種名取為 *idiotocus*。至於俗名面天樹蛙則是因為模式標本的採集地點位於陽明山的面天山區，所以是地名。



[面天樹蛙] 分布區域：

廣泛分布於台灣西部中低海拔山區，幾乎只要有艾氏樹蛙地方，都能發現面天樹蛙。

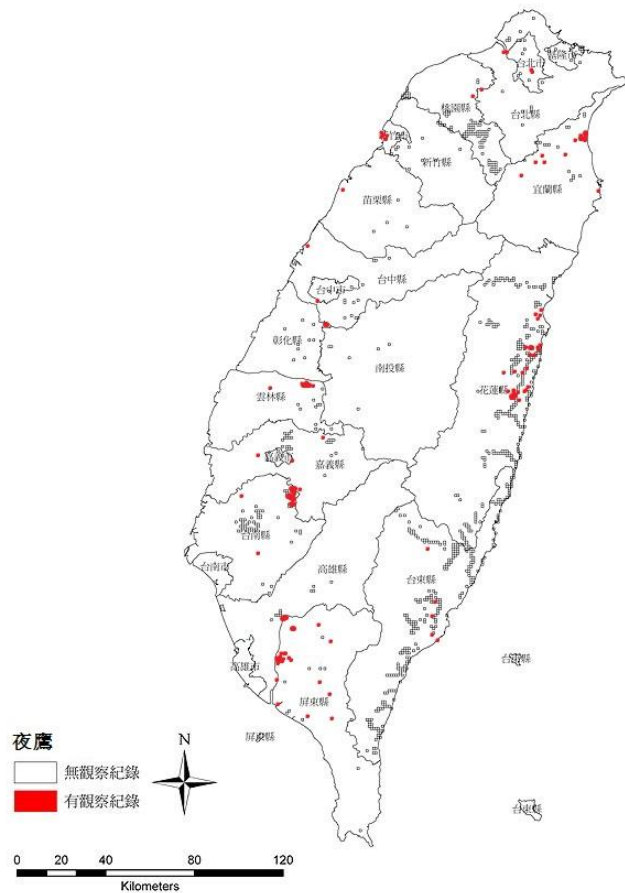
Chirixalus idiotocus is an endemic species widely distributed in lowlands and mountains below 2000m.

主要繁殖季：2 月至 9 月，以 6、7 月最常見
外觀特徵：

1. 小型，♂約 2-3cm，♀約 4-5cm
2. 背部有一個 X 或 H 型的深色斑
3. 四肢外側有白色顆粒突出
4. 體色以褐色為主，不會變綠

●夜鷹 (*Caprimulgus affinis*) : 1 筆聲音樣本 (前置處理已完成)

學名歷史：夜鷹 (*Caprimulgus affinis*) 是由 Robert Swinhoe 於 1861 年 10 月 10 日在台南市發現的新種，其相關發現於 1863 年發表「The Ornithology of Formosa, or Taiwan」，文獻編號：B0302r01。



【夜鷹】分布區域：

普遍分布於本島低海拔山區以下之河床、草生地、甘蔗園等環境中。

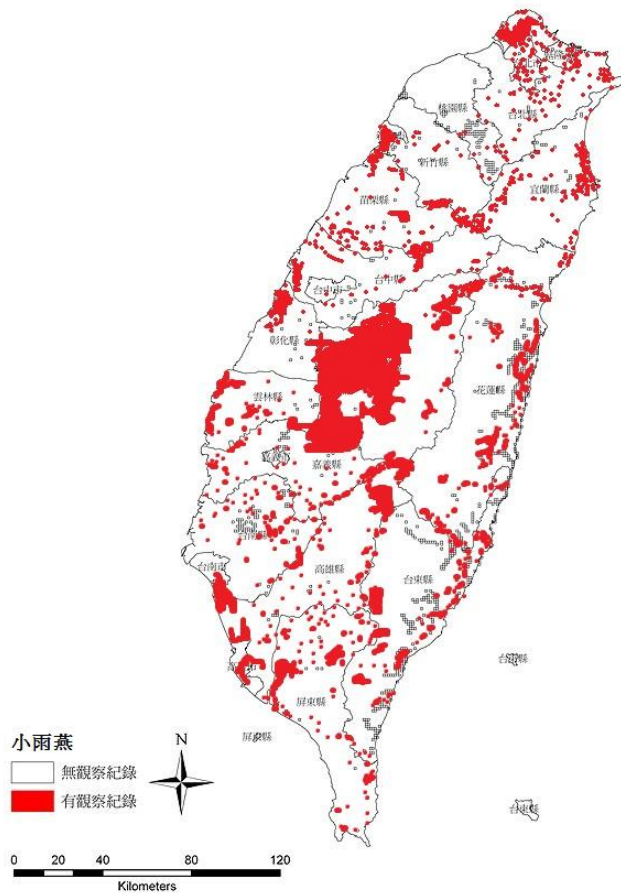
Caprimulgus affinis is an endemic in lowlands and mountains.

外觀特徵：

1. 體長約 25cm
2. 全身大致呈灰褐或黃褐色
3. 綴有褐色與黃褐色斑紋
4. 飛行中雙翼長而尖

●小雨燕 (*Apus nipalensis*) : 1 筆聲音樣本 (前置處理已完成)

學名歷史：小雨燕 (*Apus nipalensis*) 是由 Robert Swinhoe 於 1861 年在高雄市柴山發現的新種，其相關發現於 1863 年發表「The Ornithology of Formosa, or Taiwan」，文獻編號：B0304r01。



[小雨燕] 分布區域：

常見於低海拔山區成群活動，以橋墩、涵洞、大樓等附近更容易發現。

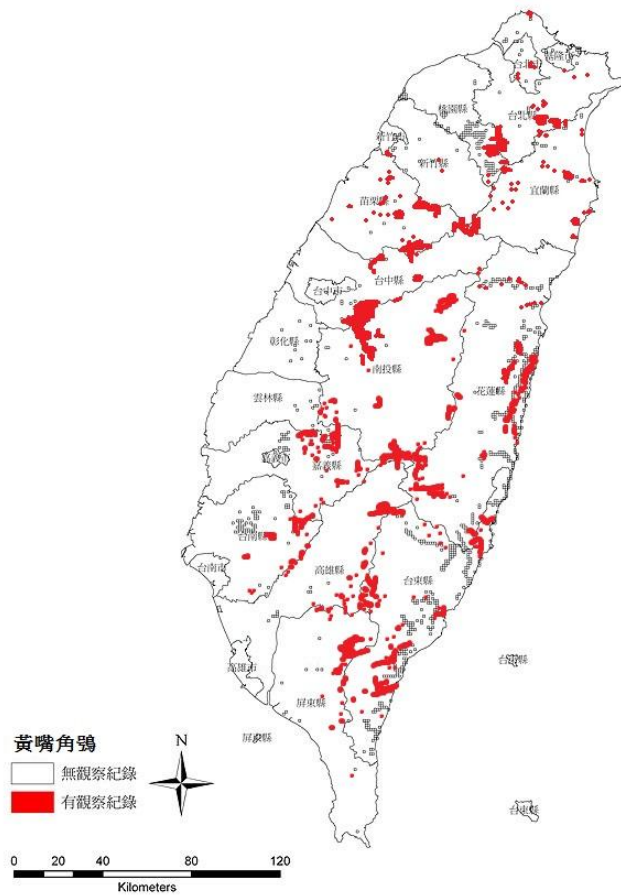
Apus nipalensis is an endemic in lowlands and mountains.

外觀特徵：

1. 體長約 13cm
2. 全身黑色僅腰喉白
3. 飛行時鐮刀狀雙翼、白腰、尾羽略凹

●黃嘴角鴞 (*Otus spilocephalus*) : 3 筆聲音樣本 (前置處理已完成)

學名歷史：黃嘴角鴞 (*Otus spilocephalus*) 是由 Robert Swinhoe 於 1864 年 3 月 29 日在台北縣淡水發現的新種，其相關發現於 1865 年首發於「Letters to the Editor」，文獻編號：B0299r01。



〔黃嘴角鴞〕 分布區域：

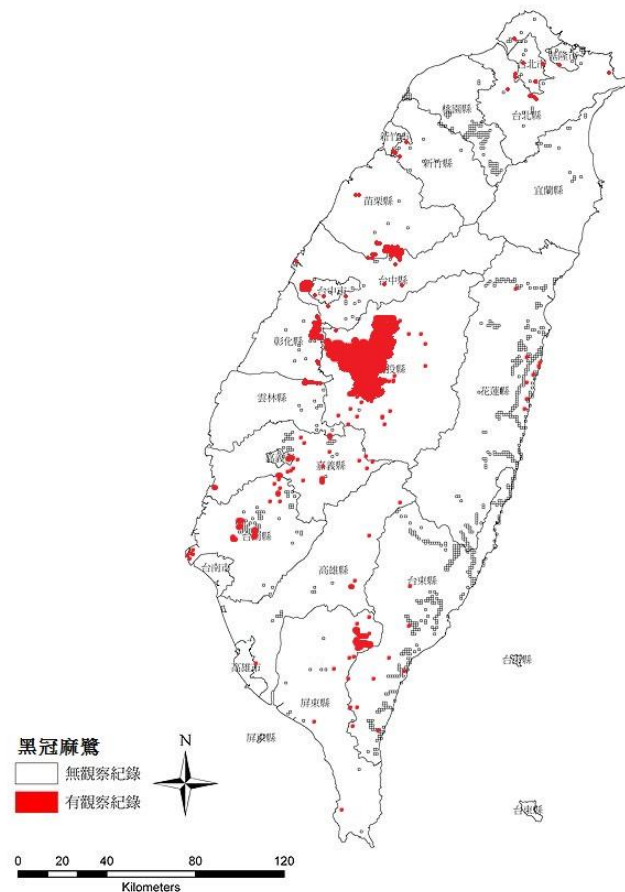
普遍分布於本島中海拔大約 2300 公尺以下山區樹林中，以低海拔山區比較常見。
Otus spilocephalus is an endemic species widely distributed in lowlands and mountains below 2300m.

成體出現時間：每年除了 12 月份前後少鳴之外，其它月份都可聽到牠們的鳴聲
外觀特徵：

1. 體長約 20cm
2. 全身大致為褐或紅褐色，點綴有黑白斑點
3. 頭部有一對角羽
4. 嘴腳肉色

●黑冠麻鷺 (*Gorsachius melanolophus*) : 1 筆聲音樣本 (前置處理已完成)

學名歷史：黑冠麻鷺 (*Gorsachius melanolophus*) 是由 Robert Swinhoe 於 1865 年 6 月在台灣發現的新種，其相關發現於 1866 年首發於「The Ornithology of Formosa, or Taiwan」，文獻編號：B0053r01。



[黑冠麻鷺] 分布區域：

分布於低海拔樹林中，常於陰暗地面或水澤邊活動覓食，數量普遍，都會區之公園也常見。

Gorsachius melanolophus is an endemic in lowlands and mountains below 1000m.

主要繁殖季：2 月至 9 月，以 6、7 月最常見
外觀特徵：

1. 體長約 47cm
2. 全身大致呈棕褐色，翼、背有黑色斑紋
3. 嘴黑褐
4. 腳褐色帶點黃綠色

●陽明山暮蟬 (*Tanna sozanensis*) : 1 筆聲音樣本 (前置處理已完成)



[陽明山暮蟬] 分布區域：

本種主要棲息於北部 300-1000M 低海拔山地，數量多。

Tanna sozanensis is an endemic in lowlands and mountains about 300 ~ 1000m.

成蟲出現時間：5-9 月

外觀特徵：

1. 體長：♂約 34-38mm、♀約 23-27mm
2. 前翅長：♂約 40-43mm、♀約 37-40mm
3. 身體主要為暗褐色及綠色，體型及體色斑紋變異大，頭胸部具金色鱗毛，雄蟲腹部明顯長於頭胸部，體壁薄，略呈半透明，第 3、4 腹板二側具瘤狀突，第 3 腹板瘤狀突較大，第 4 腹板瘤狀突不明顯，第 8 腹節披白粉，背瓣大，腹瓣綠色，魚鱗狀，左右分離，雌蟲腹部短於頭胸部，腹部淡黃色，具少許白粉。雄蟲尾節長，雌蟲第 8 腹節披白粉，產卵管不伸出尾節。翅透明，前翅前緣脈暗褐色，翅脈為黑色與綠色相間，節結處為白色，脈端部具煙褐色斑點。

●高砂熊蟬 (*Cryptotympana takasagona*)：2 筆聲音樣本（前置處理已完成）



[高砂熊蟬] 分布區域：

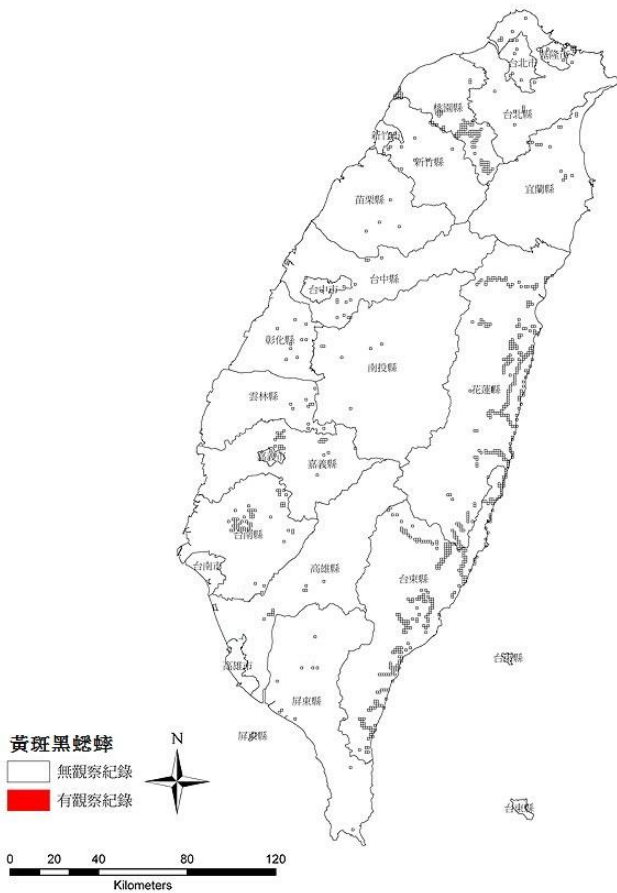
本種為台灣最普遍的蟬，從平地到海拔 1200M 山地都可發現，城市中也很常見。
Cryptotympana takasagona is an endemic species widely distributed in lowlands and mountains under 1200m.

成蟲出現時間：6～10 月

外觀特徵：

1. 體長：♂約 38-41mm、♀約 36-40mm
2. 前翅長：♂約 47-52mm、♀約 50-52mm
3. 身體黑色，平滑，具金屬光澤，身體密生銀灰色鱗毛，鱗毛易脫落。腹瓣橙黃色，內緣重疊。翅透明，前後翅基部具黑色斑紋，前翅結節線以內翅脈為綠色，以外為黑褐色。雄蟲尾節大，雌蟲尾節膨大；二側具紅褐色長斑紋，產卵管上方第 7 腹板有明顯 V 型缺刻

●黃斑黑蟋蟀 (*Gryllus bimaculatus*) : 1 筆聲音樣本 (前置處理已完成)



[黃斑黑蟋蟀] 分布區域：

地棲鳴蟲，台灣分佈在平原、乾涸河岸沙洲、農田，尤以中南部為多。

Gryllus bimaculatus is usually in the plains, dry river sandbar, farmland, especially in south part of Taiwan.

成蟲出現時間：以夏秋最多

鳴叫時間：晚上

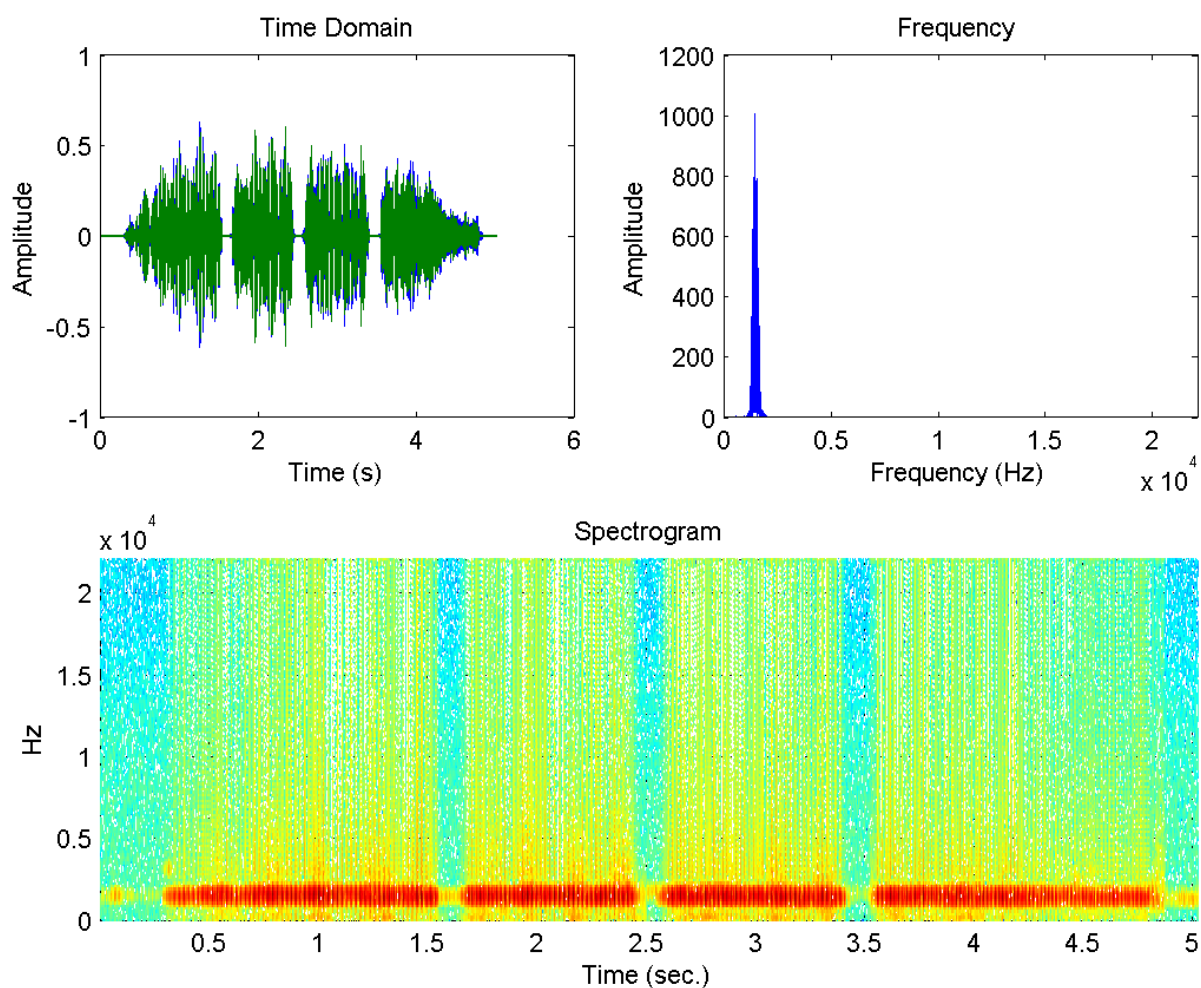
外觀特徵：

1. 體長約 2.6cm
2. 頭部、前胸背板及身體和三對足均為黑色，翅基具黃斑
3. 雄蟲前翅寬大，超出腹端，後翅發達，雌蟲身體略大於雄蟲，俗名黑龍仔，是中南部鬥蟋蟀的主角

7.2 音節音訊資料分析（參閱光碟）

- 台北樹蛙（*Rhacophorus taipeianus*）：50 段音節

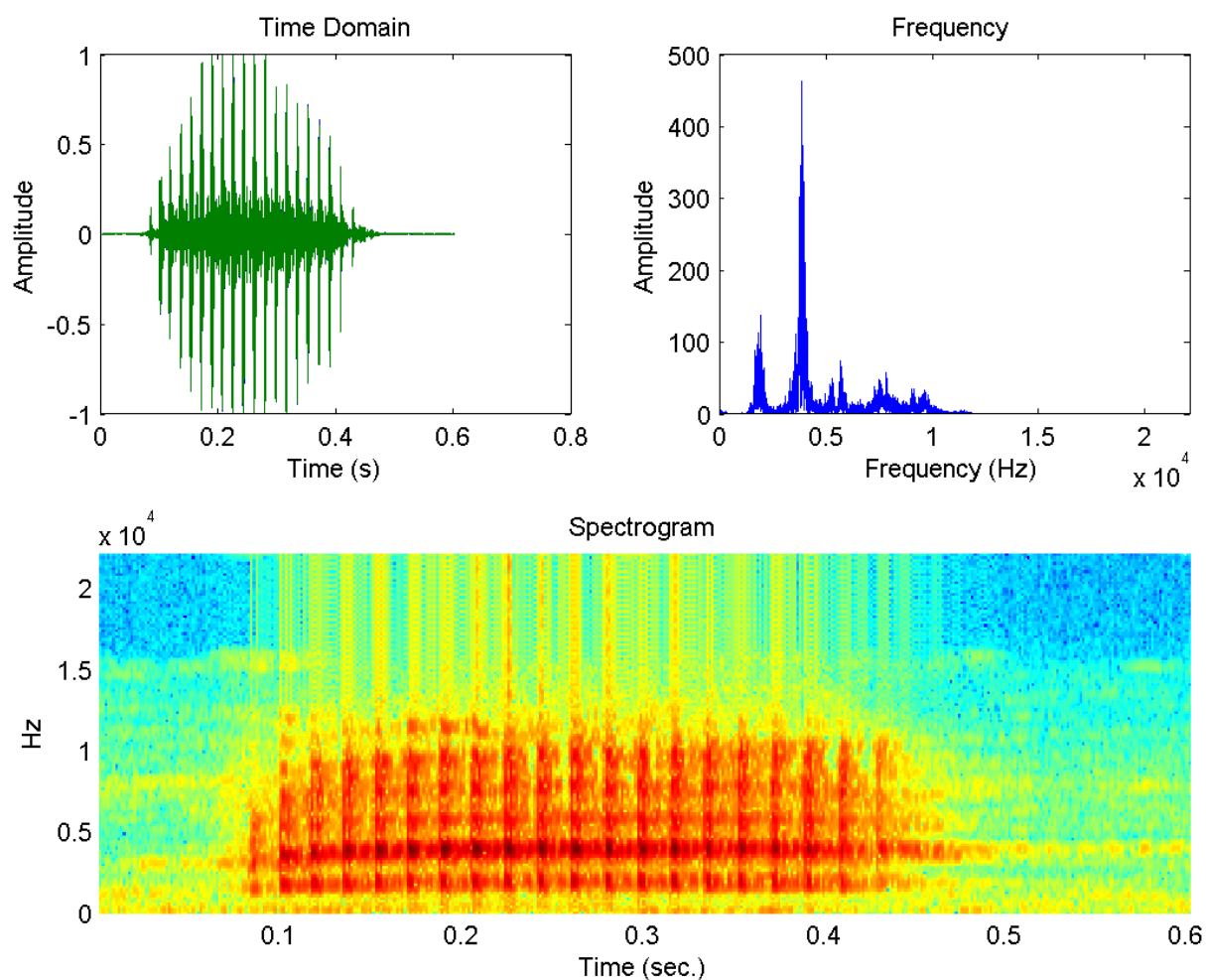
MFCC



-4.221009309 5.414137195 -8.716954976 -15.18369747 -25.66236047 -19.48525747
-12.44042804 6.014647653 15.19227654 22.99915725 15.80803906 8.402713033
-3.796778634 -6.75586593 -8.384741127 -4.251615525 -1.911456289 1.399348939
1.353687046 0.892365309 -0.204605759 -0.17816047

●中國樹蟾 (*Hyla chinensis*) : 50 段音節

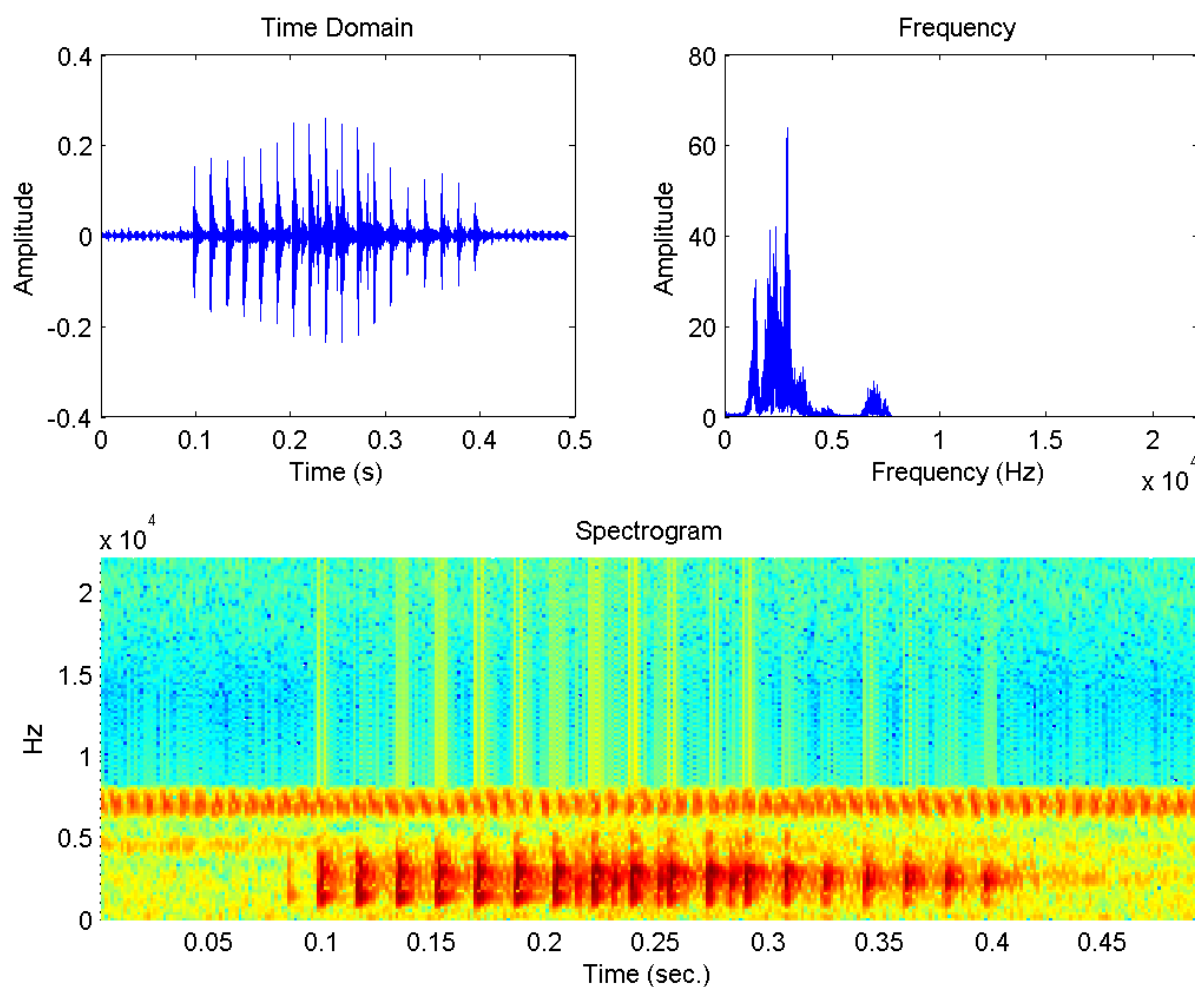
MFCC



-2.465898761 -18.69451519 -25.14894211 10.07265059 -12.61296123 8.001235341
 1.896286099 4.977979299 -2.723430043 25.06254266 8.257157624 -3.059226431
 -10.92036386 -9.713542047 -1.647519958 4.426165041 5.144596012 -1.333161699
 0.057079078 -0.72035283 0.366829411 -0.018066149

●小雨蛙 (*Microhyla fissipes*) : 50 段音節

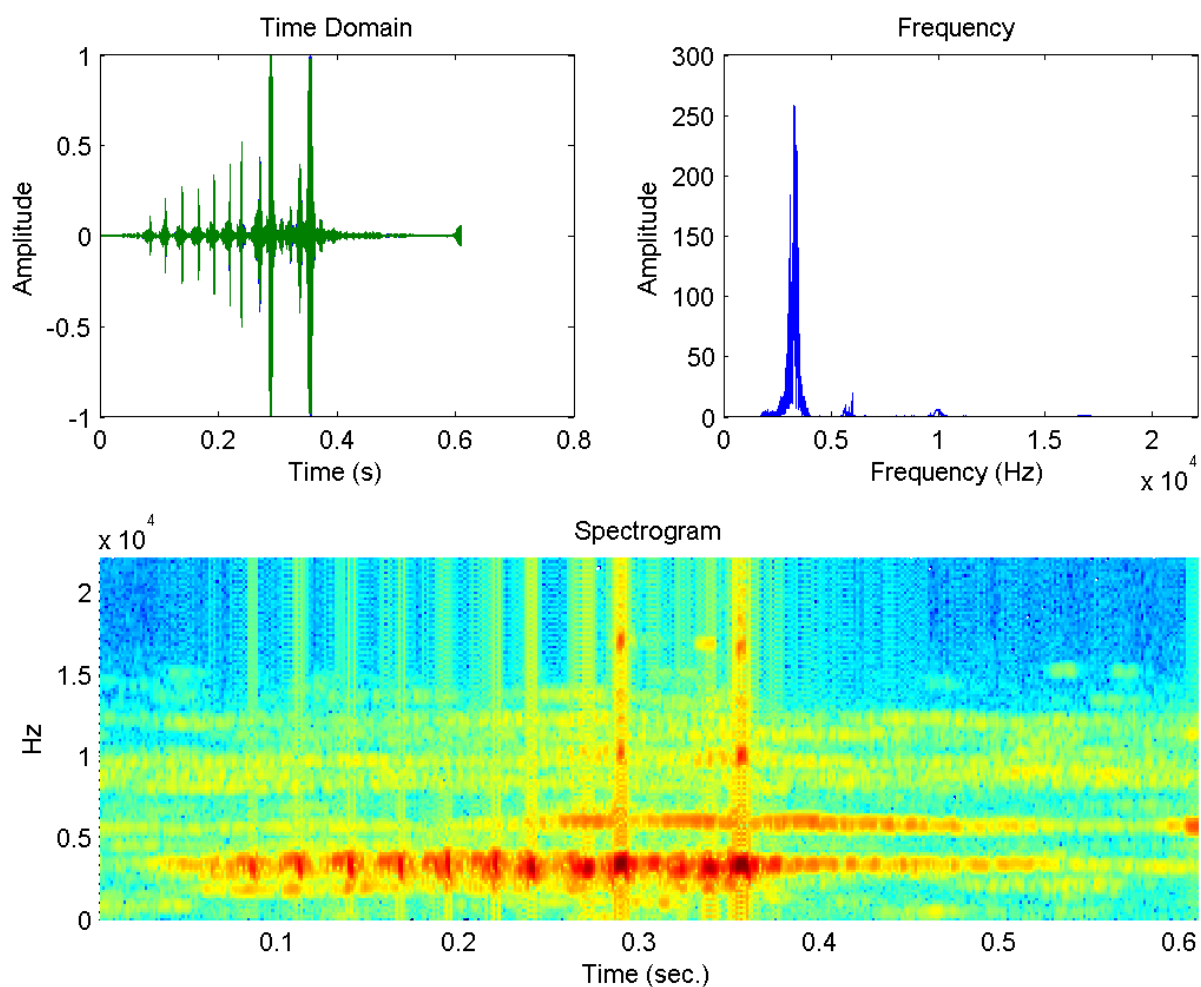
MFCC



-6.91359231	-16.97388826	-16.90570806	2.81389521	12.45267852	8.067597182
-4.766508777	7.108308334	4.737427635	-11.61112565	-4.856584593	2.442743067
0.399827315	6.629060175	2.145211951	-2.303365393	0.260007456	-1.545830592
-0.771881474	1.99864972	0.307142559	-0.284297699		

- 日本樹蛙 (*Buergeria japonica*) : 50 段音節

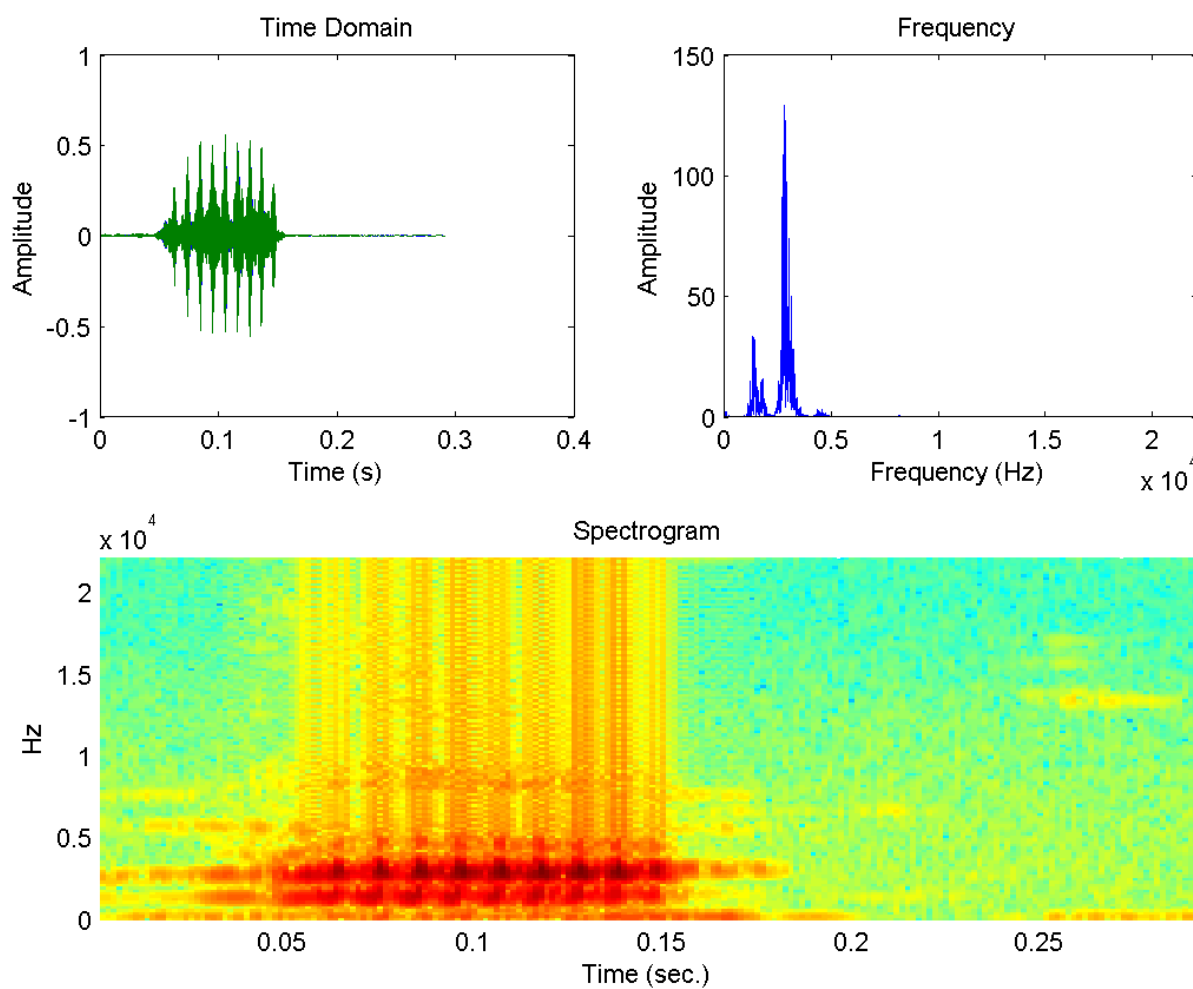
MFCC



-5.973674903 -6.124247923 -24.19640409 -7.816082814 0.254624735 25.35260615
7.647936376 -7.520136767 -20.60439692 -0.717302636 2.230347694 11.61380186
3.036484365 -7.787040768 -13.45614086 4.18038178 6.891252425 2.67086979
-0.641637488 0.350031603 -0.460662401 -0.26931649

●澤蛙 (*Fejervarya limnocharis*) : 50 段音節

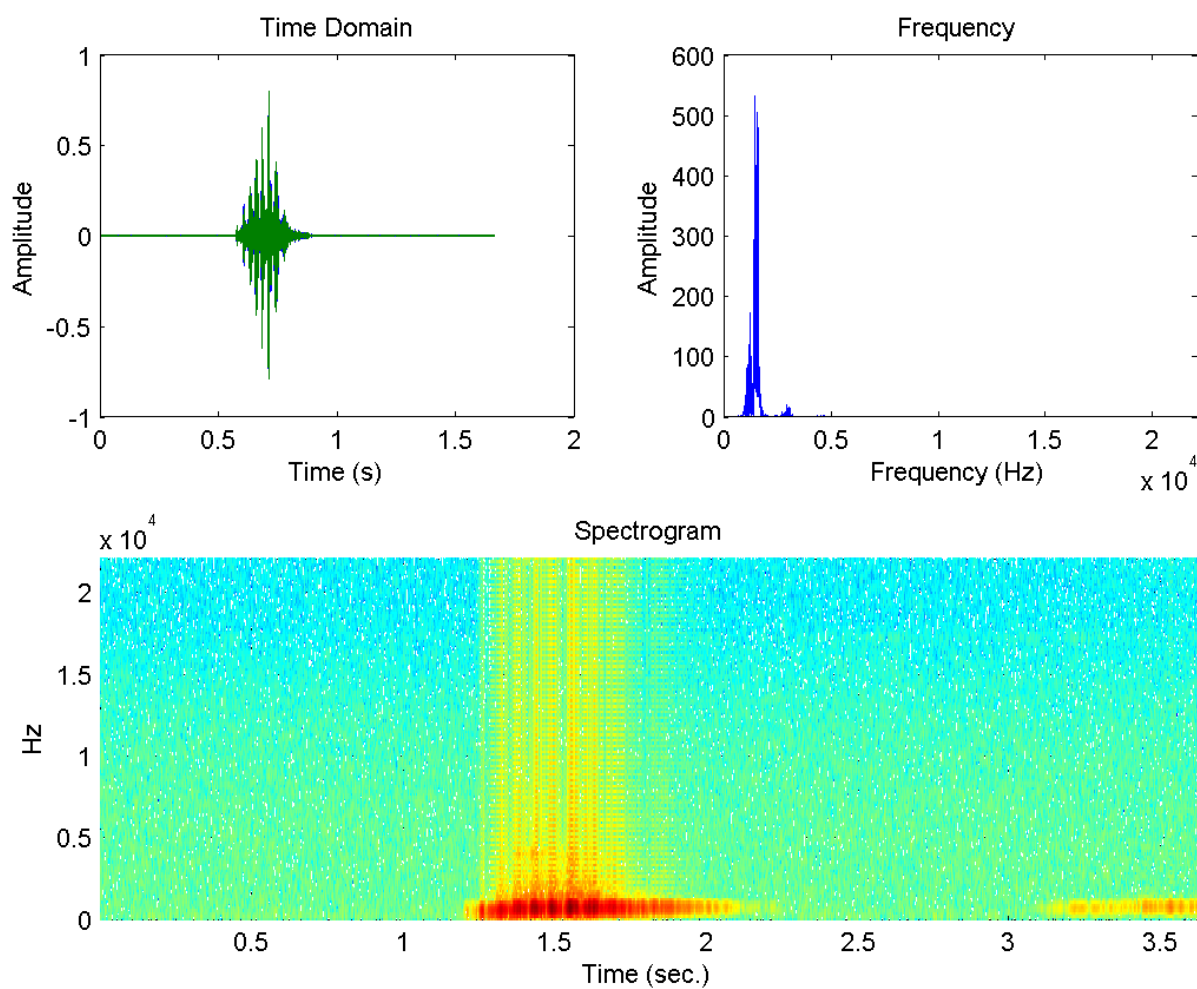
MFCC



1.115686895	-0.778394406	-25.79406026	-18.36546103	-11.80184397	9.265580078
2.713353088	3.473196132	-8.231828977	5.394468074	7.561076109	17.1894985
6.356060688	3.837345923	-8.662508226	-5.488160678	-3.739626371	2.374806742
1.019150656	0.711997047	-0.457370222	-0.12304015		

- 翡翠樹蛙 (*Rhacophorus prasinatus*) : 50 段音節

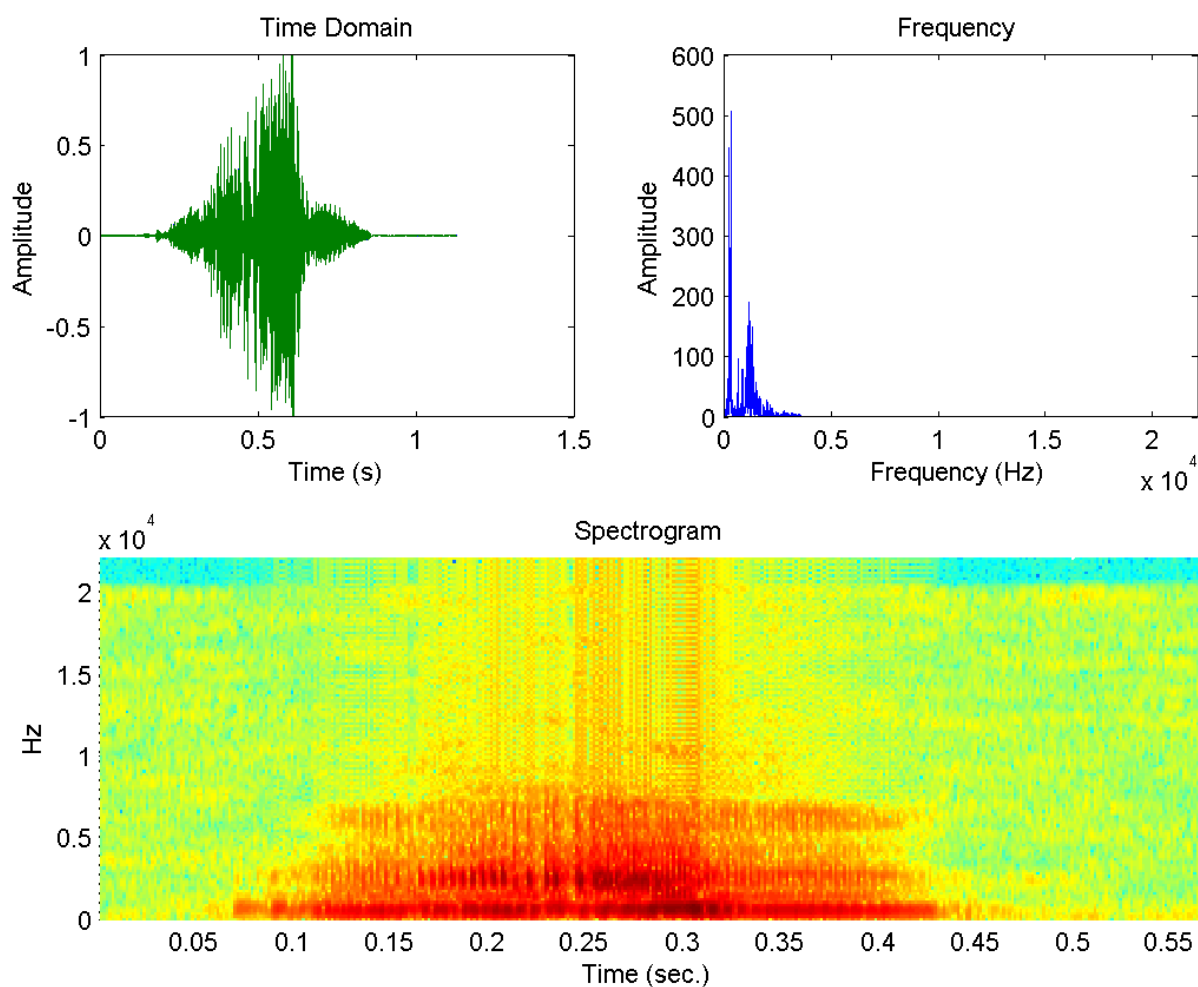
MFCC



-2.404965711 13.90983374 4.999899841 7.663499594 -5.036256817 -4.480876791
-14.6000155 -12.57786719 -18.27398071 -14.30358591 -15.95613967 -12.21905906
-11.92640522 -8.453225805 -6.306313303 -3.090286905 -1.184185294 0.828089866
1.759307755 2.025606391 1.312395458 0.436549522

●花狭口蛙 (Kaloula pulchra) : 50 段音節

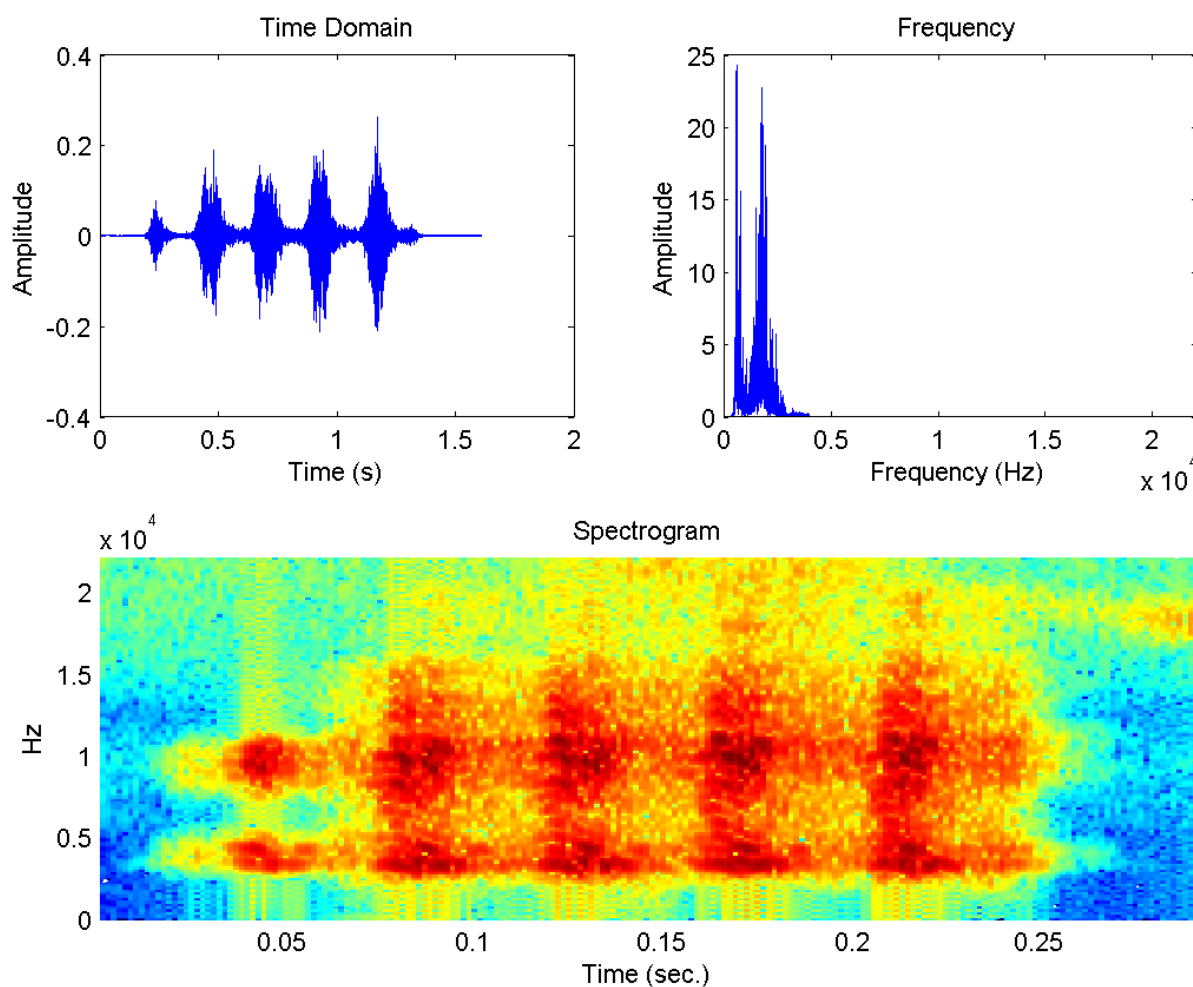
MFCC



10.87468895 3.433258253 -14.94157764 -4.488628125 -1.30253051 7.525758195
-0.187659387 7.700180007 -10.71010457 -12.08980602 -18.96773546 -4.805543505
-10.03952879 -1.944548268 -4.216275536 0.906517936 -4.681440389 -0.945272651
-0.463548027 1.678026177 0.443658956 0.175004026

- 虎皮蛙 (*Hoplobatrachus rugulosus*) : 50 段音節

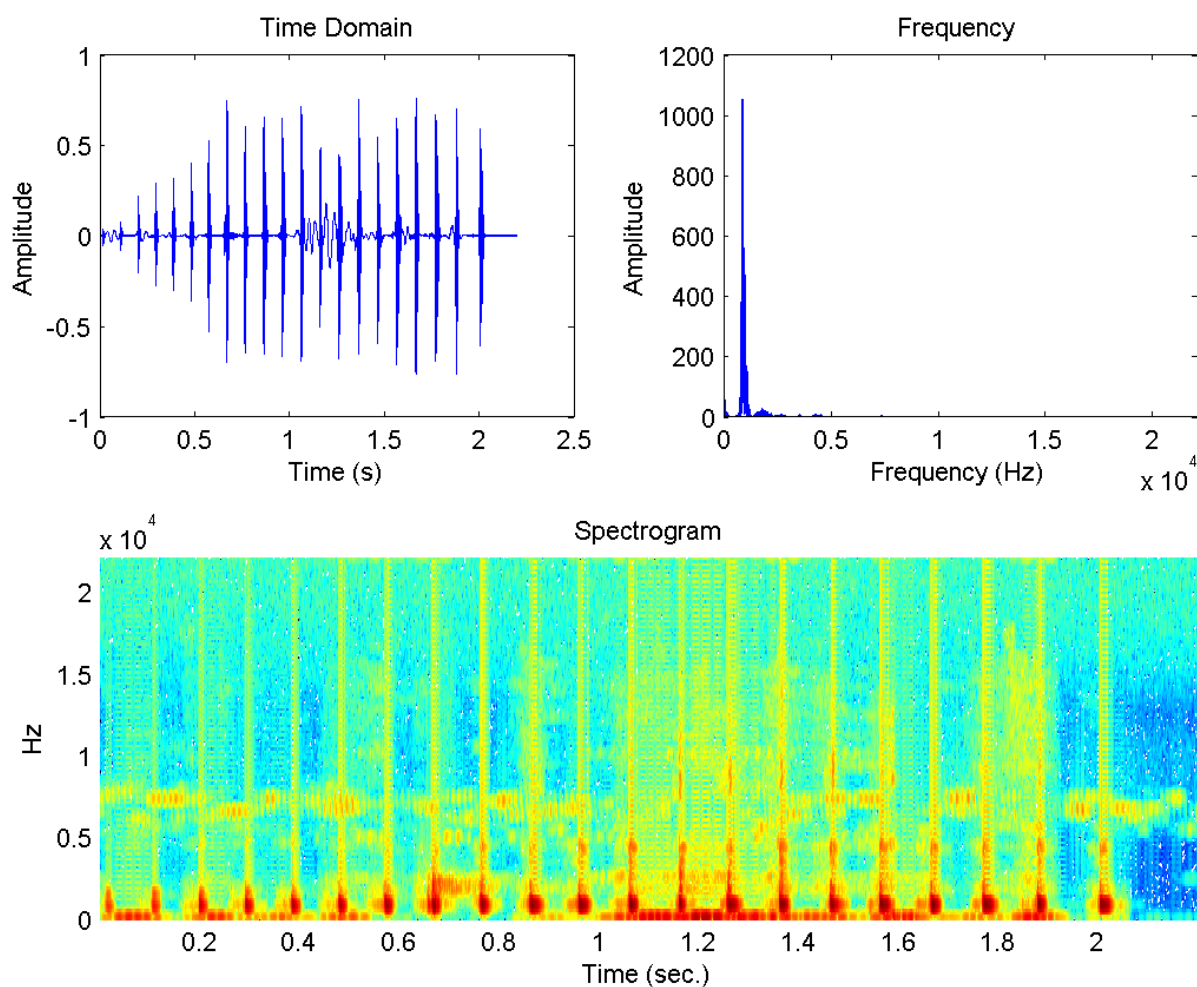
MFCC



```
-19.92570002 -7.907921324 10.41241004 1.359514752 6.042164772 -17.38399021
6.973158776 15.32160946 -9.564717278 0.668852523 -0.057775191 5.040970334
1.427778814 -2.267557727 -0.532830939 1.513226208 1.278314843 0.206314724
-1.274380767 0.582624276 0.424055498 0.060193714
```

- 豎琴蛙 (*Rana okinavana*) : 50 段音節

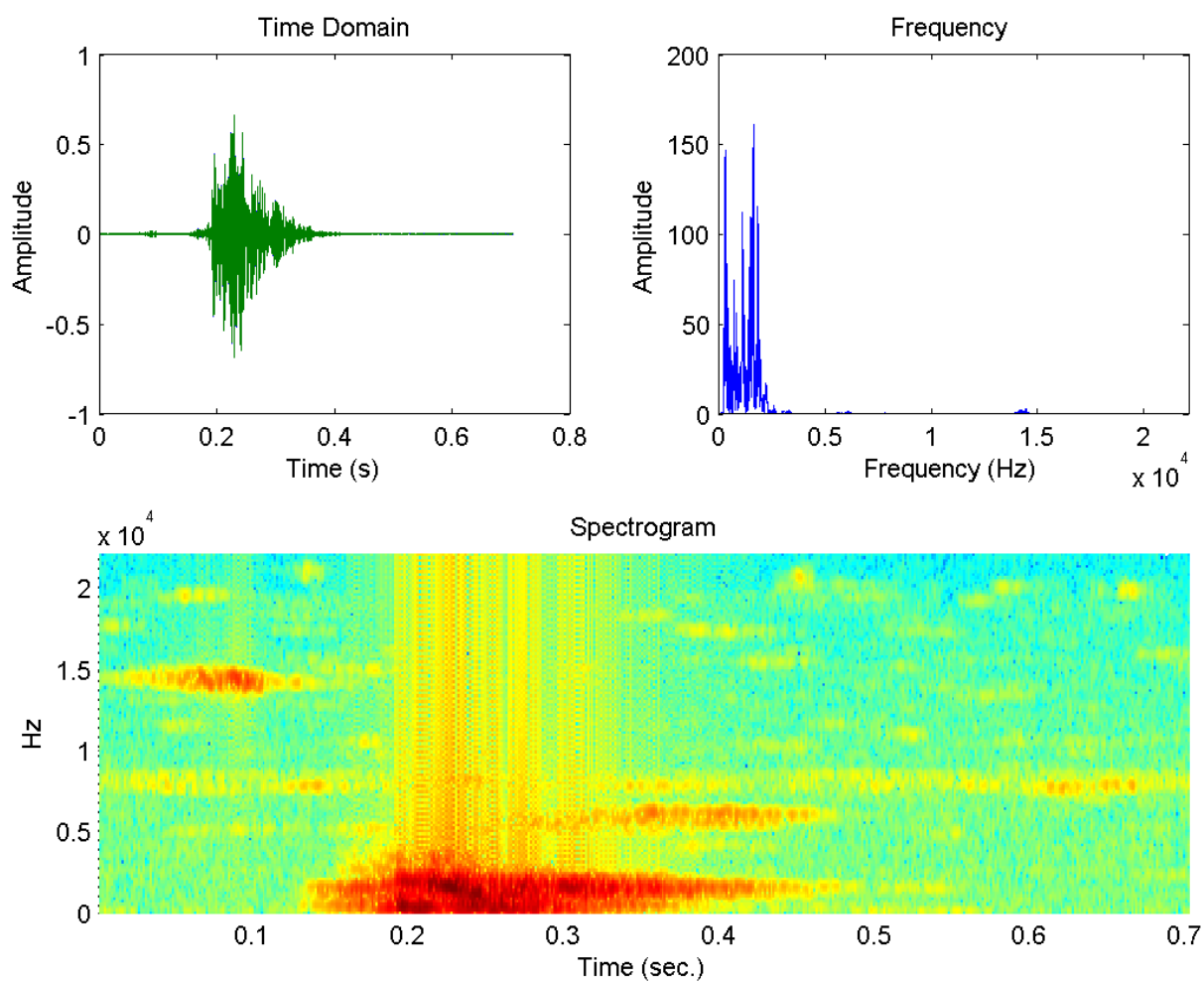
MFCC



2.475994161 -0.390588907 -10.61298383 -13.60205346 -9.242364001 4.391769422
 10.05665546 19.72822379 22.88752879 19.43285103 11.40486599 -5.715039395
 -12.43362521 -4.678642669 -1.77491733 0.344947029 3.276064085 2.755752845
 -0.669059199 -0.047070817 0.554483592 0.295740721

●貢德氏赤蛙 (*Rana guentheri*) : 50 段音節

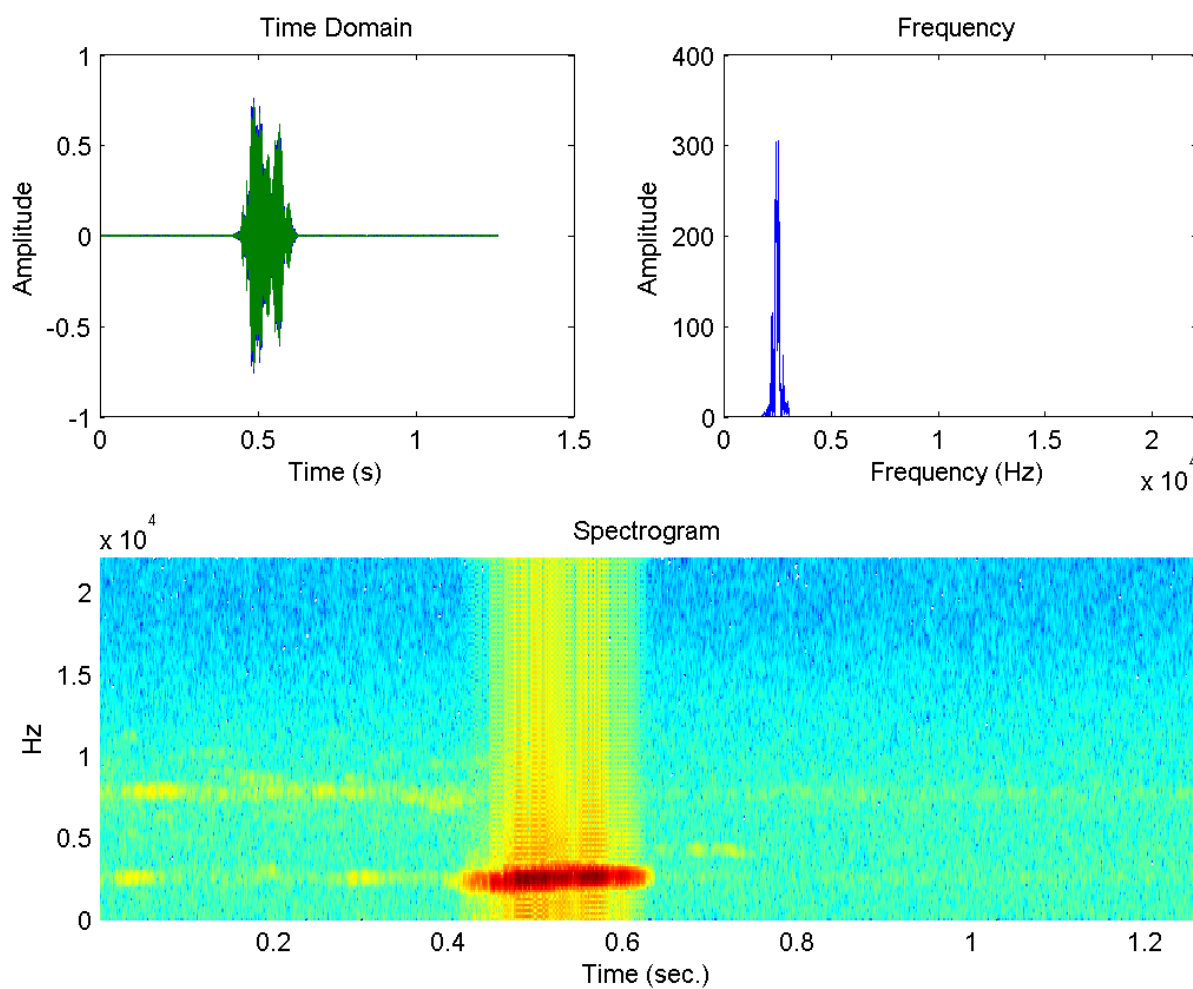
MFCC



8.639990136 16.17336135 4.635977688 -8.569147406 -15.79710206 -7.868760243
-3.651893543 8.236378808 7.834759141 1.806270561 3.090814283 -2.373878977
-8.019207051 -2.061097955 -2.748371684 -1.292852286 0.315900724 0.630922907
-2.036406842 -0.319837527 -0.522764168 0.013818389

●面天樹蛙 (Kurixalus idiootocus) : 50 段音節

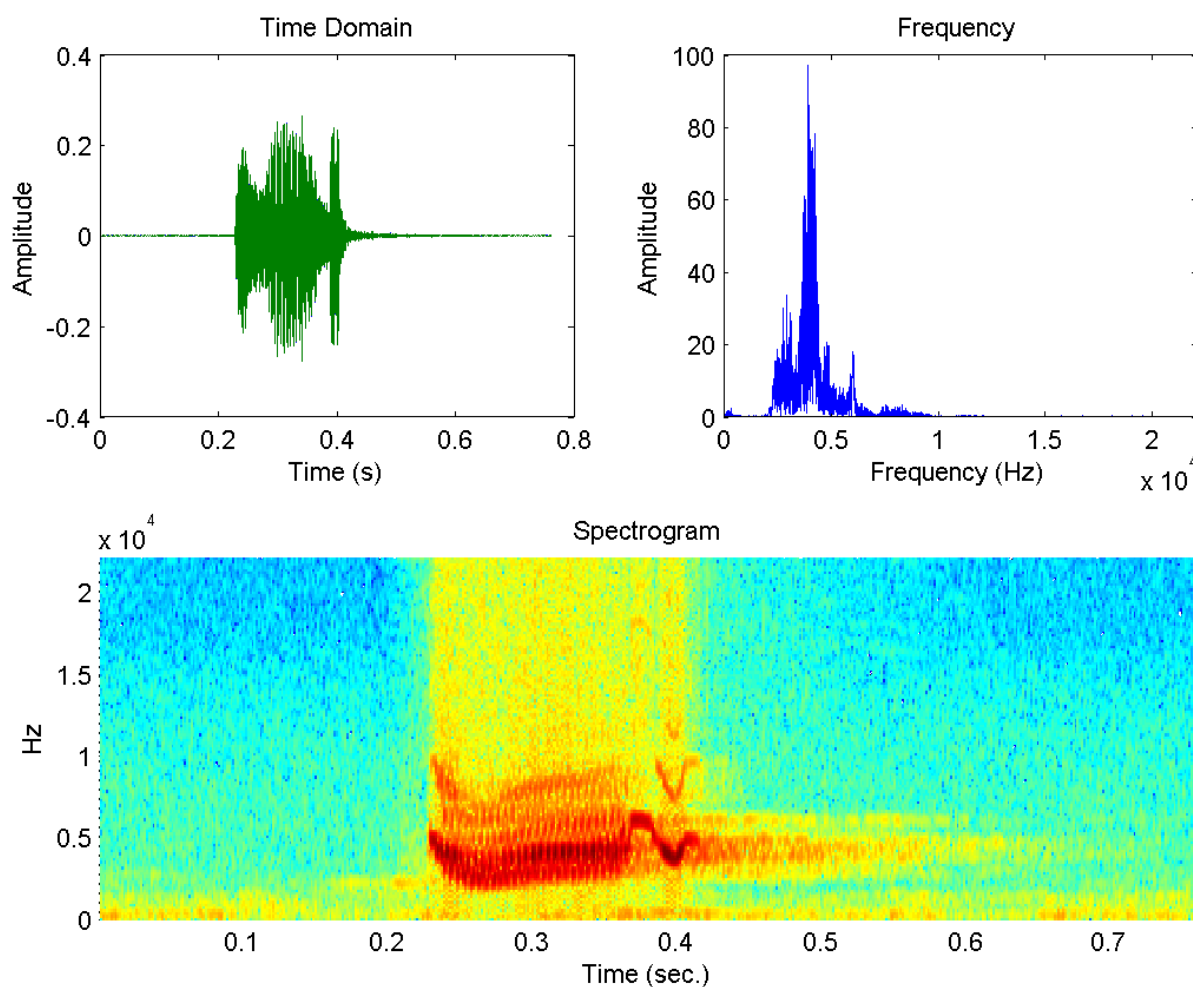
MFCC



-6.397143839 -2.773523851 -22.55651472 -15.12845447 -14.11269922 18.13907839
26.39502452 26.69734327 -9.724416832 -15.46878643 -19.78724049 -1.242735062
2.084286941 13.52957415 4.940645458 0.366237481 -5.551591302 -0.225472934
0.420366945 1.119583746 -0.245146738 -0.109635398

●夜鷹 (Caprimulgus affinis) : 11 段音節

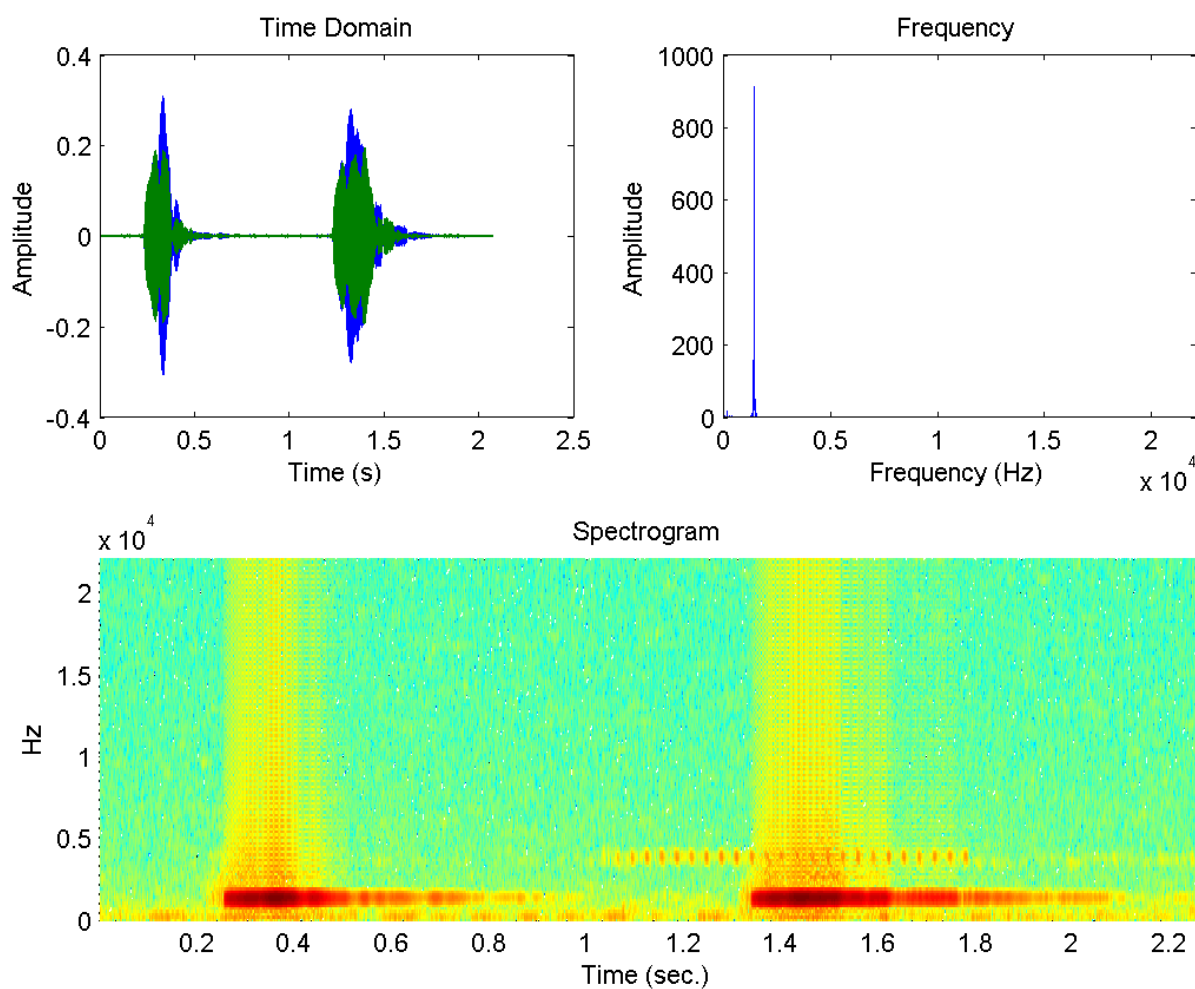
MFCC



-1.091574577	-11.26135858	-21.97107202	6.976500715	14.53739102	17.33372281
-2.90193705	1.686756877	-10.31350909	2.026303975	-4.277794055	4.481682384
-1.765933345	6.849289517	1.095439527	3.135034918	-1.762051034	-1.283382872
-2.980154854	0.812255745	1.231020532	0.217033651		

●黃嘴角鴉（*Otus spilocephalus*）：40 段音節

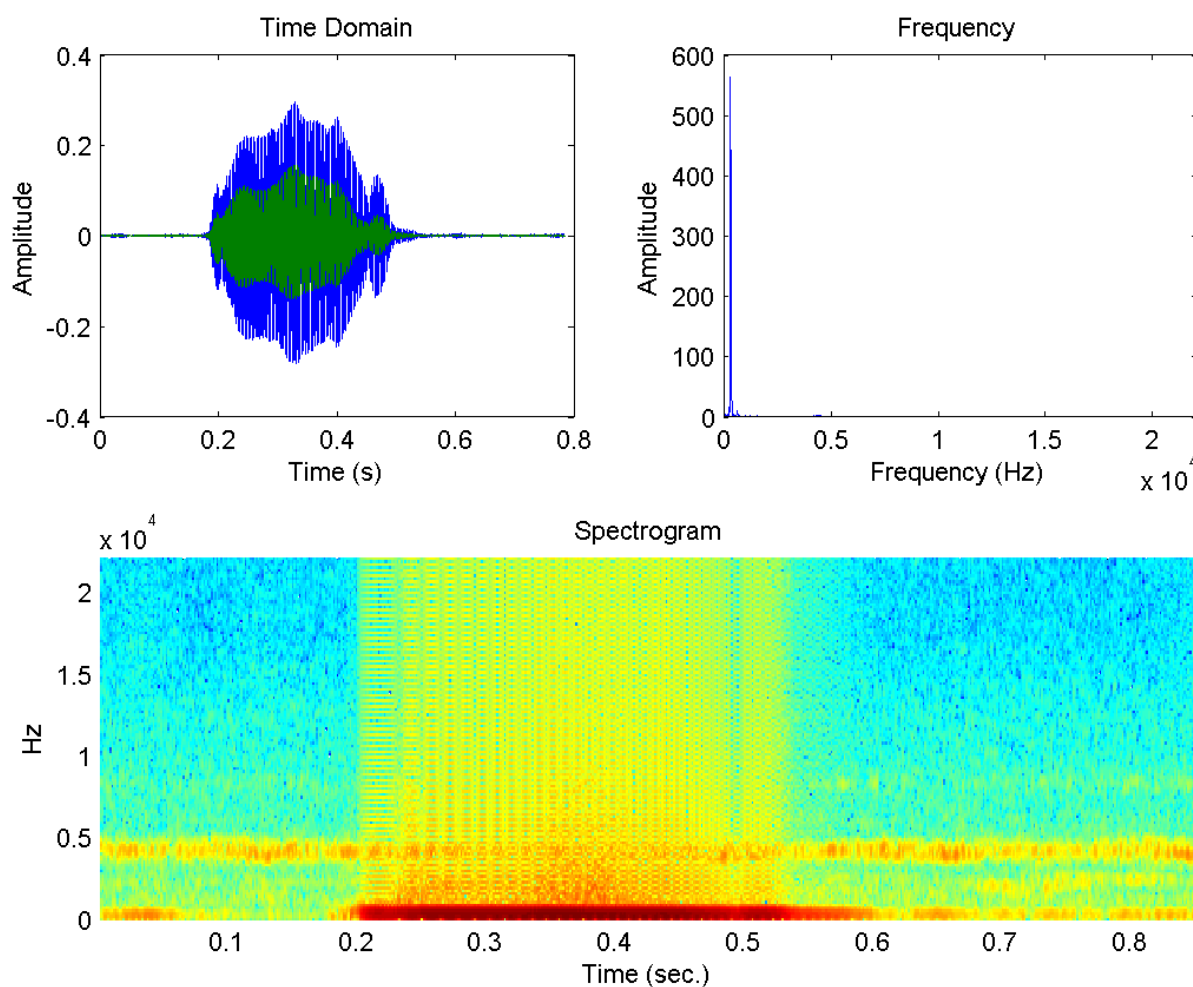
MFCC



-3.273898063 8.106094063 -1.586570843 -1.50040659 -10.13973222 -7.756446716
-11.84675173 -3.660922374 1.131254164 12.63866846 14.10637482 15.437291
7.797032439 3.858664788 -2.751459234 -4.298468649 -6.461813733 -3.810471214
-1.459777597 0.931017284 1.05945812 0.438141759

●黑冠麻鷺 (*Gorsachius melanolophus*) : 10 段音節

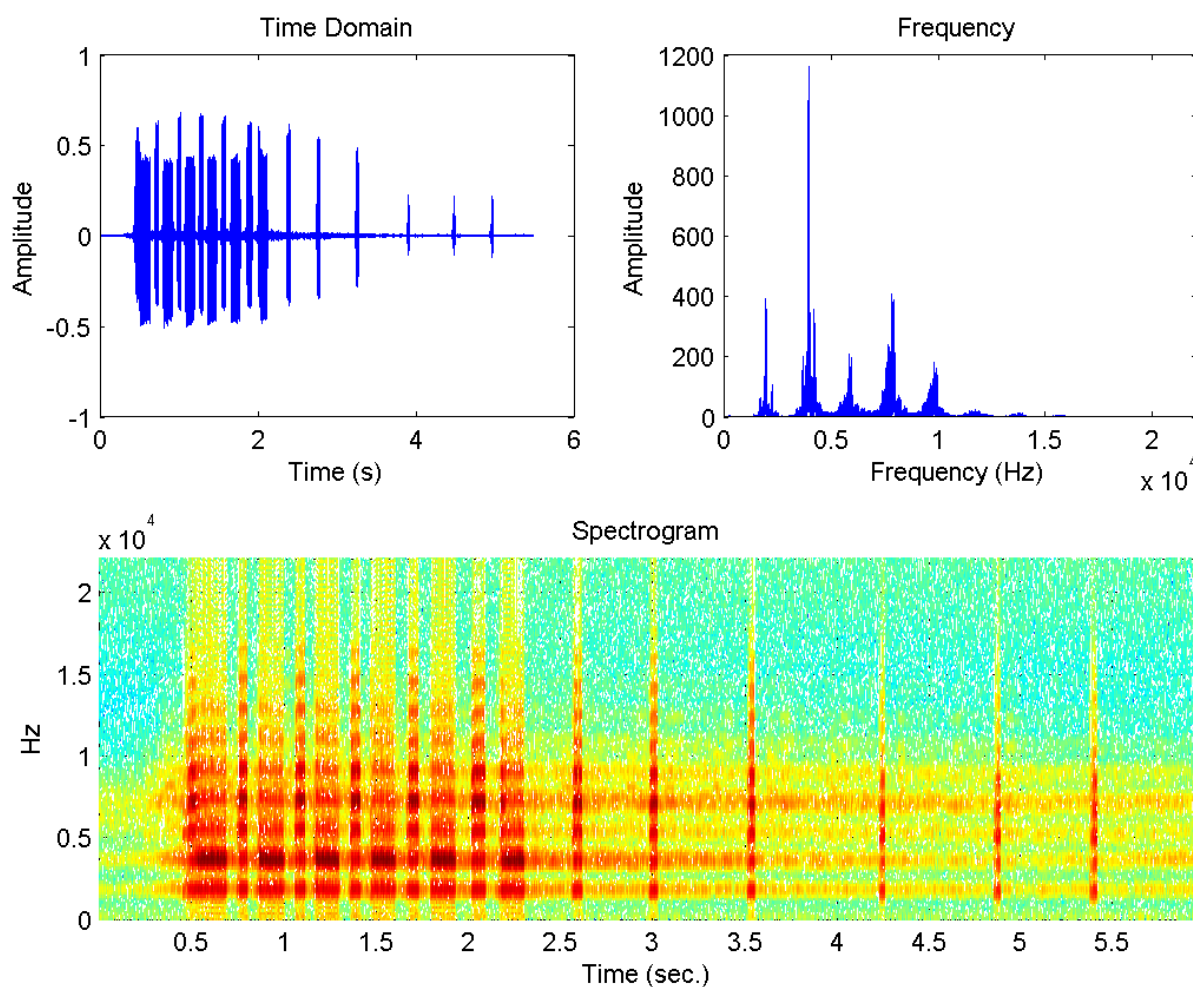
MFCC



-0.2040373	12.38433147	6.487839245	12.08839754	9.861413894	11.54244644
3.700427516	4.412400999	2.680409729	7.134429128	1.434456052	-0.224501125
-4.36867786	-1.15936157	-1.256774161	-0.623003225	-2.947762259	-2.153221422
-1.644309123	-0.317547293	-0.195745085	-0.112670404		

●陽明山暮蟬 (*Tanna sozanensis*) : 4 段音節

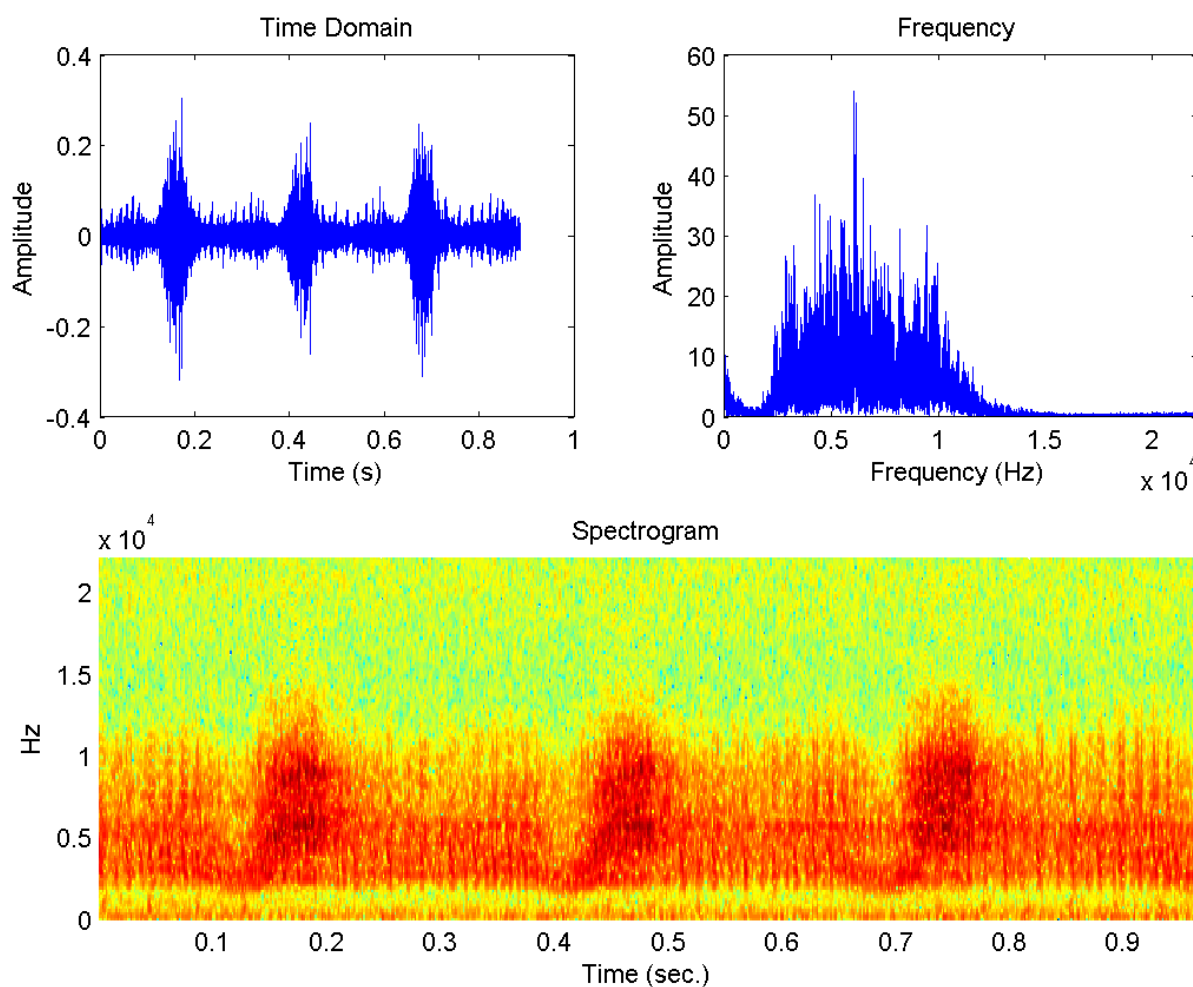
MFCC



-16.62981538 -19.69772107 8.830859907 -1.524068174 5.289792972 8.858283284
0.408717633 1.453796118 -18.8807083 -7.428344519 21.64100838 10.21276457
-11.44587699 -10.78801695 2.699442975 6.085595842 -1.505829649 -1.243184026
-0.281821521 0.909207651 -0.376295318 -0.343125827

- 高砂熊蟬（*Cryptotympana takasagona*）：42 段音節

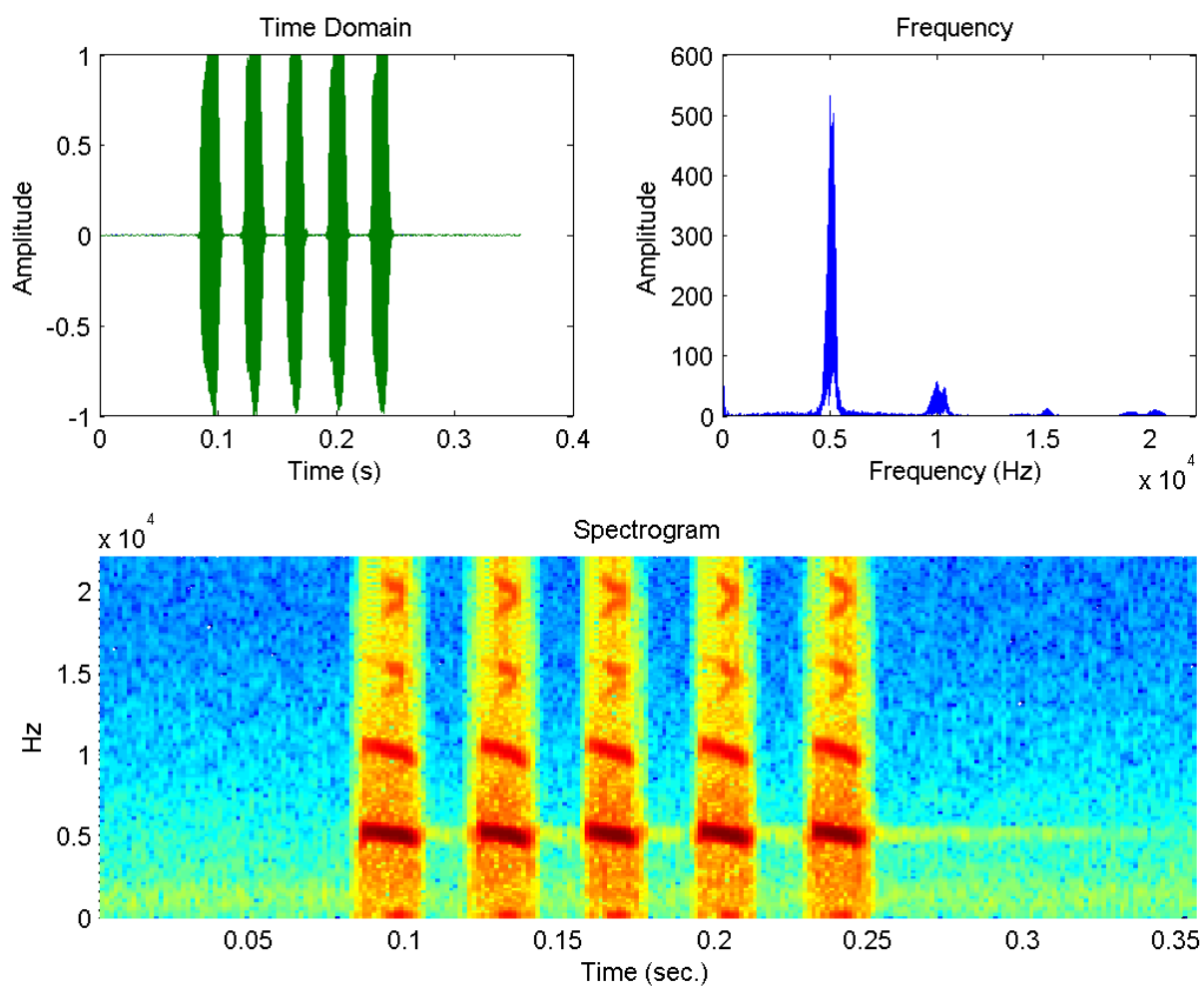
MFCC



```
-13.55611387 -12.49521482 14.86161846 3.383325728 2.055333378 -0.123991806
-8.333486321 5.083271195 0.198013114 6.291732308 -1.561743818 -3.34847695
2.788424033 -0.92597309 0.208745337 -0.420742397 -1.362780631 0.344043645
-0.335723813 0.003625103 0.172811429 0.00761943
```


●黃斑黑蟋蟀（*Gryllus bimaculatus*）：29 段音節

MFCC



-9.451684963 -11.36523567 -9.917401987 14.5311845 6.115196496 3.428931378
-14.09014209 0.806779139 12.63823486 21.39395316 -14.7821105 -7.036728104
10.5587692 12.67889374 -3.974494204 -1.615801628 0.407507267 -0.073597962
3.140128445 1.373031554 -0.603119443 -0.235180206

frog @99nightmare (134.208.3.60)

檔案 編輯 檢視 視窗 說明

匯入精靈 匯出精靈 篩選精靈 網格檢視 表單檢視 備註 十六進位 圖像 A-Z 遞增排序

frog_id	name	name_binomial_first	name_binomial_last	elevation_low	elevation_hi	airte
1	小兩蛙	Microhyla	fissipes	0	942	
2	中國樹蟾	Hyla	chinensis	5	945	
3	巴氏小兩蛙	Microhyla	butleri	50	416	
4	日本樹蛙	Buergeria	japonica	0	1255	
5	牛蛙	Rana	catesbeiana	7	599	
6	古氏赤蛙	Limnonectes	kuhlii	7	1000	
7	史丹吉氏小兩蛙	Micryletta	inornata	27	450	
8	台北赤蛙	Rana	taipehensis	4	312	
9	台北樹蛙	Rhacophorus	taipeianus	7	942	
10	白額樹蛙	Polypedates	megacephalus	9	1340	
11	艾氏樹蛙	Kurixalus	eiffingeri	25	2320	
12	拉都希氏赤蛙	Rana	latouchii	5	1350	
13	花狹口蛙	Kaloula	pulchra	50	54	
14	虎皮蛙	Hoplobatrachus	rugulosa	3	483	
15	金線蛙	Rana	plancyi	5	1053	
16	長腳赤蛙	Rana	longicrus	11	1162	
17	面天樹蛙	Kurixalus	idiotocus	4	1187	
18	海蛙	Fejervarya	cancrivora	4	12	
19	貢德氏赤蛙	Rana	guentheri	3	921	

ELECT * FROM `frog` LIMIT 0, 1000

第 3 筆記錄 (共 33 筆) 於第 1 頁

圖二十四 群聚特性資料暨聲音模型資料庫示意圖

8 系統說明課程

8.1 課程表

時間	內容	主講人
12:30~13:00	報到	
13:00~13:20	兩棲類保育志工使命與願景	楊懿如
13:20~13:30	兩棲類保育行動記錄片及分享	
13:30~14:00	申請成為志工及權限說明	張志恣
	實體操作	
14:00~14:10	茶敘 / 志工交流	
14:10~14:30	志工漫步在雲端－ 運用網路來學習監測保育台灣兩棲類	楊懿如
14:30~15:00	2011 年版資訊網功能介紹：調查資料上傳及樣區管理	龔文斌
	實體操作	
15:00~15:40	2011 年版資訊網功能介紹：調查資料審核及資料匯出	呂效修
	實體操作	
15:40~16:00	茶敘 / 志工交流	
16:00~16:10	常見問題說明	黃湘雲
16:10~16:20	油料補助核銷說明	劉芝芬
16:20~17:00	2011 年志工重點工作： 外來種斑腿樹蛙控制及監測說明	楊懿如
17:00~17:30	夜行性動物聲音辨識系統說明課程	黃振榮
17:30~18:00	綜合討論	
18:00~19:00	用餐自理	
19:00~20:30	夜間觀察-桃園百吉國小	李承恩

表五 0827 桃園百吉國小兩棲保育志工增能工作坊課程表



8.2 「夜行性動物聲音辨識系統」說明課程講義及出席簽到表 (參閱報告附件二)

9 結論

9.1 預期效益

透過計畫的執行，我們提供一個自動化辨識網路平台，讓民眾藉由電腦或其他手持上網裝置，將身邊夜行性動物的聲音上傳至我們架設的平台進行辨識的工作，此舉不僅讓民眾更加容易認識生活環境周圍的夜行性動物，也因為瞭解而不再對這些神秘的動物而感到害怕，進而觸發民眾心中保育動物的意識，可謂達到寓教於樂的效果。本計畫對夜行性動物聲音樣本進行分析，並建立一套標準的作業程序，以奠定日後推廣至其他物種聲音的辨識，作為後續研究發展的基礎。此外，此次計畫執行過程中有多位學生參與執行，除了提供論文研究機會，其成果亦將發表成學術期刊報告，更有助培育台灣資訊研究人才進行跨領域研究。

9.2 未來建議

本辨識系統針對使用的目的，所以將重點放在系統的即時性，根據我們模擬的測試，在聲音樣本受其他非目標聲音訊號干擾不嚴重的情況下，即非所有訊號片段都發生疊代狀況，在上述情形下，本系統都能獲得不錯的辨識率，即便是在多個物種的狀態下，只要並非所有片段都有疊代，系統變成確實發揮其功效，得出多種物種的辨識結果。

本辨識系統為一典型的「專家系統」，「專家系統」為人工智慧領域的一重要分支，相較於「一般電腦系統」只具備解決問題的功能，「專家系統」更多了解釋結果、進行判斷與決策...等功能，此外於處理問題種類上，「一般電腦系統」只能處理多屬結構性、確定的知識，而「專家系統」可處理非結構性、不確定的知識、且使用於特定的領域，而「資料庫」的完善與否，會直接影響到「專家系統」的實用性。以本計畫的情況為例，在特徵資料庫的樣本夠多的情況下，每種物種的聲音特徵規則就會越完善，也就是說再辨識的過程中，發生誤判的機會就越低，此外，台灣夜間生態系統具有多樣性的特徵，但考量到樣本採集的困難度，所以系統初期只挑選出十幾種物種做為目標，來進行辨識，且各物種的聲樣樣本及特徵片段數都顯得不足，為了使系統能充份發揮其價值，會建議後續持續擴充聲音樣本及特徵片段資料庫，並再進行後續的模擬測試，繼續擴充系統所能辨識的物種種類，使系統能發揮其最大的效益，並繼續投入經費，進行訊號解析的相關研究，以提高系統的實用性，亦更符合一般民眾所能採集到的聲音樣本狀況，在訊號解構的相關研究領域，目前都還未出現一個完全有效的做法，而本計畫的訊號來源，相對於其他相關研究領域，更加不穩定，相關的環境變數更多且無法控制，然後又受限於系統需提供給民眾使用，需具有「即時回饋」的特性，所以在辨識率上便有所犧牲，若只需專注在辨識率，可由收錄系統方面做改良，如採用多隻收音設備，利用收錄訊號的強弱進行訊號源的定位，來判斷樣本為單一訊號源，還是多個訊號源，亦或只針對單一物種聲音特徵進行研究，找出其解構後的訊號特徵，針對其訊號特徵進行相似度的比對，此法能大幅提高辨識之準確率，但不適合提供給一般民眾使用，因進行訊號的解構及分析需耗費大量的時間及系統資源，叫適合提供給專業人士進行研究用。綜合以上所述，建議本計畫應視實際需求，決定後續相關研究之方向，一為保有系統「即時回饋」的特性，進行聲音資料庫的擴充，增加資料庫的完備性，並是模擬測試的結果擴充物種，亦或針對「辨識率」進行訊號解構方面的研究。

附件一．夜行性兩棲類動物群聚特性資料(縣市)

盤古蟾蜍	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
黑眶蟾蜍	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
中國樹蟾	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
小雨蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
黑蒙西氏小雨蛙	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	花蓮	台東	台中	南投	彰化						
史丹吉氏小雨蛙	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	花蓮	台東	台中	南投	彰化						
花狹口蛙	台南	高雄	屏東	雲林												
巴氏小雨蛙	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東											
台北赤蛙	台北	高雄	屏東	台南												
金線蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
虎皮蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
澤蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
拉都希氏赤蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
斑腿樹蛙	台北	彰化	台中													
斯文豪氏赤蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
貢德氏赤蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
腹斑蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
牛蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
古氏赤蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	台中	南投	彰化		
長腳赤蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	台中	南投	彰化		
海蛙	屏東															
豎琴蛙	南投	桃園	宜蘭													
日本樹蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
白領樹蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
莫氏樹蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
艾氏樹蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
褐樹蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
橙腹樹蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化
面天樹蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	台中	南投	彰化		
翡翠樹蛙	台北	桃園	宜蘭	新竹												
台北樹蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	台中	南投								

諸羅樹蛙	台北	雲林	嘉義	台南	宜蘭												
梭德氏赤蛙	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	雲林	嘉義	台南	高雄	屏東	宜蘭	花蓮	台東	台中	南投	彰化	

夜行性兩棲類動物群聚特性資料(出現棲地)

	流動水域		水溝			靜止水域			暫時性水域		樹林				草原		開墾地						
	河流	山澗瀑布	水溝	乾溝	水溝邊坡	水域	岸邊	岸邊植物	水域	水邊植物	喬木	灌叢	底層	樹洞	短草	高草	水田	旱田	果園	竹林	廢耕	空地	
台北樹蛙			•	•	•		•	•	•	•		•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•
翡翠樹蛙			•	•	•		•	•	•	•	•	•			•	•			•	•	•	•	•
莫氏樹蛙			•	•	•		•	•	•	•	•	•	•		•	•			•	•	•	•	•
諸羅樹蛙													•		•	•			•	•	•	•	•
橙腹樹蛙											•	•		•		•				•			
白領樹蛙			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•			•	•	•	•	•
面天樹蛙			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•			•	•	•	•	•
艾氏樹蛙											•			•						•			
褐樹蛙	•	•	•		•	•	•	•															
日本樹蛙	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•		•				•		•	•	•
虎皮蛙			•			•			•	•							•	•					
台北赤蛙						•	•	•	•	•							•	•					
斑腿樹蛙			•	•	•	•	•	•	•	•			•		•		•		•		•		
斯文豪氏	•	•	•			•	•	•	•	•													
梭德氏赤	•	•	•			•			•														
豎琴蛙			•			•	•	•	•	•			•							•			
金線蛙			•			•			•														
長腳赤蛙	•		•		•	•	•	•	•	•													
澤蛙	•	•	•		•	•	•	•	•	•			•		•		•	•	•		•	•	•
拉都希氏	•	•	•		•	•	•	•	•	•			•		•				•		•	•	•
古氏赤蛙	•	•	•			•			•														
貢德氏赤			•		•	•	•	•	•	•									•				
牛蛙			•			•	•	•															
海蛙			•						•	•									•				
腹斑蛙			•		•	•	•	•	•	•									•				
花狹口蛙			•			•			•	•													
史丹吉氏			•		•				•	•			•						•		•		
小雨蛙			•	•	•	•	•	•	•	•			•		•		•	•	•		•		
黑蒙西氏			•	•	•	•	•	•	•	•			•		•		•	•	•		•		

巴氏小雨			•	•	•	•	•	•	•	•		•		•		•	•	•		•	
中國樹蟾						•	•	•	•	•	•			•	•			•	•		
黑眶蟾蜍						•	•	•								•					
盤古蟾蜍	•																				

夜行性兩棲類動物群聚特性資料(海拔、氣溫、水溫、濕度、出現月份)

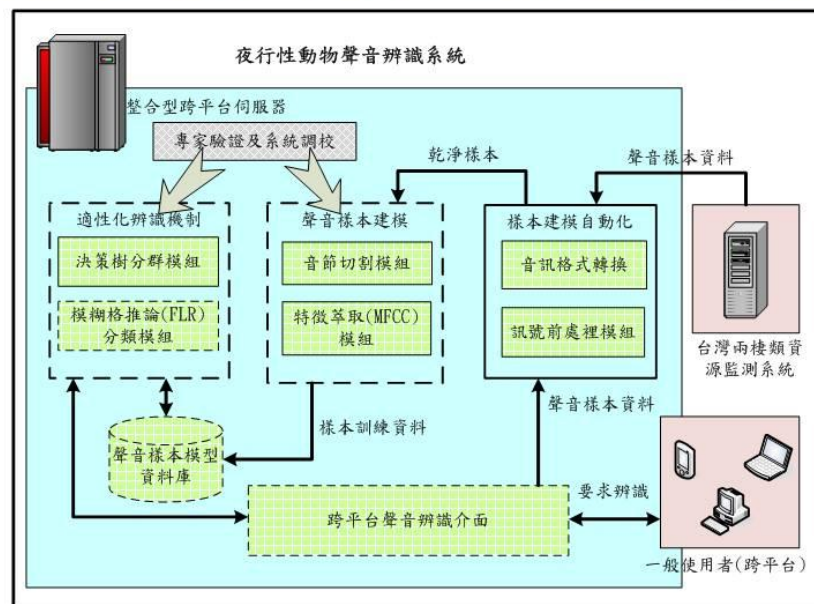
	海拔(m)		氣溫(°C)		水溫(°C)		濕度(%)		出現月份
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
小雨蛙	0	942	12.9	34.6	5	33.9	10	100	3月至8月
中國樹蟾	5	945	13.7	32.1	10	35	10	100	3月至10月
巴氏小雨	50	416	15	31.2	5	33.9	10	100	5月至7月
日本樹蛙	0	1255	7	34	7.5	38.4	10	100	2月至10月
牛蛙	7	599	16.5	32	16	31	52	90	5月至9月
古氏赤蛙	7	1000	7.9	32.5	11.5	31.5	45	100	1月至12月
台北赤蛙	4	312	15	32.5	17	31.9	50	100	4月至8月
台北樹蛙	7	942	21	34.4	23	30	55	95	10月至隔年3月
史丹吉氏	27	450	4	30.6	7.5	30.7	20	100	5月至7月
白領樹蛙	9	1340	11.5	33.5	10	33.2	10	100	5至10月
艾氏樹蛙	25	2320	8	30.7	9.5	29	38	100	西部為3月至9月，東部為9月至隔年3月
拉都希氏	5	1350	4	32.5	7.5	33.9	20	100	1月至12月
花狹口蛙	50	54	20.3	31.8	19	32.1	66	95	5月至9月
虎皮蛙	3	483	16	34.4	16.5	33.1	28.4	100	4月至8月
金線蛙	5	1053	13	34.4	18	33	58	100	4月至8月
長腳赤蛙	11	1162	7.9	32.4	7.5	33.1	45	100	10月至隔年2月
面天樹蛙	4	1187	8.1	32.5	10	31.6	52	100	2月至9月
海蛙	4	12	18	33	17	34.3	55	100	3月至9月
貢德氏赤	3	921	12.1	34.1	10	33.9	10	100	5月到8月
梭德氏赤	103	2385	4.5	30.4	5	28.8	42	100	4月至5月、9月至12月
莫氏樹蛙	13	2328	4	32.3	10	32.3	18.1	100	1至12月
斑腿樹蛙	5	320	23.1	30.1	23.1	31.8	49	89	5月至10月
斯文豪氏	7	2450	4	32.5	7.5	31.5	25	100	2月至10月
黑眶蟾蜍	3	1144	13.6	34.6	8	35	20	100	2月至9月
黑蒙西氏	9	1139	15	33	10	32.3	48	100	5月至9月
腹斑蛙	9	1204	11.4	32.1	12	32	20	100	3月至8月
翡翠樹蛙	46	950	7.9	32.1	11.6	31	45	95	9月至隔年4月

盤古蟾蜍	5	2575	7.9	32.5	7.5	31.5	20	100	9 月至隔年 2 月
褐樹蛙	20	1139	12.6	33	14	32.3	10	100	5 月至 8 月
諸羅樹蛙	9	483	18.1	32.6	19.4	33.1	54	95	3 至 10 月
豎琴蛙	301	733	12	26.1	13	22	71	100	4 月至 8 月
橙腹樹蛙	641	1144	16	25	19	24.5	51	91	5 至 10 月
澤蛙	0	1126	13	38.5	7.5	33.2	10	100	3 月至 10 月

「夜行性動物聲音辨識系統」 說明課程

國立東華大學資訊工程學系——黃振榮

夜行性動物聲音辨識系統架構圖



平台可辨識物種：19種

- 古氏赤蛙
- 台北樹蛙
- 史丹吉氏小雨蛙
- 小雨蛙
- 日本樹蛙
- 腹斑蛙
- 花狹口蛙
- 莫氏樹蛙
- 虎皮蛙
- 豎琴蛙
- 貢德氏赤蛙
- 金線蛙
- 面天樹蛙
- 台灣紫嘯鸕
- 夜鷹
- 陽明山暮蟬
- 黃嘴角鴉
- 黑冠麻鷺
- 黃斑黑蟋蟀

音訊格式轉換程式

先將上傳的檔案做音訊格式的轉換，將聲音訊號重新取樣為44.1KHz，16-bit單聲道wav檔格式，儲存作為樣本，目前支援常見的多媒體格式共38種。

轉檔程式支援格式：38種

- Raw files in various binary formats
- Raw textual data
- Amiga Ssvx files
- Apple/SGIAIFF files
- SUN .au files
- PCM, u-law, A-law
- G7xx ADPCM files (read only)
- mutant DEC .au files
- NeXT .snd files
- AVR files
- CDDA (Compact Disc Digital Audio format)
- CVS and VMS files (continuous variable slope)
- LPC-10 files
- Macintosh HCOM files
- Amiga MAUD files
- AMR-WB & AMR-NB
- MP3
- MP4, AAC, AC3, WAVPACK, AMR-NB files
- AVI, WMV, Ogg Theora, MPEG video files
- Ogg Vorbis files
- FLAC files
- IRCAM SoundFile files
- NIST SPHERE files
- Turtle beach SampleVision files
- Sounder & Soundtool (DOS) files

- Dialogic/OKI ADPCM files (.VOX)
- Microsoft .WAV files
- PCM, u-law, A-law
- MSADPCM, IMA ADPCM
- GSM
- RIFX (big endian)
- WavPack files
- Psion (palmtop) A-law WVE files and Record voice notes
- Maxis XA Audio files
- EA ADPCM (read support only, for now)
- HTK files
- Grandstream ring-tone files
- GSM files
- Yamaha TX-16W sampler files
- SoundBlaster .VOC files

訊號前處理

將上傳後的聲音樣本經由小波轉換濾波器去除雜訊。

小波轉換(Wavelet threshold)濾波器

- 小波轉換函數(Wavelet threshold function)優點
 - 具局部性特質
 - 穩態、非穩態訊號皆適用
 - 具相位定位能力
 - 處理效率佳
 - 不需參考頻譜比對即可判別
- 小波轉換函數(Wavelet threshold function)效果
 - 消除寬頻雜訊效果大幅優於其他方法

前置去雜訊處理成果



未去雜訊前樣本時域圖

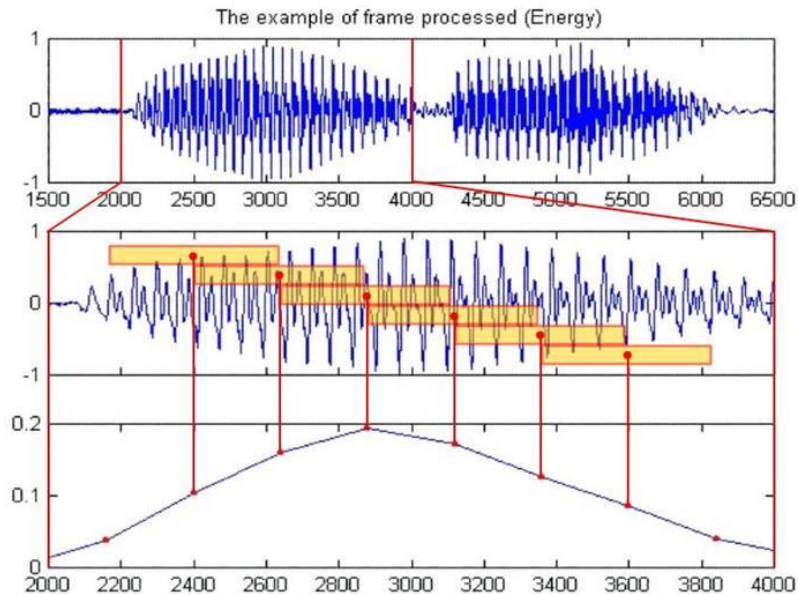


去雜訊後樣本時域圖

音節切割

將聲音訊號樣本先進行分析框處理，將其轉換為「能量參數變化圖」，再利用R-S端點偵測，判斷出特徵音節片段。

分析框處理

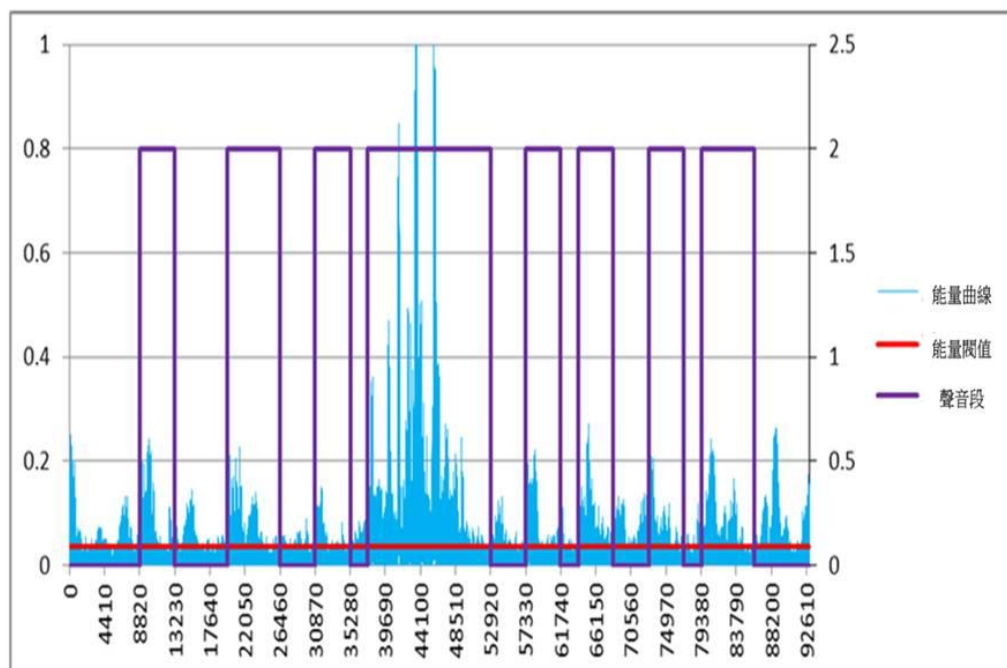


分析框參數值

- 分析框寬度的大小會影響分析的結果：
 - 分析框大，所需的計算量會相對減少，但所得的參數值差別也會變小，即訊號隨時間觀察的特性不易觀察
 - 分析框小，會因使用的取樣點很少，容易受訊號突然變化的影響，較不具代表性且會使系統的計算量變大
- 目前選用的分析框：漢明框(hamming window)
- 寬度：20ms

R-S端點偵測法 (Rabiner & Sambur method)

- 利用訊號的能量(Energy)曲線與越零率(Zero-crossing rate)曲線，來判斷有聲段訊號的端點所在之處
- R-S端點偵測法優點
綜合兩種曲線圖配合閾值進行交互比對，可避免因訊號雜訊干擾嚴重時，導致單一曲線圖發生誤判的狀況



特徵萃取(MFCC)

將轉檔、前處理、音節切割後所取的特徵音節片段，經預強調、音框化、漢明窗、快速傅利葉轉換、三角帶通濾波器、離散餘弦轉換六個步驟，轉化成MFCC特徵值(維度23)，做為辨識核心特徵參數。

MFCC (Mel-Cepstrum Coefficients)

- 當音節中每個音框的梅爾倒頻譜參數取得後，將每個音框的梅爾倒頻譜參數作為音節的梅爾倒頻譜參數，音節的12個梅爾倒頻譜參數計算方法如下：

$$C^i(L) = \frac{1}{Y^i} \sum_{j=1}^Y C_j^i(L)$$

C^i 表示聲音樣本中第*i*個音節的梅爾倒頻譜參數

C_j^i 表示聲音樣本中第*i*個音節的第*j*個音框的梅爾倒頻譜參數

Y^i 表示第*i*音節中音框的總數； $L=1\sim12$

採取MFCC的原因

- 辨識效能極高
- 系統反應能在短時間完成
- 具鑑別性、能夠很方便地計算兩個音節間的差異
- 不易受到外界環境雜訊的干擾
- 音節的頻譜資訊能以符合人耳聽覺特性的方式表現出來

決策樹分類

包含氣溫、水溫、海拔、濕度、月份及棲地分析等資料，並利用重要特性資料，建構決策樹，以縮短之後分群的判斷時間、降低誤判率。

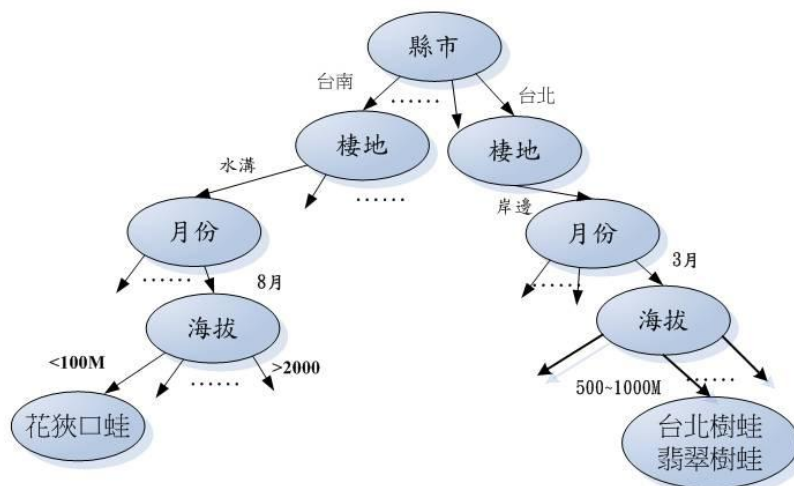
夜行性動物群聚特性資料庫

- 共33物種，47格欄位

frog_id	name	name_binomial_first	name_binomial_last	elevation_low	elevation_hi	airte
1	小箭蛙	Microhyla	fissipes	0	942	
2	中國樹蛙	Hyla	chinensis	5	945	
3	巴氏小箭蛙	Microhyla	butleri	50	416	
4	日本樹蛙	Buergeria	japonica	0	1255	
5	牛蛙	Rana	catesbeiana	7	599	
6	古氏赤蛙	Limnonectes	kuhlii	7	1000	
7	史丹青氏小箭蛙	Micryletta	inomata	27	450	
8	台北赤蛙	Rana	taipehensis	4	312	
9	台北樹蛙	Rhacophorus	taipeianus	7	942	
10	白腹樹蛙	Polypedates	megacephalus	9	1340	
11	艾氏樹蛙	Kurixalus	eiffingeri	25	2320	
12	拉祜喇氏赤蛙	Rana	latouchii	5	1350	
13	花狹口蛙	Kaloula	pulchra	50	54	
14	虎皮蛙	Hoplobatrachus	rugulosa	3	483	
15	金線蛙	Rana	plancyi	5	1053	
16	長腳赤蛙	Rana	longicrus	11	1162	
17	墨天樹蛙	Kurixalus	idiootocus	4	1187	
18	海蛙	Fejervarya	cancrivora	4	12	
19	寶隆氏赤蛙	Rana	guentheri	3	921	

夜行性動物群聚特性資料

Decision Tree



模糊格推論(FLR)分類

利用所建構的「聲音樣本模型資料庫」做為訓練樣本，定義出各物種聲音特徵之規則，再輔以決策樹做為測試樣本物種分類之依歸。

模糊格推論(FLR)分類 Fuzzy lattice reasoning classifier

- FLR優點
 - 適用於完備格和非完備格
 - 假設可調非線性(S型…等)以及正線性評價函數
 - 增量的能力
 - 超越超立方體的可調式歸納的潛力
 - 粒狀計算的能力
 - 處理遺失資料的能力
 - 適用於超出 R^N 到一般的格網的資料結構
 - 運算快速

夜行性動物聲音辨識平台使用說明

林務局青蛙聲音辨識系統

《林務局青蛙聲音辨識系統》--Version 1.0

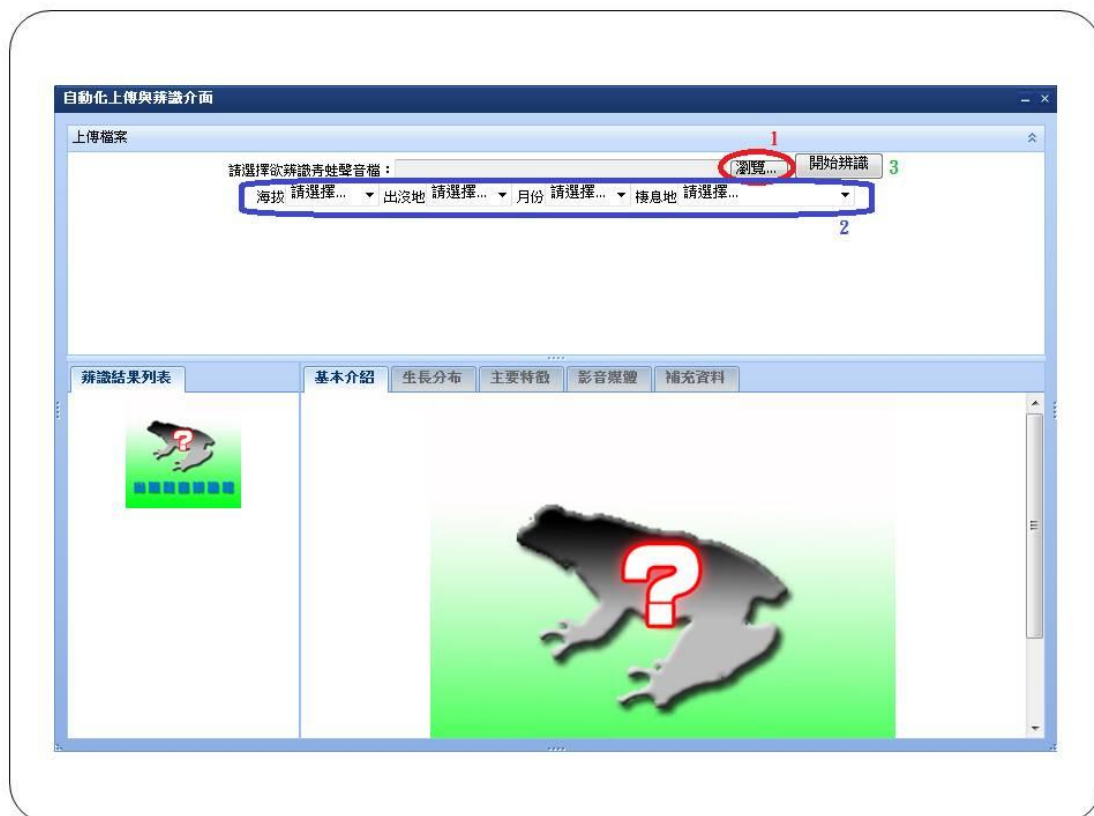
辨識 詳細使用說明

科名	學名	中文名稱	地域分布	備註
山椒魚科	<i>Hynobius arisanensis</i>	阿里山山椒魚	分布於台灣阿里山及玉山山系，海拔一千八百至三千六百...	特有種 保育種(2008)
山椒魚科	<i>Hynobius formosanus</i>	台灣山椒魚	It is an endemic and protected species in Taiwan, their...	特有種 保育種(2008)
山椒魚科	<i>Hynobius fuca</i>	觀霧山椒魚	It is an endemic and protected species in Taiwan, distri...	特有種 保育種(2008)
山椒魚科	<i>Hynobius glacialis</i>	南湖山椒魚	分布於雪山山脈西北部，海拔一千三百至一千七百公尺處。...	特有種 保育種(2008)
山椒魚科	<i>Hynobius sonani</i>	楚南氏山椒魚	It is an endemic and protected species in Taiwan, distri...	特有種 保育種(2008)
赤蛙科	<i>Rana latouchii</i>	拉都希氏赤蛙	廣泛分布於全島平地、中低海拔山區	
赤蛙科	<i>Hoplobatrachus rugulosus</i>	虎皮蛙	<i>Rana latouchii</i> is a common species widely distributed i...	
赤蛙科	<i>Rana plancyi</i>	金線蛙	分佈於台灣、中國南部、泰國等地	保育種(2008)
赤蛙科	<i>Rana taipehensis</i>	台北赤蛙	<i>Rana rugulosa</i> is distributed in farmlands and plains.	保育種(2008)
赤蛙科	<i>Limnonectes kuhlii</i>	古氏赤蛙	廣泛分布於中國東部、台灣及韓國。	
赤蛙科	<i>Rana catesbeiana</i>	牛蛙	零散分布於北部及南部低海拔山區及平地的草澤。	外來種
赤蛙科	<i>Rana longicrus</i>	長腳赤蛙	<i>Rana kuhlii</i> is a common species occurred in lowlands.	
			<i>Rana catesbeiana</i> is an introduced species living in plain...	
			零散分布於中北部山區，數量逐漸減少中。	
			<i>Rana longicrus</i> is distributed in northern and central Tai...	

國立東華大學 最後更新日期: 2009/12/15

生態與環境教育所 楊懿如副教授 青蛙學堂與研究團隊 蛙聲與相關資料提供

資訊科學系兼學習科技研究所 黃振榮教授 Applied of Machine Intelligence Laboratory (AMIL)實驗室製作與維護





附件三. 參考文獻

針對動物聲音辨識及樣本建模相關演算法進行文獻蒐集，藉由本實驗室在機器學習、及資料探勘的專長，研擬出適合在夜行性動物聲音辨識的方法，相關參考文獻如下：

- [1] Rolf Bardeli, "Similarity Search in Animal Sound Databases," *IEEE TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA*, VOL. 11, NO. 1, Jan. 2009.
- [2] Chang-Hsing Lee, Chin-Chuan Han and Ching-Chien Chuang, "Automatic Classification of Bird Species From Their Sound Using Two-Dimensional Cepstral Coefficients," *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol.16, no.8, pp.1541–1550, Nov. 2008.
- [3] Huang, C.-J., Yang, Y.-J., Yang, D.X., Chen, Y.J. & Wei, H.-Y. Realization of an Intelligent Frog Call Identification Agent, *Lecture Notes in Computer Science*. 4953 93-102 (EI) NSC 96-2628-E-026-001-MY3, 2008
- [4] Huang, C.-J., Yang, Y.J., Yang, D.X. and Chen, Y.J. Frog Classification Using Machine Learning Techniques, *Expert Systems with Applications*. 36 (2) 3737-3743 (SCI, EI) IF:2.596 (NSC 95-2221-E-026-001), 2009
- [5] Huang, C.-J., Yang, Y.J., Yang, D.X. and Chen, Y.J. Applications of Data Mining Techniques to Automatic Frog Identification, *Applied Artificial Intelligence*. 23 (7) 553-569 (SCIE) IF:0.795 (NSC 96-2628-E-026-001-MY3 and 96-FM-02.1-P-19(2)) , 2009
- [6] Huang, C.-J., Liao, J.J., Hsu, P.A., Yang Y.J., Yang, D.X., and Chen, Y.J., Developing the Identification System for Anuran Vocalizations, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*. 6(10) 4421-4433 (SCI, EI) IF:2.791 (NSC 96-2628-E-026-001-MY3 and NSC 98-2220-E-259-003), 2010
- [7] C. K. Catchpole and P. J. B. Slater, Bird Song: Biological Themes and Variations. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 1995.
- [8] S. E. Anderson, A. S. Dave, and D. Margoliash, "Template-based automatic recognition of birdsong syllables from continuous recordings," *J. Acoust. Soc. Amer.*, vol. 100, no. 2, pp. 1209–1219, Aug. 1996.
- [9] J. Kogan and D. Margoliash, "Automated recognition of bird song elements from continuous recordings using dynamic time warping and hidden Markov models: A comparative study," *J. Acoust. Soc. Amer.*, vol. 103, no. 4, pp. 2187–2196, Apr. 1998.
- [10] A.L. McIlraith and H. C. Card, "Birdsong recognition with DSP and neural networks," in Proc. *IEEE Conf. Commun., Power, Comput.*, vol. 2, pp. 409–414, 1995.

- [11] A.L. McIlraith and H. C. Card, "A comparison of backpropagation and statistical classifiers for bird identification," in *Proc. IEEE Int. Conf. Neural Netw.*, vol. 1, pp. 100–104, 1997.
- [12] A.L. McIlraith and H. C. Card, "Birdsong recognition using backpropagation and multivariate statistics," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol.45, no. 11, pp. 2740–2748, Nov. 1997.
- [13] A.L. McIlraith and H. C. Card, "Bird song identification using artificial neural networks and statistical analysis," in *Proc. Can. Conf. Elect. Comput. Eng.*, vol. 1, pp. 63–66, 1997.
- [14] Tyagi H, Hegde RM, Murthy RHA, Prabhakar A. Automatic identification of birdcalls using spectral ensemble average voiceprints. In: *Proceedings of the 13th European signal processing conference, Florence, Italy*; p. 1–5, 2006.
- [15] Erika Vilches, Ivan A. Escobar, Edgar E. Vallejo, Charles E. Taylor. Data Mining Applied to Acoustic Bird Species Recognition. In *Proceedings of ICPR (3)*, pp.400~403, 2006.
- [16] A. Härmä and P. Somervuo, "Classification of the harmonic structure in bird vocalization," in *Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Process.*, vol. 5, pp. 701–704, 2004.
- [17] P. Somervuo and A. Härmä, "Bird song recognition based on syllable pair histograms," in *Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Process.*, vol. 5, pp. 825–828, 2004.
- [18] P. Somervuo, A. Härmä, and S. Fagerlund, "Parametric representations of bird sounds for automatic species recognition," *IEEE Trans. Audio, Speech, Language Process.*, vol. 14, no. 6, pp. 2252–2263, Nov. 2006.
- [19] D. Mitrovic and M. Zeppelzauer, "Discrimination and retrieval of animal sounds," In *Proceedings of the IEEE Multimedia Modelling Conference (accepted)*, 2006.
- [20] Guodong Guo and Stan Z. Li, "Content-Based Audio Classification and Retrieval by Support Vector Machines" *IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS*, VOL. 14, NO. 1, January 2003
- [21] D.A. Reynolds and R. C. Rose, "Robust Text-Independent Speaker Identification Using Gaussian Mixture Models," *IEEE Trans. Speech and Audio Processing*, vol. 3, no. 1, pp. 72-83. January. 1995.
- [22] Samuel C. Lee, Edward T. Lee "Fuzzy Neural Networks" *Mathematical Biosciences*, Volume 23, Issues 1-2, Pages 151-177, Feb. 1975.
- [23] L.F.Lamel and L.R. Rabiner, "An Improved Endpoint Detector for Isolated Word Recognition," *IEEE Trans on ASSP*, Vol.29, No.4, pp 777-785, Aug. 1981.

- [24] A. Hussain, S.A. Samad and L.B. Fah, "Endpoint Detection of Speech Signal using Neural Network," *IEEE Trans on ASSP*, pp 271-274. 2000.
- [25] V.G. Kaburlasos, I.N. Athanasiadis and P.A. Mitkas, Fuzzy lattice reasoning (FLR) classifier and its application for ambient ozone estimation, *International Journal of Approximate Reasoning* 45, pp. 152–188. 2005.
- [26] H. Ishibuchi, T. Nakashima, T. Murata, Performance evaluation of fuzzy classifier systems for multidimensional pattern classification problems, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part B* 29 (5) 601–618. 1999.
- [27] J.-S.R. Jang, C.-T. Sun, Neuro-fuzzy modeling and control, *Proceedings of the IEEE* 83 (3) 378–406. 1995.
- [28] V.G. Kaburlasos, A. Kehagias, Novel fuzzy inference system (FIS) analysis and design based on lattice theory, Part I: *Working principles*, *International Journal of General Systems* 35 (1) 45–67. 2006.
- [29] J.C. Platt "Sequential Minimal Optimization: A Fast Algorithm for Training Support Vector Machines" *Microsoft Research*. 1998.
- [30] L. Zanni, Thomas Serafin, Gaetano Zanghirat, "Parallel Software for Training Large Scale Support Vector Machines on Multiprocessor System" *Journal of Machine Learning Research* 7, 1467–1492. 2007.
- [31] C.C. Chang, C.J. Li "LIBSVM: A Library for Support Vector Machines" *Journal ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)* Volume 2 Issue 3. April 2011.