

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：95135118

※ 申請日期：95.9.22

※IPC 分類：G10G15/00, 15/08

一、發明名稱：(中文/英文)

智慧型引擎音訊診斷系統及其方法

INTELLIGENT ENGINE NOISE DIAGNOSTIC SYSTEM AND
DIAGNOSTIC METHOD THEREOF

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學/NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY

代表人：(中文/英文)(簽章)張俊彥/CHANG CHUN-YEN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

300 新竹市大學路 1001 號

No. 1001 Dasyue Road, Hsinchu, Taiwan, R.O.C.

國 籍：(中文/英文) 中華民國/TW

電話：03-5131443

傳真：03-5131441

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

白明憲/BAI MINGSIAN R

陳孟君/CHEN MENG-CHUN

吳建達/WU JIAN-DA

國 籍：(中文/英文)

中華民國/TW

中華民國/TW

中華民國/TW

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

一種智慧型引擎音訊診斷系統及其方法，利用一訊號接收裝置接收一引擎聲音訊號，並藉由一特徵擷取裝置自引擎聲音訊號擷取出複數個特徵參數，並利用一智慧型分類裝置將取出之特徵參數進行分類以產生複數個診斷結果，最後將診斷結果顯示於一輸出裝置上。其中特徵參數包括頻域上之特徵、時域上之特徵及統計上之特徵，且配合多種智慧型分類技術能更有效自動診斷引擎故障類別。

六、英文發明摘要：

An intelligent engine noise diagnostic system and the diagnostic method thereof are disclosed herein. A signal-receiving device is utilized to receive an engine signal, and a plurality of feature parameters can be extracted from the engine signal by a feature-extracting device. And then these feature parameters can be classified into one of a plurality of diagnostic results by an intelligent-classifying device. Finally, the diagnostic result is shown in an output device. These feature parameters aforementioned can be classified into three types: frequency-domain features, time-domain features, and statistical features, and multiple intelligent-classifying technologies can be utilized to effectively and automatically diagnose the fault type of the engine.

七、指定代表圖：

(一)、本案代表圖為：第 1A 圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

10	智慧型引擎音訊診斷系統
20	訊號接收裝置
30	特徵擷取裝置
40	智慧型分類裝置
50	輸出裝置

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種聲音診斷系統，特別是一種智慧型引擎音訊診斷系統及其方法。

【先前技術】

傳統上，汽、機車修護工作係基於人工經驗來檢視及排除故障。此方法須依靠修護人員豐富的修護經驗，而修護人員養成不易且人工判斷的方式也難免會有誤差。隨著現代科技進步，今日引擎之故障檢修皆以電腦診斷方式進行，唯此方式對於因機件異常所產生之噪音訊號無法判斷。

習知一種利用爆發噪聲診斷內燃機失火故障的方法，透過高壓進油管壓力信號的分析，將爆發噪聲信號以內燃機一個工作循環為週期分割成多段信號。採用多重採樣技術，使分段信號長度一致並保證在時域上對齊。用等高線圖法對分段信號進行能量面積分析以診斷出多缸失火故障及失火氣缸位置。

另一種基於小波(wavelet)和模糊聚類(fuzzy C-clusters)分析的連桿軸承故障的噪聲診斷方法於 2005 年被提出。此方法根據發動機故障時變、非平穩的特點，運用小波對發動機噪聲信號進行特徵擷取並削減了背景噪聲的影響。選取時域上五個參數作為評價故障的特徵指標。並透過對模糊聚類理論方法的分析比較，引入模糊 C-聚類劃分理論及方法對噪聲信號的指標樣本進行分類。

在分類技術上，習知類神經網路(Artificial Neural Networks algorithm)或隱藏式馬可夫模型(Hidden Markov Models algorithm)等分類法常用於語音、影像方面之辨識，如

玩具、小字彙辨識系統、汽車電話的語音辨識系統或光學文字辨識系統(optical character recognition, OCR)等，然，若是所擷取的特徵值不能充分表現該訊號之特徵，所分類出來的效果及分類成功之比例亦是有限。

惟，上述所提及之習知技術大多都是各別在頻域上或時域上擷取訊號的特徵值，其係無法充分表現出聲音的特性，故容易造成辨識系統的誤判。

【發明內容】

鑒於上述問題，本發明目的之一係提供一種智慧型引擎音訊診斷系統及其方法，利用擷取多種不同種類之特徵參數，能更全面性表現聲音之特徵，以增加辨識成功機率。

本發明目的之一係提供一種智慧型引擎音訊診斷系統及其方法，利用智慧型分類方法進行系統的辨識訓練，藉由不斷新增的訓練資料，更能增加分類的準確度。

本發明目的之一係提供一種智慧型引擎音訊診斷系統及其方法，能在一般引擎故障檢修範圍之外，及早發現其他機件異常現象。

本發明目的之一係提供一種智慧型引擎音訊診斷系統及其方法，能自動且有效率地診斷引擎故障聲音的來源，以協助修護人員進行機械的維修工作。

本發明目的之一係提供一種智慧型引擎音訊診斷系統及其方法，自動診斷引擎故障聲音的類別，亦可有效減少修護人員之維修時間。

為了達到上述目的，本發明一實施例之一種智慧型引擎音訊診斷系統，包括：一訊號接收裝置，係接收一引擎聲音訊號；

一特徵擷取裝置，係與訊號接收裝置連接，並自引擎聲音訊號中擷取複數個特徵參數，其中特徵參數係包含一頻域上之特徵、一時域上之特徵及一統計上之特徵；一智慧型分類裝置，係與特徵擷取裝置連接，並利用一智慧型分類法將引擎聲音訊號分類至複數個診斷結果其中之一；以及一輸出裝置，係與智慧型分類裝置連接，並將診斷結果顯示於輸出裝置上。

為了達到上述目的，本發明另一實施例之一種智慧型引擎音訊診斷方法，包括：取得一引擎聲音訊號；擷取複數個特徵參數，其中特徵參數之種類包含一頻域上之特徵、一時域上之特徵及一統計上之特徵；分類特徵參數，其係利用一智慧型分類法運算得之，其中智慧型分類法係將引擎聲音訊號分類至複數個診斷結果其中之一；以及輸出診斷結果。

底下藉由具體實施例配合所附的圖式詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

【實施方式】

本發明提供一種智慧型引擎音訊診斷系統及其診斷方法，用以自動且有效地診斷引擎故障的來源。其詳細說明如下，所述較佳實施例僅做一說明非用以限定本發明。

第 1A 圖所示為根據本發明智慧型引擎音訊診斷系統一實施例之方塊圖。如圖所示，智慧型引擎音訊診斷系統 10 包括：一訊號接收裝置 20，係接收一引擎聲音訊號，其中訊號接收裝置 20 包括收音裝置；一特徵擷取裝置 30，係與訊號接收裝置 20 連接，並自引擎聲音訊號中擷取複數個特徵參數，於一實施例中，特徵參數係包括 MPEG-7(Motion Picture Experts Group-7)的音訊描述子(audio feature descriptor)；一智慧型分類裝置 40，係與特徵擷取裝置 30 連接，並利用一智慧型分類

法依據特徵參數將引擎聲音訊號分類至複數個診斷結果其中之一；以及一輸出裝置 50，係與智慧型分類裝置 40 連接，並將診斷結果顯示於輸出裝置 50 上。於一實施例中，輸出裝置 50 包括一圖形使用者介面(graphical user interface, GUI)裝置以顯示其診斷結果，其中診斷結果係包括引擎故障類別，例如：引擎爆震、失火及進氣歧管漏氣...等，又於一實施例中，診斷結果更可包括故障種類的相關圖表、預更換的零組件類別與其他硬體相關資料等，以輔助修護人員進行修護作業；而圖形使用者介面裝置係由一計算機，例如個人電腦，配合圖形使用者介面軟體所構成。

接續上述說明，於一實施例中，所擷取的特徵參數之類型分別包括一頻域上之特徵、一時域上之特徵及一統計上之特徵。其中頻域上之特徵係利用計算引擎聲音訊號之短時傅立葉轉換(Short Time Fourier Transform, STFT)得之；而時域之特徵係利用計算引擎聲音訊號之波形(waveform)得之；另，統計之特徵係利用一統計方法計算得之。

於一實施例中，為去除多餘雜訊、更有效地組織資料、減少資料運算中異常發生的可能性，以及改善資料的一致性，更包括一訊號前處理裝置 60(如第 1B 圖所示)與特徵擷取裝置 30 及智慧型分類裝置 40 連接，以於特徵參數送入智慧型分類裝置 40 之前，正規化(normalized)這些特徵參數到-1 至 1 的區間。於又一實施例中，上述智慧型分類裝置 40 中包括使用類神經網路演算法(Artificial Neural Networks algorithm)、模糊類神經網路演算法(Fuzzy Neural Networks algorithm)、最近鄰居法則(Nearest Neighbor Rule algorithm)、隱藏式馬可夫模型演算法(Hidden Markov Models algorithm)與以上至少任一演算法之組合。此外，可於比較上述智慧型分類法後將一較佳分類結果輸出於輸出裝置 50 上，亦或是，將所有診斷結果顯示於輸

出裝置 50 以供修護人員參考。

第 2 圖所示為根據本發明智慧型引擎音訊診斷方法一實施例之步驟流程圖。如圖所示，首先，取得一引擎聲音訊號 S10；接著，由所取得之引擎聲音訊號中擷取複數個特徵參數 S20，其中所擷取的特徵參數之類型分別包括一頻域上之特徵、一時域上之特徵及一統計上之特徵，且特徵參數中包括 MPEG-7 的音訊描述子，致使其能較全方面表現聲音的特性；再來，分類特徵參數 S30，其係利用一智慧型分類法運算得之，其中智慧型分類法係依據特徵參數之特徵將引擎聲音訊號分類至複數個診斷結果其中之一；最後，輸出診斷結果 S40。

接續上述說明，於此實施例中，MPEG-7 音訊描述子中包括了十七種音色(timbral)及頻譜(spectral)方面的描述子，他們可被聚類為六個群組，此處，使用了其中三個群組內的描述子來作為此方法特徵參數的取樣方法，其中這三個群組分別為 Timbral temporal, Timbral Spectral 及 Basic Spectral，他們包括了頻域(frequency domain)以及時域(time domain)上的特徵。除此之外，其他非 MPEG-7 音訊描述子之擷取方法，如其為頻域上之特徵，其係利用計算引擎聲音訊號之短時傅立葉轉換得之，例如線性預估編碼(Linear Predictive Coding, LPC)方法或梅爾頻率倒頻譜係數(Mel-scale Frequency Cepstral Coefficients, MFCC)方法求得；而如其為時域上之特徵，其係利用計算引擎聲音訊號之波形得之，例如計算過零率(zero-crossing rate, ZCR)；另，統計上之特徵係利用一統計方法計算得之，其中統計方法包括計算資料的偏態值(Skewness)與峰度值(Kurtosis)。因此，於此實施例中，使用了十九種特徵擷取方法，其分別包括頻域上之特徵，時域上之特徵與統計上之特徵。其中頻域上之特徵包括線性預期編碼(Linear Predictive Coding, LPC)、梅爾倒頻譜係數(Mel-scale

Frequency Cepstral Coefficients, MFCC)、響度 (loudness)、音高 (pitch)、自相關 (autocorrelation)、音訊頻譜重心 (Audio Spectrum Centroid)、音訊頻譜由重心決定的程度 (Audio Spectrum Spread)、音訊頻譜平坦程度 (Audio Spectrum Flatness)、音訊頻譜波封 (Audio Spectrum Envelope)、諧音頻譜重心 (Harmonic Spectral Centroid)、諧音頻譜偏差 (Harmonic Spectral Deviation)、諧音頻譜重心決定的程度 (Harmonic Spectral Spread) 及諧音頻譜變異 (Harmonic Spectral Variation)；時域上之特徵包括對數出擊時間 (log attack time)、節拍重心 (Temporal Centroid) 及過零率 (Zero Crossing Rate)；而統計上之特徵使用了偏態值 (skewness) 及峰度值 (kurtosis) 的計算。其中，上述特徵擷取方法可以在特徵擷取裝置 30 內完成。

於一實施例中，請參考第 1B 圖及第 2 圖，在特徵參數送入智慧型分類裝置 40 之前，更包括正規化這些特徵參數到 -1 至 1 的區間以減少資料運算中異常發生的可能性。又於一實施例中，若所擷取的特徵參數過多致使其特徵空間過大，更包括由已擷取的特徵參數中選取部分有效的特徵或減少其特徵空間 (feature space) 的維度 (dimension) 的步驟。其中，由已擷取的特徵參數中選取部分有效的特徵之方法，包括循序前傳選取 (sequential forward selection, SFS) 方法；而減少其特徵空間維度之方法，包括主成份分析 (principle component analysis, PCA) 方法。於一實施例中，上述步驟皆可在訊號前處理裝置 60 中處理完成後，再將訊號傳送至智慧型分類裝置 40 中。

接續上述說明，在經過特徵參數擷取步驟之後，我們進行分類特徵參數 S30 的步驟，於此實施例中，智慧型分類法包括了一資料訓練步驟，其中資料訓練步驟包括建立複數個故障類別模組。在不斷輸入相異的已知引擎聲音訊號，經由重複上述

步驟(S10, S20, S30 及 S40), 智慧型分類裝置 40 內會建立多種故障類別模組, 待訓練完成後的智慧型分類裝置 40 即具有分類功能, 此後再將待測引擎聲音訊號輸入, 智慧型分類裝置 40 便能辨別出待測引擎聲音訊號的故障類別。

上述智慧型分類法包括使用類神經網路演算法、模糊類神經網路演算法、最近鄰居法則、隱藏式馬可夫模型演算法與以上至少任一演算法之組合, 以下即分別針對這四種智慧型分類法應用於資料訓練步驟做一描述。

第 3 圖所示為根據本發明第一實施例之智慧型分類法之架構圖。類神經網路是用來模仿生物神經網路的資訊處理系統, 而生物神經網路是由大約 10^{11} 的神經元所組成, 當這些神經元互相連接起來時, 就能用來處理資訊並對外的輸入來做回應。於本實施例中, 即利用類神經網路演算法當作智慧型分類法, 其詳細說明如下。如圖所示, 我們使用的類神經網路分為三層, 第一層為輸入層, 第二層為隱藏層, 以及第三層是輸出層。其中輸入層可輸入已正規化/或未正規化的特徵參數, 即 $X_1, \dots, X_i, \dots, X_{N_x}$, 經過不同權重加權後, 可以得到中間的隱藏層, 即 $Z_1, \dots, Z_h, \dots, Z_{N_z}$, 隱藏層在經過不同權重的加權後可以得到輸出值, 即 $Y_1, \dots, Y_o, \dots, Y_{N_y}$, 輸出值和目標值的差係用來調整權重值, 直到輸出和所設定的目標值相近才停止類神經網路的訓練。

第 4 圖所示為根據本發明第二實施例之智慧型分類法之架構圖。於此實施例中, 使用模糊類神經網路演算法作為智慧型分類法, 其中模糊類神經網路演算法係結合模糊理論及神經網路, 其描述如下。此處之模糊類神經網路分五層, 第一層為輸入層, 第二層為歸屬度函數層, 第三層為規則層, 第四層為隱藏層, 以及第五層是輸出層。其中輸入層(第一層)可輸入已

正規化/或未正規化之特徵參數，即 $X_1, \dots, X_i, \dots, X_{N_x}$ ，經過高斯歸屬度函數模糊化後，可得到歸屬度函數層(第二層)，歸屬度函數層(第二層)再透過規則化後得到規則層(第三層)，規則層(第三層)經由不同權重加權後可得到隱藏層(第四層)，即 $Z_1, \dots, Z_h, \dots, Z_{N_z}$ ，而隱藏層(第四層)在經由不同權重加權後得到輸出值，即 $Y_1, \dots, Y_o, \dots, Y_{N_y}$ 。輸出值和目標值的差係用來調整權重值，直到輸出和所設定的目標值相近才停止模糊類神經網路的訓練。

第 5 圖所示為根據本發明第三實施例之智慧型分類法之架構圖。此實施例中，使用最近鄰居演算法。如圖所示，其資料訓練步驟包括將已知訓練訊號經過擷取特徵參數(S20)及正規化(S50)步驟後，標示出類別(S60)。再將待測訊號輸入此已訓練之系統。首先，擷取待測訊號之特徵參數(S20)並對其正規化(S50)，爾後，再計算這些待測訊號與已知訓練訊號的相似度，即距離，此處係計算其之歐基里得距離(S62)。利用此運算出之距離將待測訊號歸類至和它最接近點的同一類別(S64)。

第 6 圖所示為根據本發明第四實施例之智慧型分類法之架構圖。此實施例中，使用隱藏馬可夫模型演算法，其為一雙重隨機程序，包括一狀態觀測機率與一觀測序列，其中觀測序列表示每一個狀態下觀測到的各種聲音特徵參數的機率分布。如圖所示，首先將已知訓練訊號輸入，並擷取其特徵參數(S20)且正規化這些特徵參數(S50)，其中觀測序列即是我們所擷取到的特徵參數，再來，利用波氏演算法(Baum-Welch method)估算出每種故障模型(S70)，再將所有故障模型整理成一資料庫(S72)，即完成資料訓練。當須辨識一待測訊號時，首先，先進行特徵擷取與正規化步驟(S20 及 S50)，接著，再將待測訊號的特徵參數當作是新的觀測序列，利用維特比演算

法(Viterbi Algorithm)計算出狀態觀測序列(S74)，最後計算資料庫中各種故障模型得到此觀測序列的機率(S76)，機率最大的就是最適合描述此觀測序列的模型。

依據上述，本發明的特徵之一係擷取包括頻域上之特徵、時域上之特徵加上統計上之特徵，採用了十九種特徵擷取方法，更能全方位表現聲音之特性；此外，利用多種智慧型分類方法，經由不斷訓練資料以更新故障類別種類，可有效辨別引擎故障聲音，以取代傳統由人工檢視故障的方法。

綜合上述，本發明係提供一種智慧型引擎音訊診斷系統及其方法，利用擷取多種不同種類之特徵參數，能更全面性表現聲音之特徵，以增加辨識成功機率。又，利用智慧型分類方法進行系統的辨識訓練，藉由不斷新增的訓練資料，更能增加分類的準確度。此外，能在一般引擎故障檢修範圍之外，及早發現其他機件異常現象。更者，能自動且有效率地診斷引擎故障聲音的來源，以協助修護人員進行機械的維修工作，亦可有效減少修護人員之維修時間。

以上所述之實施例僅係為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第 1A 圖所示為根據本發明智慧型引擎音訊診斷系統一實施例之方塊圖。

第 1B 圖所示為根據本發明智慧型引擎音訊診斷系統又一實施例之方塊圖。

第 2 圖所示為根據本發明智慧型引擎音訊診斷方法一實施例之步驟流程圖。

第 3 圖所示為根據本發明第一實施例之智慧型分類法之架構圖。

第 4 圖所示為根據本發明第二實施例之智慧型分類法之架構圖。

第 5 圖所示為根據本發明第三實施例之智慧型分類法之架構圖。

第 6 圖所示為根據本發明第四實施例之智慧型分類法之架構圖。

【主要元件符號說明】

10	智慧型引擎音訊診斷系統
20	訊號接收裝置
30	特徵擷取裝置
40	智慧型分類裝置
50	輸出裝置
60	訊號前處理裝置
S10	取得一引擎聲音訊號
S20	擷取複數個特徵參數
S30	分類特徵參數
S40	輸出診斷結果
S50	正規化
S60	標示類別
S62	計算相似度
S64	歸類至和它最接近點的另一類別
S70	建立故障模型
S72	建立資料庫
S74	計算狀態觀測序列
S76	計算資料庫中各種故障模型得到此觀測序列的機率

十、申請專利範圍：

1. 一種智慧型引擎音訊診斷系統，包含：
 - 一訊號接收裝置，係接收一引擎聲音訊號；
 - 一特徵擷取裝置，係與該訊號接收裝置連接，並自該引擎聲音訊號中擷取複數個特徵參數，其中該些特徵參數係包含一頻域上之特徵、一時域上之特徵及一統計上之特徵；
 - 一智慧型分類裝置，係與該特徵擷取裝置連接，並利用一智慧型分類法將該引擎聲音訊號分類至複數個診斷結果其中之一；以及
 - 一輸出裝置，係與該智慧型分類裝置連接，並將該診斷結果顯示於該輸出裝置上。
2. 如請求項 1 所述之智慧型引擎音訊診斷系統，其中該頻域上之特徵係利用計算該引擎聲音訊號之短時傅立葉轉換(Short Time Fourier Transform, STFT)得之。
3. 如請求項 1 所述之智慧型引擎音訊診斷系統，其中該時域上之特徵係利用計算該引擎聲音訊號之波形(waveform)得之。
4. 如請求項 1 所述之智慧型引擎音訊診斷系統，其中該統計之特徵係利用一統計方法計算該引擎聲音訊號得之。
5. 如請求項 1 所述之智慧型引擎音訊診斷系統，更包含一訊號前處理裝置與該特徵擷取裝置及該智慧型分類裝置連接。
6. 如請求項 1 所述之智慧型引擎音訊診斷系統，其中該智慧型分類裝置中包含使用類神經網路演算法(Artificial Neural Networks algorithm)、模糊類神經網路演算法(Fuzzy Neural Networks algorithm)、最近鄰居法則(Nearest Neighbor Rule algorithm)、隱藏式馬可夫模型演算法(Hidden Markov Models algorithm)與以上至少任一演算法之組合。
7. 如請求項 1 所述之智慧型引擎音訊診斷系統，其中該輸出裝置包含一圖形使用者介面(graphical user interface, GUI)裝置。
8. 如請求項 7 所述之智慧型引擎音訊診斷系統，其中該圖形使用者介面裝置係由一計算機配合圖形使用者介面軟體所構成。

9.如請求項 1 所述之智慧型引擎音訊診斷系統，其中該診斷結果包含故障類別。

10.一種智慧型引擎音訊診斷方法，包含：

取得一引擎聲音訊號；

擷取複數個特徵參數，其中該些特徵參數之種類包含一頻域上之特徵、一時域上之特徵及一統計上之特徵；

分類該些特徵參數，其係利用一智慧型分類法運算得之，其中該智慧型分類法係將該引擎聲音訊號分類至複數個診斷結果其中之一；以及輸出該診斷結果。

11.如請求項 10 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中該頻域上之特徵係利用計算該引擎聲音訊號之短時傅立葉轉換(Short Time Fourier Transform, STFT)得之。

12.如請求項 11 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中該頻域上之特徵包含下列特徵擷取方法：線性預期編碼 (Linear Predictive Coding, LPC)、梅爾倒頻譜係數 (Mel-scale Frequency Cepstral Coefficients, MFCC)、響度 (loudness)、音高 (pitch)、自相關 (autocorrelation)、音訊頻譜重心 (Audio Spectrum Centroid)、音訊頻譜由重心決定的程度 (Audio Spectrum Spread)、音訊頻譜平坦程度 (Audio Spectrum Flatness)、音訊頻譜波封 (Audio Spectrum Envelope)、諧音頻譜重心 (Harmonic Spectral Centroid)、諧音頻譜偏差 (Harmonic Spectral Deviation)、諧音頻譜重心決定的程度 (Harmonic Spectral Spread) 及諧音頻譜變異 (Harmonic Spectral Variation)。

13.如請求項 10 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中該時域上之特徵係利用計算該引擎聲音訊號之波形得之。

14.如請求項 13 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中該時域上之特徵包含下列特徵擷取方法：對數出擊時間 (log attack

time)、節拍重心 (Temporal Centroid) 及過零率 (Zero Crossing Rate)。

15.如請求項 10 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中該統計上之特徵係利用一統計方法計算該引擎聲音訊號得之。

16.如請求項 15 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中該統計方法包含計算該引擎聲音訊號之偏態值 (Skewness) 與峰度值 (Kurtosis)。

17.如請求項 10 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中該些特徵參數包含 MPEG-7 之音訊描述子 (audio feature descriptor)。

18.如請求項 10 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中分類該些特徵參數前，更包含正規化該些特徵參數。

19.如請求項 10 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中該智慧型分類法包含類神經網路演算法、模糊類神經網路演算法、最近鄰居法則、隱藏式馬可夫模型演算法與以上至少任一演算法之組合。

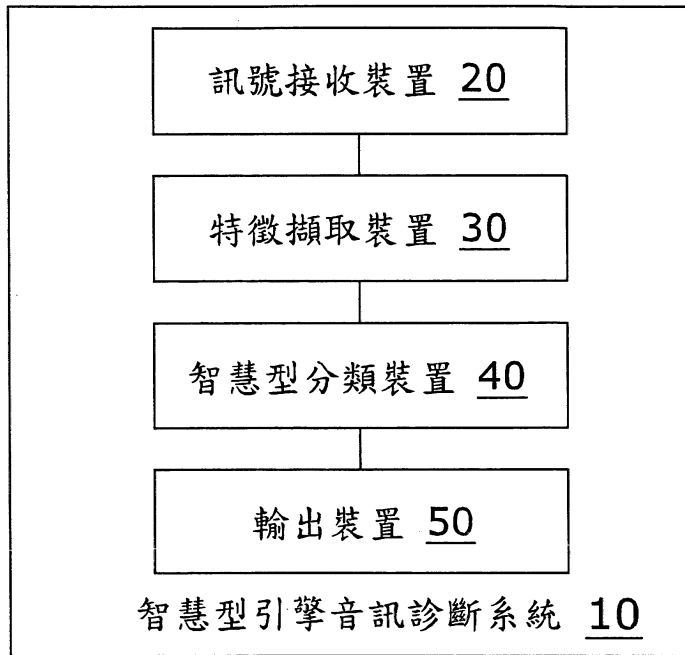
20.如請求項 10 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中該智慧型分類法包含一資料訓練步驟。

21.如請求項 20 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中該資料訓練步驟包含建立故障類別模組。

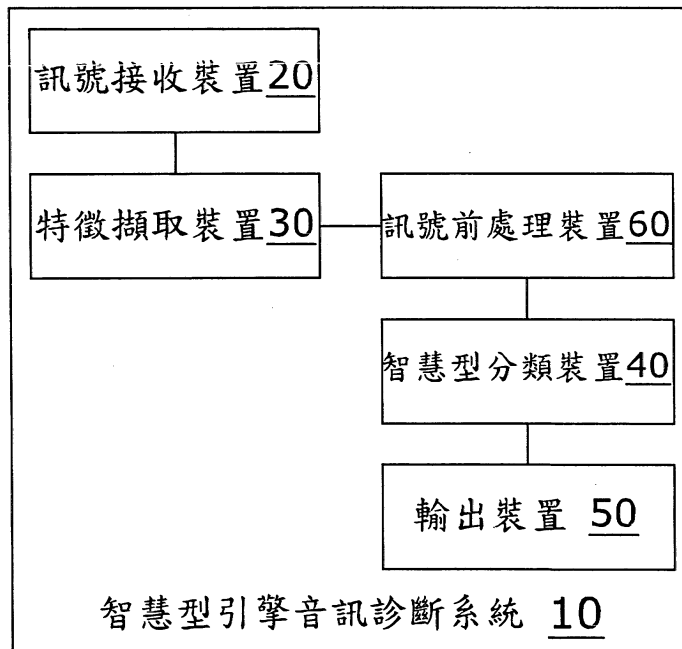
22.如請求項 10 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中若所擷取的該些特徵參數過多，更包含由已擷取的該些特徵參數中選取部分有效的特徵或減少其特徵空間 (feature space) 的維度 (dimension)。

23.如請求項 22 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中已擷取的該些特徵參數中選取部分有效的特徵之方法包含循序前傳選取 (sequential forward selection, SFS) 方法。

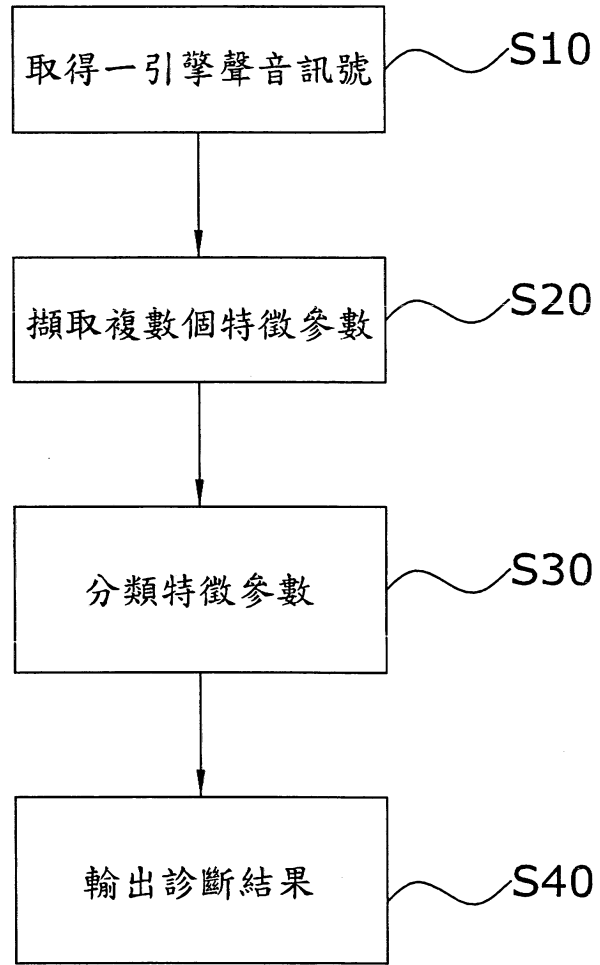
24.如請求項 22 所述之智慧型引擎音訊診斷方法，其中減少其特徵空間維度之方法包含主成份分析 (principle component analysis, PCA) 方法。



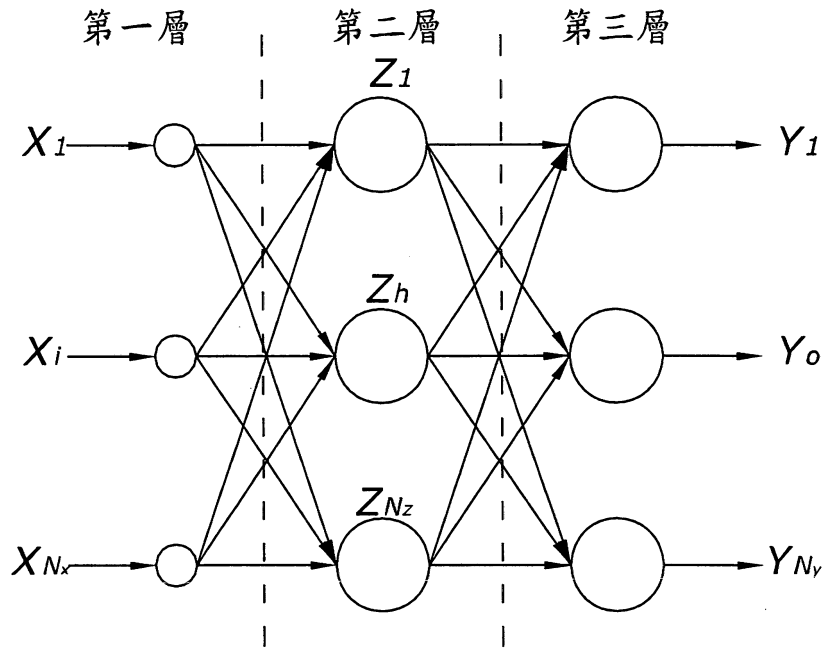
第1A圖



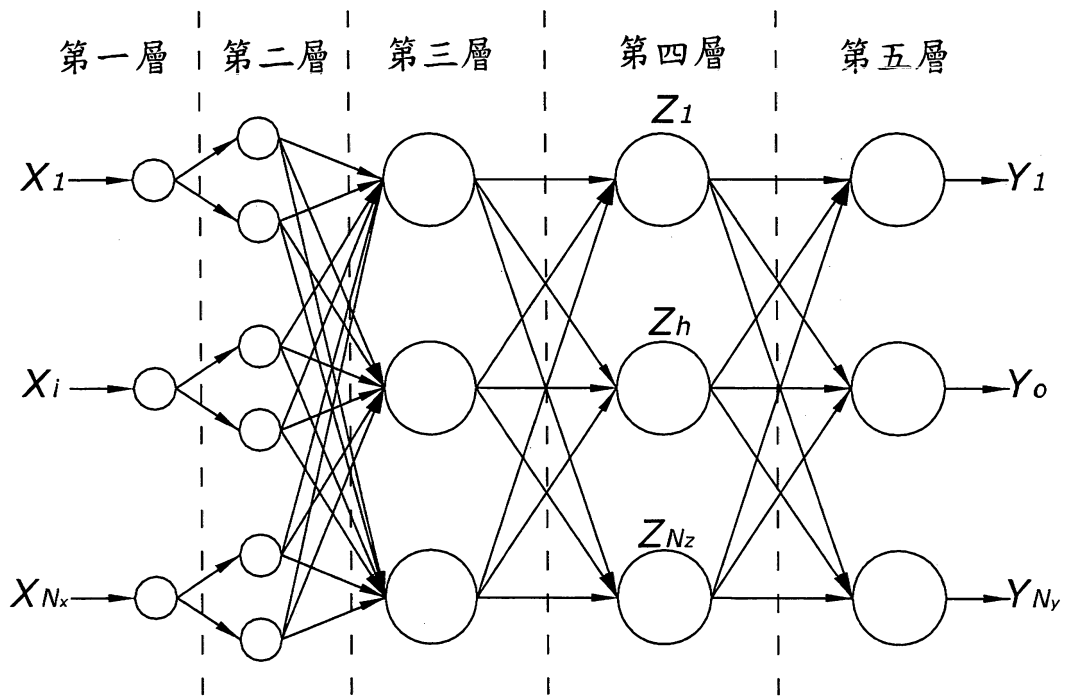
第1B圖



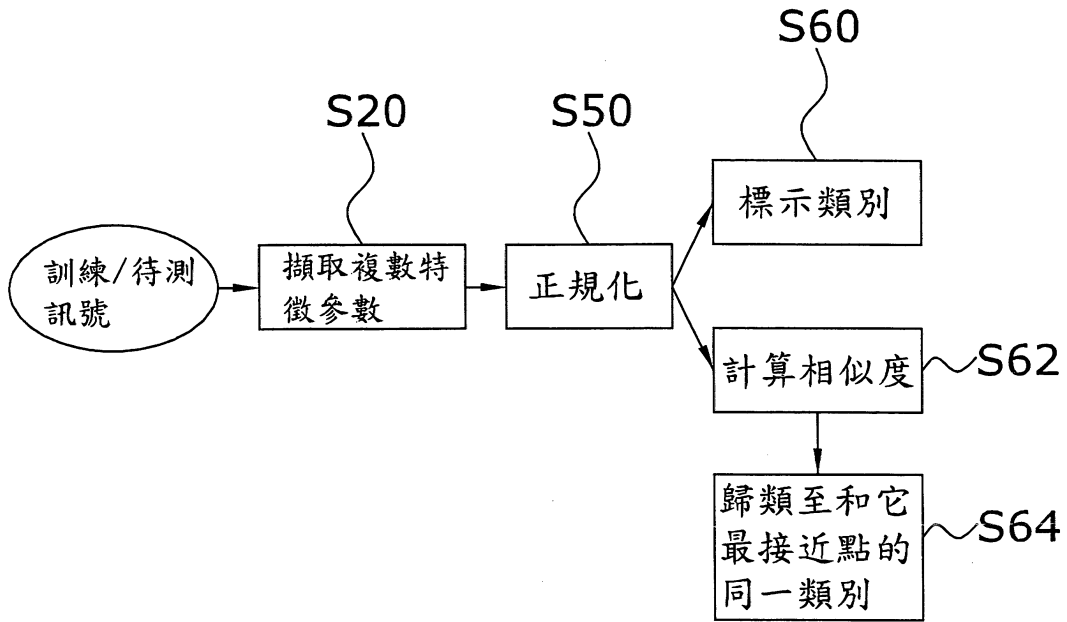
第2圖



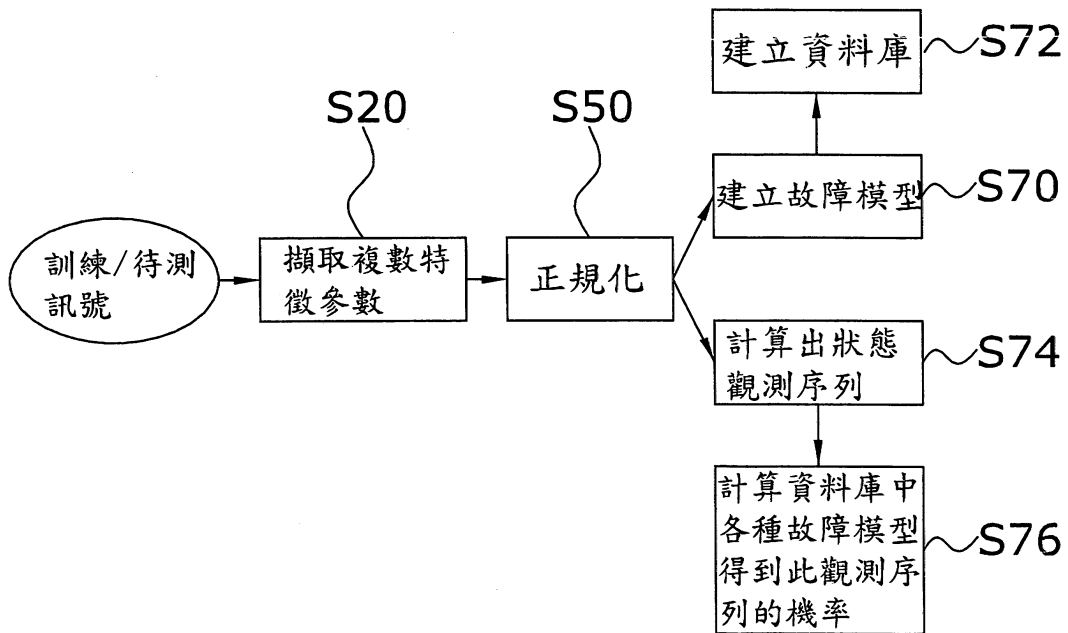
第3圖



第4圖



第5圖



第6圖