

救護車鳴笛聲辨識方法

連思斌	王文聖	廖俊鑑
朝陽科技大學	朝陽科技大學	朝陽科技大學
資訊與通訊系	資訊與通訊系	資訊與通訊系
s9730602@cyut.edu.tw	s9830606@cyut.edu.tw	jjliaw@cyut.edu.tw

摘要

在本論文中，我們將利用支持向量機(Support Vector Machine)方法於救護車鳴笛聲之辨識，用以判別是否為救護車鳴笛時所發出的高、低頻特徵訊號以實現救護車鳴笛聲辨識系統。首先，在整個辨識流程中將分為訓練過程與識別過程，在訓練過程中，我們是藉由萃取乾淨的救護車鳴笛聲進行訓練，將此訊號經過音框處理、快速傅利葉轉換及濾波等步驟分別濾出救護車高頻頻率 900Hz 至 1000Hz 與低頻頻率 650Hz 至 750Hz，並以這個高、低頻頻率做為聲音訊號的特徵，在將此特徵資料結合支持向量機方法，即可得到一個分類模型。接著，在識別過程中，當電腦收到聲音訊號時，我們藉由訓練過程中所得到的分類模型判斷，即可判別此訊號是否為救護車所發出的鳴笛訊號，最後並在我們的實驗中顯示，當救護車距離我們辨識系統 40 公尺處的情況下，此系統依然有達到 95% 的辨識準確率。

關鍵詞：救護車鳴笛聲、支持向量機、音框處理、快速傅利葉轉換、濾波。

Abstract

In this paper, we use the Support Vector Machine(SVM) method of recognition the ambulance siren, and used to determine whether the high and low frequency characteristics of ambulance signal to achieve an ambulance siren sound recognition system. Firstly, in recognition process will be divided into the training process and the identification process, in training process, we extracting the clean sound of ambulance siren, and the signal through frame processing, fast fourier transform and band-pass filters, respectively, filter the high frequency of 900Hz to 1000 Hz and low frequency of 650Hz to 750Hz, and use the signal of high frequency and low frequency as the voice characteristics combined with Support Vector Machine to get a classification model. Then, in identification

process that the computer receives of an ambulance siren signal, we judge by classification model to determine the signal whether of the ambulance siren signal. Finally, in our experiments show that an ambulance distance of 40 meter, the system still has 95% recognition accuracy.

Keywords: Support Vector Machine, ambulance siren sound, frame processing, fast fourier transform, filter.

1. 緒論

在日常生活中，當我們開車時常常可以遇到救護車穿梭在大街小巷中，且一般人在聽到救護車鳴笛聲時，第一反應都知道需禮讓救護車先行，但偏偏很多情況下會因外在與內在環境因素的影響，常常阻礙到救護車所需行經的路線，而通常這種情況特別容易發生在交通繁雜的車陣中，如上下班時段或是較熱鬧區域中汽、機車及廣告宣傳車等車輛所發出的噪音。且現今的汽車講求內裝氣密、安靜及舒適效果，加上國人在開車時會有收聽音樂、廣播或接聽電話的習慣，因此在車窗關閉的情況下，幾乎已完全杜絕車外的聲音，在當注意到有救護車時，大都是已經距離自己很近，且無法在第一時間當下做出讓道的動作，進而延誤到救護車緊急救護的寶貴時間。

綜合上述外在與內在環境因素影響，我們認為並非是駕駛員不想讓路給救護車先行，而是在沒有聽到救護車鳴笛聲的情況下未讓路給救護車先行。因此，我們希望若能夠讓駕駛者在耳朵聽到救護車鳴笛聲之前，藉由此救護車鳴笛聲辨識系統提醒車內的駕駛者「有救護車靠近」，如此一來，便可使駕駛者有更充分的時間提早因應及準備，以不阻礙救護車的救援。

本論文將分為五章節，第一章節為緒論，主要描述本篇論文的研究動機及目的。第二章節將對本論文中所提及方法的相關文獻做說

明及探討。第三章節則針對本論文所提出的救護車鳴笛辨識系統進行詳細的說明。第四章節將說明本論文實驗後所得知之辨識結果。最後，第五章節為結論，將針對本論文提出方法進行一個總結，並於最後附上參考文獻。

2. 文獻探討

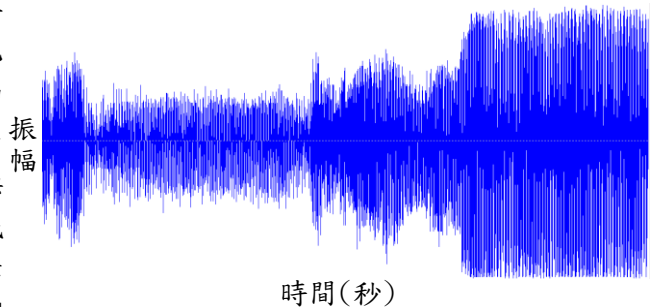
本論文針對救護車鳴笛聲做為我們所要辨識的目標，然而，從事相關方面的研究文獻我們找到由 Beritelli 等人[1]提出的緊急工程車輛鳴笛聲辨識系統，該篇文章所辨識的目標包含警車、拖吊車、消防車等工程車輛所發出的緊急鳴笛聲。在方法部分，作者將收到的鳴笛訊號利用快速傅利葉轉換[2]將時域資料轉換為頻域資料後，在以線性預估編碼方式將頻域資料轉換為由 0 跟 1 所組成的結果，並將此結果經梅爾倒頻譜系數(Mel Frequency Cepstral Coefficients, MFCCs)處理後，來萃取每段音框中的聲音特徵參數，接著在使用類神經網路[3][4]做 Pattern Matching 以達到辨識緊急工程車輛鳴笛聲的效果。不過，在文中作者是使用梅爾倒頻譜系數及類神經網路進行分析辨識，但這樣的方式會有運算時間長且運算過程複雜等缺點存在。因此，在本論文中我們使用支持向量機(Support Vector Machine)的分類方法來進行救護車鳴笛聲辨識，該方法的優點在於就算輸入的資料點有成千上萬個，但在最後也只需少數個關鍵資料點即可產生最佳分類超平面，並藉由最佳分類超平面與決策函式的判斷，可明確的辨識出兩類別資料的歸屬，且支持向量機還能夠得到一個灰色地帶，並將錯誤的資料全部集中於灰色地帶中，以便程式做捨棄的動作。該方法是由貝爾實驗室研究人員 Vapnik 等人所創立[5]，且因支持向量機在處理分類[6][7][8][9]與預測方面的問題上皆比其它傳統分類器的效果都來的好[10][11][12]，因此，該方法也廣泛地被許多學者所採用。

3. 研究方法

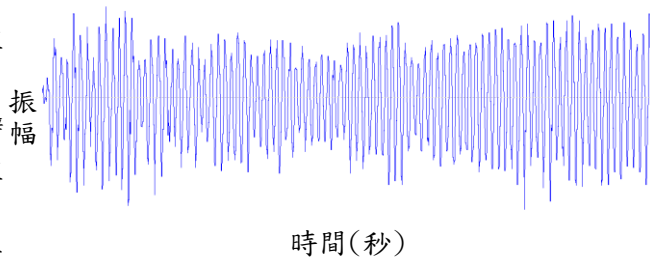
3.1 音框處理

圖一為實驗中我們所使用的救護車鳴笛訊號，訊號長度為 10 秒，首先，若我們直接將這整段救護車鳴笛訊號做處理的話，雖然可

以獲得較多的聲音資訊來做更精確的分析。不過在處理的過程中，由於此訊號的資料量大，所以相對的也需耗費較多的運算時間，另一方面，我們希望此辨識系統能具有較接近即時判斷的效果，因此我們利用切割音框(Taking frame)的方法，將救護車鳴笛聲訊號做短時距處理(Short time processing)，把這一連續的訊號以每 0.1 秒的訊號長度切割成一段一段的音框，如圖二所示，來進行以下步驟的聲音特徵參數擷取。



圖一：救護車鳴笛訊號，訊號長度 10 秒



圖二：救護車鳴笛訊號，訊號長度 0.1 秒

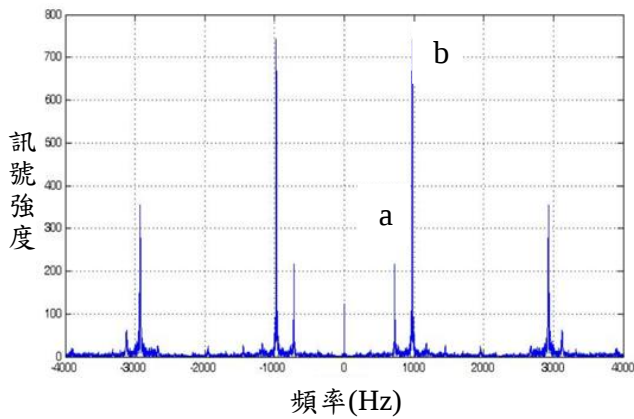
3.2 快速傅利葉轉換

接著，將剛剛所得到的各個音框資料，利用快速傅利葉轉換(Fast Fourier Transform)[2]，將時域資料轉換為頻域資料，以便擷取救護車鳴笛訊號中我們所要的頻率特徵。

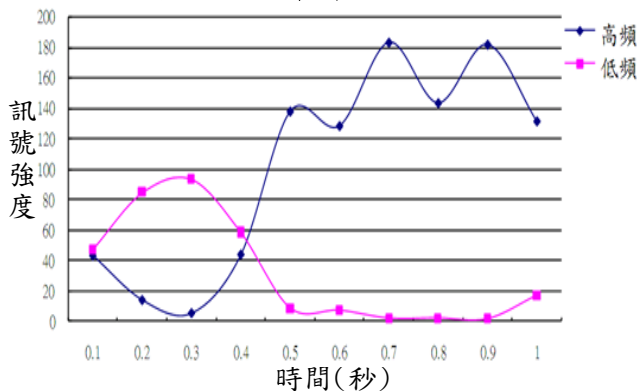
3.3 濾波

根據「內政部災害緊急應變警報訊號之規範」，救護車鳴笛訊號以低頻頻率 650Hz 至 750Hz，持續時間 0.4 秒，高頻頻率 900Hz 至 1000Hz，持續時間 0.6 秒，高、低頻兩者交替進行。因此我們利用這項特性，使用帶通濾波器(Band Pass Filter, BPF)，將訊號的低頻資訊與高頻資訊範圍濾出，如圖三所示，此救護車鳴笛聲的錄製地點為台中縣大里市仁愛醫院(國光路二段與東榮路交叉口)，此訊號的取樣頻率為 8kHz，圖一中 a 所指的為救護車鳴笛訊號低頻的訊號強度，而 b 所指的為救護車鳴笛訊號高頻的訊號強度，我們可發現在這兩段頻帶中

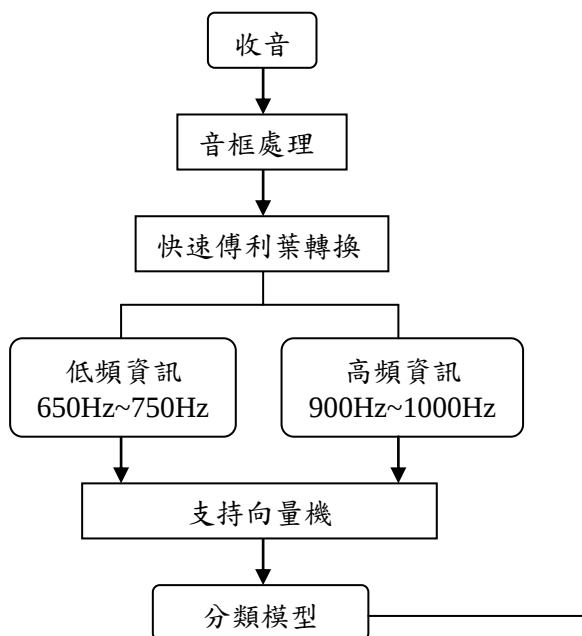
，訊號的強度會特別明顯，因此我們將它做為救護車鳴笛訊號的特徵，並且依照其鳴笛聲高、低頻持續時間之規範，整理出高、低頻在時間軸上的訊號強度分佈圖，如圖四所示。



圖三：救護車鳴笛訊號頻譜圖



圖四：救護車鳴笛訊號長度為一秒的高、低頻分佈圖

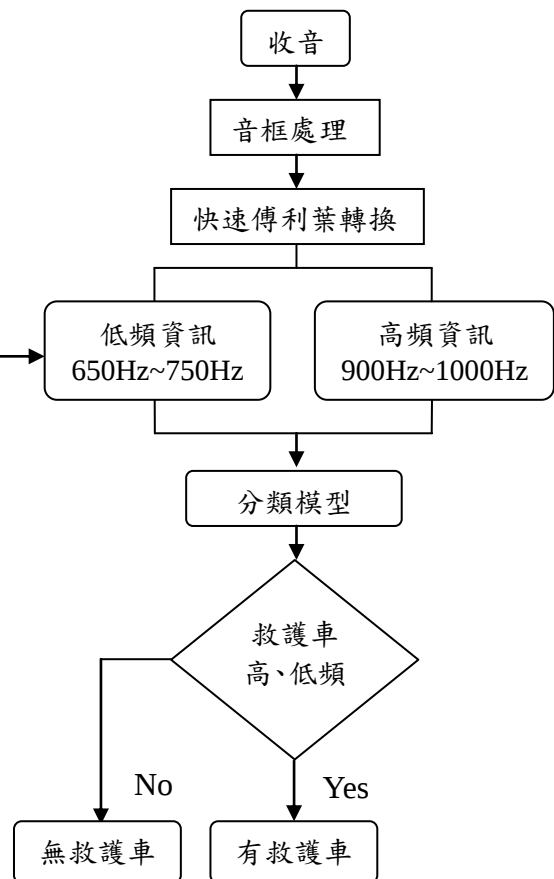


圖五(一)：支持向量機訓練過程

3.4 支持向量機

在支持向量機之訓練階段中，如圖五(一)所示，我們是使用乾淨的救護車聲音檔經上述步驟分析後，將所得到的高頻資料與低頻資料結合支持向量機方法做計算，即可產生分類模型中我們所求得的最佳分類超平面。接著在辨識的過程中，如圖五(二)，當我們麥克風收到救護車鳴笛訊號時，對於要辨識聲音訊號的前置處理皆與訓練過程相同，唯一不同的地方是訊號在經由音框處理、快速傅利葉轉換及濾波等步驟分析後，再藉由分類模型判斷式來判別我們所輸入的聲音資料是否為救護車的高、低頻資料，最後，經判斷後若此訊號與救護車所發出的高、低頻訊號相符時，則表示此訊號為救護車所發出的鳴笛訊號，若不相符則表示此訊號並非為救護車所發出的鳴笛訊號。

利用支持向量機於救護車鳴笛聲辨識架構圖，如圖五所示，圖五(一)為支持向量機訓練過程，圖五(二)為支持向量機辨識過程。

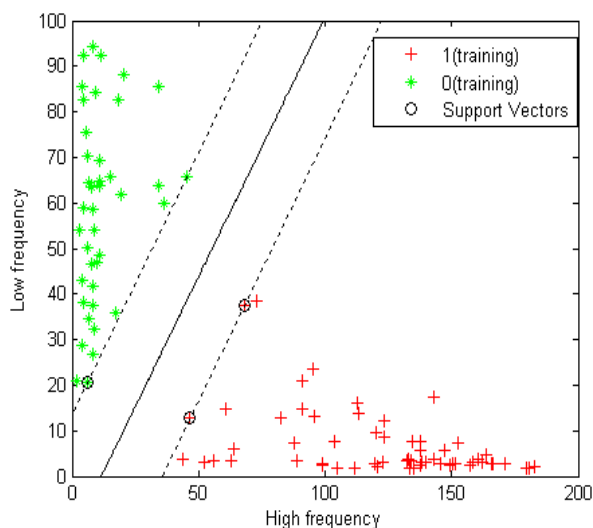


圖五(二)：支持向量機辨識過程

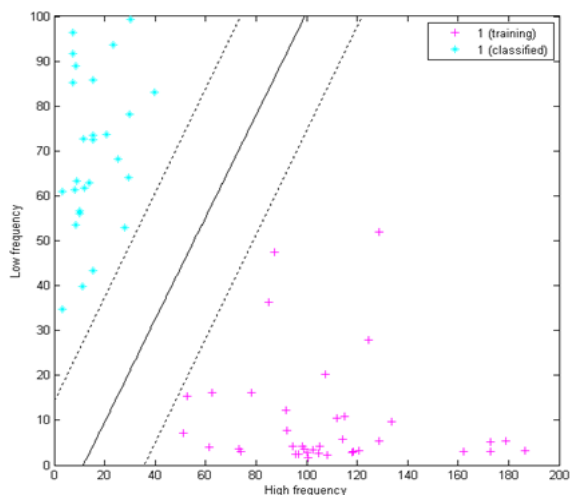
圖五：救護車鳴笛聲辨識架構圖

4. 實驗結果

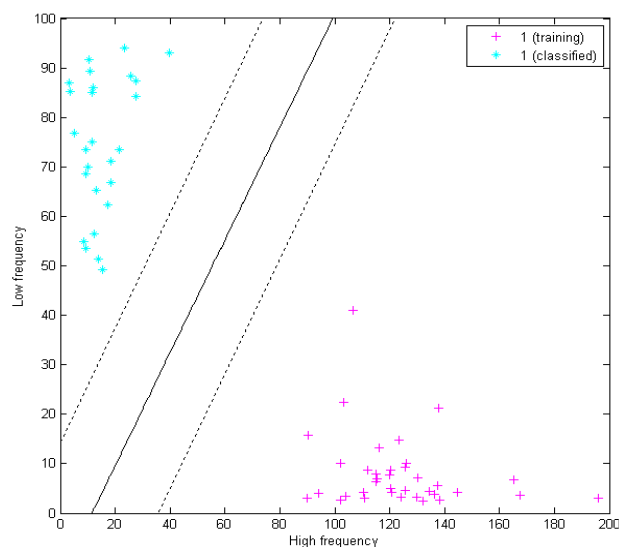
我們在實際道路上錄製三種不同背景環境下救護車所發出的鳴笛聲音，並做為我們實驗分析所用，第一種環境為在救護車旁錄音，以取得乾淨且清晰的救護車鳴笛聲做為實驗中支持向量機訓練的資料；第二種環境為在道路上所錄製的救護車鳴笛聲，其收音距離分別為 20 公尺、30 公尺、40 公尺、50 公尺以及 60 公尺，藉由不同的收音距離觀察汽、機車與救護車所發出的鳴笛聲同時存在時的辨識準確率；第三種環境為單純的汽、機車聲音，並無救護車鳴笛聲。圖六為乾淨的救護車鳴笛聲訓練結果，圖七至圖十三為我們在道路上根據不同收音距離(5 公尺、10 公尺、25 公尺、30 公尺、40 公尺、50 公尺以及 60 公尺)所得到的救護車鳴笛聲辨識結果。圖十四為僅有汽、機車等雜音，並無救護車鳴笛聲辨識結果。



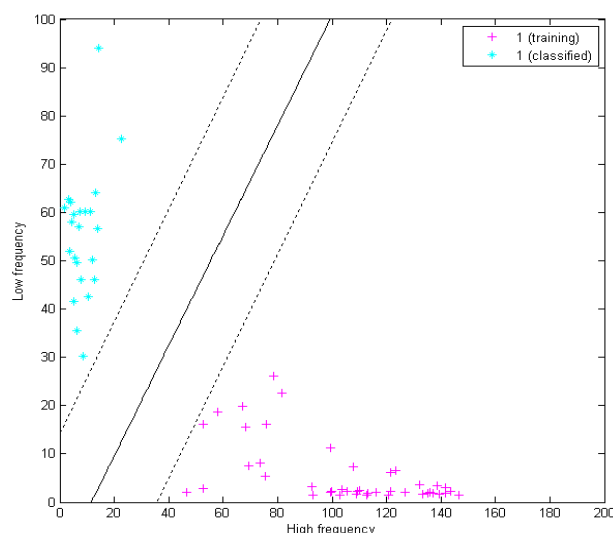
圖六：乾淨的救護車鳴笛聲訓練結果



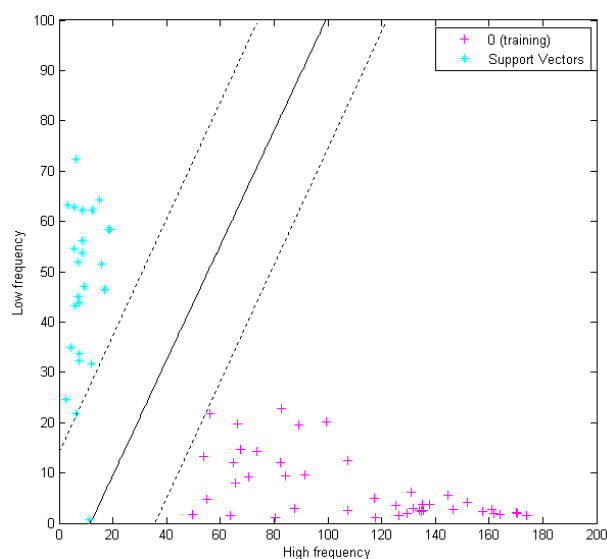
圖七：距離 5 公尺之救護車鳴笛聲辨識結果



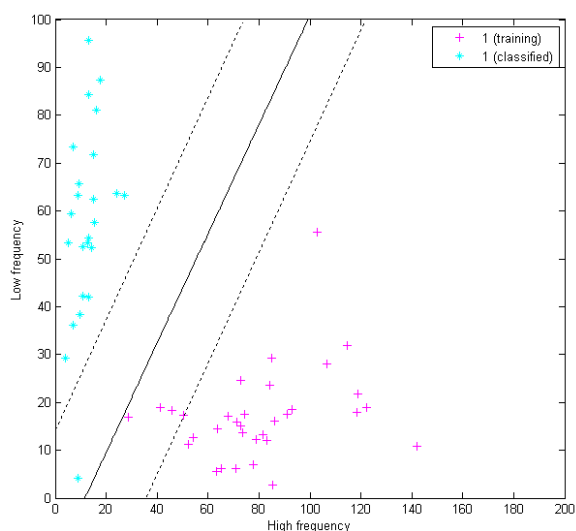
圖八：距離 10 公尺之救護車鳴笛聲辨識結果



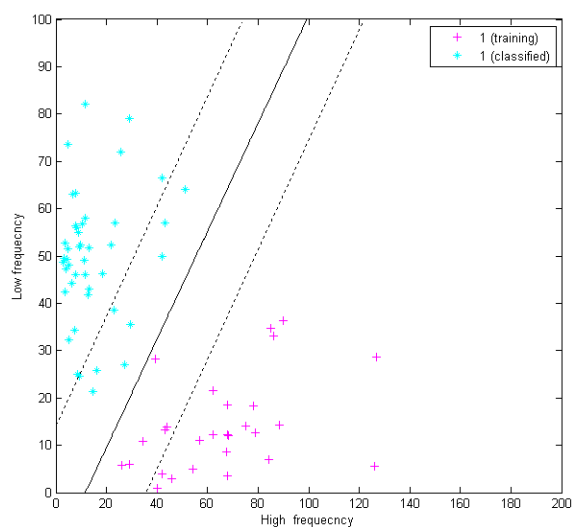
圖九：距離 25 公尺之救護車鳴笛聲辨識結果



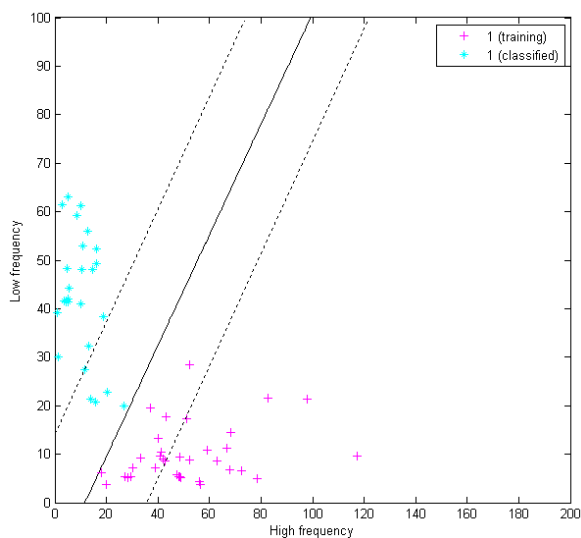
圖十：距離 30 公尺之救護車鳴笛聲辨識結果



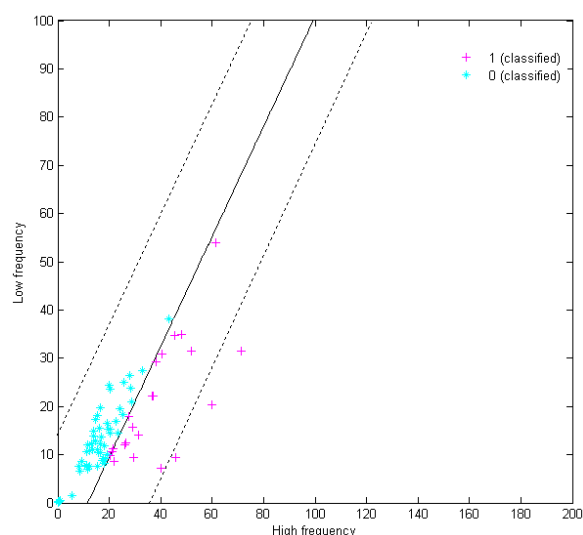
圖十一：距離 40 公尺之救護車鳴笛聲
辨識結果



圖十二：距離 50 公尺之救護車鳴笛聲
辨識結果



圖十三：距離 60 公尺之救護車鳴笛聲
辨識結果



圖十四：單純汽、機車雜音辨識結果

由以上實驗結果可得知，當輸入的資料點經支持向量機計算後，會自動產生平行於兩條支持超平面的最佳分類超平面，並藉由超平面的分類，可將非救護車高、低頻頻率的資料歸類於兩支持超平面區域中，以便程式做捨棄的動作，來得到更精確的辨識結果。表一為我們實驗中在道路上所測得的辨識結果。其救護車鳴笛聲離我們收音距離最近為 5 公尺，最遠為 60 公尺，並依照其收音距離的遠近，分別計算出各距離下的救護車鳴笛聲辨識準確率，準確率的算法如下所示：

$$\frac{(\text{辨識正確數量} - \text{辨識錯誤數量})}{\text{辨識正確數量}} \times 100\%$$

表一：不同距離下的救護車辨識準確率

距離(公尺)	準確率(%)
5	100
10	100
25	100
30	99
40	95
50	86
60	79

5. 結論

本論文提出利用支持向量機方法來辨識是否為救護車所發出的鳴笛聲，在整個辨識過程中將分為訓練過程及識別過程。在訓練過程中，我們藉由擷取一段乾淨且清晰的救護車鳴笛聲來進行訓練，並將這段訊號以每 0.1 秒的訊號長度為切割成一段一段的音框，再將各段音框經快速傅利葉轉換及濾波等動作，從中擷取出我們所需的高、低頻資料，並將此資料做為支持向量機訓練的樣本，而後所產生的分類模型即可用來辨識救護車聲音。在當收到聲音訊號時，經上述前置處理後，將所得之資料輸入至支持向量機做計算，分類出此訊號的高、低頻類別，若經程式判別後不屬於任何一個類別時，則將資料歸類於兩條虛線中間的區域，以便程式做忽略的動作，藉由此辨識結果來確認是否有無救護車的出現。

參考文獻

- [1]. F. Beritelli, S. Casale, A. Russo, and S. Serrano, "An Automatic Emergency Signal Recognition System for The Hearing Impaired," in *Proceedings of 12th Digital Signal Processing Workshop and 4th Signal Processing Education Workshop*, Jackson Lake Lodge Grand Teton National Park, Wyoming, U.S.A., Sept. 2006, pp. 179-182.
- [2]. J. W. Cooley and J. W. Tukey, "An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series," *Mathematics Computation*, Vol. 19, April 1965, pp. 297-301.
- [3]. A.K. Jain, Jianchang Mao, and K.M. Mohiuddin, "Artificial neural networks: a tutorial," *Computer*, vol. 29, no. 3, pp. 31-44, March 1996.
- [4]. *Neural Networks Toolbox*, User's guide Mathworks.
- [5]. V. Vapnik, S. Golowich, and A. J. Smola, "Support vector method for function approximation, regression estimation, and signal processing," in *Proceedings of the 9th Neural Information Processing Systems*, Denver, Colorado, U.S.A., Dec. 1997, pp. 281-287.
- [6]. C. J. C. Burges, "A tutorial on support vector machines for pattern recognition," *Journal of Data Mining and Knowledge Discovery*, Vol. 2, No. 2, 1998, pp. 121-167.
- [7]. G. Fung, O. L. Mangasarian, and J. Shavlik, "Knowledge-based support vector machine classifiers," in *Proceedings of the 14th Neural Information Processing*, Cornell University, New York, U.S.A., Dec. 2002, pp. 213-221.
- [8]. T. Joachims, "Text categorization with support vector machines: learning with many relevant features," in *Proceedings of 10th European Conference on Machine Learning*, Chemnitz, Germany, Apr. 1998, pp. 137-142.
- [9]. K. Crammer and Y. Singer, "On the learnability and design of output codes for multiclass problems," in *Proceedings of Computational Learning Theory*, Stanford University, California, U.S.A., Jun, 2000, pp. 35-46.
- [10]. M. A. Hearst, "Support vector machines," *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 13, No. 4, Janu. 1998, pp. 18-28.
- [11]. T. Joachims, "A statistical learning model of text classification with support vector machines," In *Proceedings of 24th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, New Orleans, U.S.A., Sept. 2001, pp. 128-136.
- [12]. T. Joachims, *Learning to Classify Text Using Support Vector Machines*. Kluwer academic Publishers, Massachusetts, 2001.