



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I549072 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 09 月 11 日

(21)申請案號：104123921 (22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 06 月 11 日  
 (51)Int. Cl. : *G06Q10/00 (2012.01)* *G01F1/34 (2006.01)*  
 (30)優先權：2009/06/11 美國 12/483,041  
 (71)申請人：華盛頓大學(美國) UNIVERSITY OF WASHINGTON (US)  
 美國  
 (72)發明人：帕特爾許衛塔克 PATEL, SHWETAK (US)；佛格提詹姆斯 FOGARTY, JAMES  
 (US)；弗勒利希喬恩 FROEHLICH, JON (US)；拉森艾瑞克 LARSON, ERIC (US)  
 (74)代理人：蔡坤財；李世章  
 (56)參考文獻：  
 TW 200717212A US 5004014  
 US 5409037 US 5441070  
 US 6273686B1 US 6860288B2  
 US 2001/0003286A1 US 2005/0067049A1  
 審查人員：廖國智  
 申請專利範圍項數：23 項 圖式數：15 共 77 頁

## (54)名稱

用於檢測液體分佈系統中影響液體流量之事件的方法、媒體、設備與系統

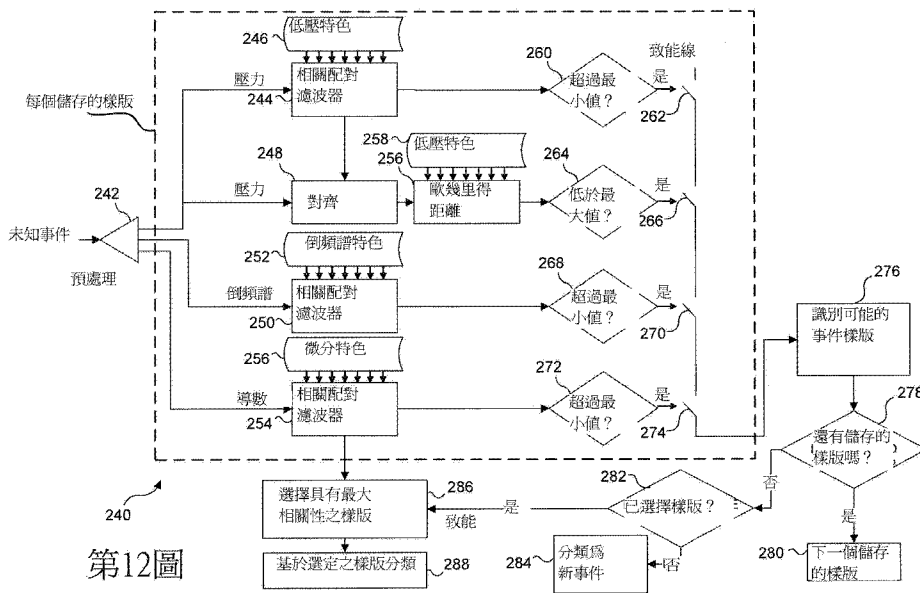
METHOD, MEDIUM, APPARATUS, AND SYSTEM FOR SENSING EVENTS AFFECTING LIQUID FLOW IN A LIQUID DISTRIBUTION SYSTEM

## (57)摘要

藉由單一感測器監視流體分佈系統中之流體的壓力暫態(transient)，可輕易的偵測到如供水設施之閥門的開啟或關閉事件。感測器可輕易的耦接至水龍頭接頭，傳輸一輸出訊號至一計算裝置。每個這種事件可被該裝置識別，基於比較壓力暫態波型的特性特色(characteristic feature)與先前在系統中觀察到之事件的特性特色。這些特性特色可包括壓力暫態波型之壓力變化、導數以及實數倒頻譜，其可用來選定閥門開啟或關閉事件發生之特定供水設施。各別供水設施之流量及系統中的滲漏亦可由壓力暫態訊號被測定。第二感測器設置在與第一感測器分開之位置點，其可提供更多的事件資訊。

By monitoring pressure transients in a liquid within a liquid distribution system using only a single sensor, events such as the opening and closing of valves at specific fixtures are readily detected. The sensor, which can readily be coupled to a faucet bib, transmits an output signal to a computing device. Each such event can be identified by the device based by comparing characteristic features of the pressure transient waveform with previously observed characteristic features for events in the system. These characteristic features, which can include the varying pressure, derivative, and real Cepstrum of the pressure transient waveform, can be used to select a specific fixture where a valve open or close event has occurred. Flow to each fixture and leaks in the system can also be determined from the pressure transient signal. A second sensor disposed at a point disparate from the first sensor provides further event information.

指定代表圖：



第12圖

符號簡單說明：

- 280、284、286、
- 288 . . . 區塊
- 260、264、268、
- 272、278、
- 282 . . . 決策區塊
- 262、266、270、
- 274 . . . 閘
- 240 . . . 流程圖
- 242 . . . 預處理器
- 244、250、
- 254 . . . 相關匹配濾波器
- 246、258 . . . 低壓特色
- 248 . . . 對齊區塊
- 252 . . . 倒頻譜特色
- 256 . . . 導數特色
- 256 . . . 歐幾里得距離區塊

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】用於檢測液體分佈系統中影響液體流量之事件的方法、媒體、設備與系統

公告本

【英文發明名稱】METHOD, MEDIUM, APPARATUS, AND SYSTEM FOR SENSING EVENTS AFFECTING LIQUID FLOW IN A LIQUID DISTRIBUTION SYSTEM

## 【中文】

藉由單一感測器監視流體分佈系統中之流體的壓力暫態 (transient)，可輕易的偵測到如供水設施之閥門的開啓或關閉事件。感測器可輕易的耦接至水龍頭接頭，傳輸一輸出訊號至一計算裝置。每個這種事件可被該裝置識別，基於比較壓力暫態波型的特性特色 (characteristic feature) 與先前在系統中觀察到之事件的特性特色。這些特性特色可包括壓力暫態波型之壓力變化、導數以及實數倒頻譜，其可用來選定閥門開啓或關閉事件發生之特定供水設施。各別供水設施之流量及系統中的滲漏亦可由壓力暫態訊號被測定。第二感測器設置在與第一感測器分開之位置點，其可提供更多的事件資訊。

## 【英文】

By monitoring pressure transients in a liquid within a liquid distribution system using only a single sensor, events such as the opening and closing of valves at specific fixtures are readily detected. The sensor, which can readily be coupled to a faucet bib, transmits an output signal to a computing device. Each such event can be

identified by the device based by comparing characteristic features of the pressure transient waveform with previously observed characteristic features for events in the system. These characteristic features, which can include the varying pressure, derivative, and real Cepstrum of the pressure transient waveform, can be used to select a specific fixture where a valve open or close event has occurred. Flow to each fixture and leaks in the system can also be determined from the pressure transient signal. A second sensor disposed at a point disparate from the first sensor provides further event information.

【指定代表圖】第（ 12 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

2 8 0 、 2 8 4 、 2 8 6 、 2 8 8 ： 區 塊

2 6 0 、 2 6 4 、 2 6 8 、 2 7 2 、 2 7 8 、 2 8 2 ： 決 策 區 塊

2 6 2 、 2 6 6 、 2 7 0 、 2 7 4 ： 閘

2 4 0 ： 流 程 圖

2 4 2 ： 預 處 理 器

2 4 4 、 2 5 0 、 2 5 4 ： 相 關 匹 配 濾 波 器

2 4 6 、 2 5 8 ： 低 壓 特 色

2 4 8 ： 對 齊 區 塊

2 5 2 ： 倒 頻 譜 特 色

2 5 6 ： 導 數 特 色

2 5 6 ： 歐 幾 里 得 距 離 區 塊

I549072

申請案號：104123921

原申請案號：99119181

申請日：2010年06月11日

IPC分類：

【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】用於檢測液體分佈系統中影響液體流量之事件的方法、媒體、設備與系統

【英文發明名稱】METHOD, MEDIUM, APPARATUS, AND SYSTEM FOR SENSING EVENTS AFFECTING LIQUID FLOW IN A LIQUID DISTRIBUTION SYSTEM

### 【技術領域】

【0001】本發明係關於與偵測液體分佈系統中影響液體流量之事件。

### 【先前技術】

【0002】對許多家中的活動來說，水都是必需的，例如洗滌、清潔、烹飪、飲水以及園藝。美國環境保護局(EPA)在2008年估計，在未來5年美國有36個州會面臨嚴重的缺水。除此之外，在2001年，美國水利工程協會指出，只要減少全美15%的家庭用水，就可每天節省27億加侖的水，且每年可節省超過20億美金。更雪上加霜的是，在EPA最近的估計中指出，每年有超過一兆加侖的水從美國的家庭中漏出，其為平均家庭用水之10%。漏水的原因可能是磨損的水龍頭或是馬桶閥門，也可能是裝設在生活環境中之輸水管線的滲漏。大多數的消費者除了每月(或雙月)水費帳單上所顯示的總使用量(其係基於水表上的讀數)以外，並沒有可以精確量測家中用水的機制。

此外，由於家庭中供水系統之漏水對居住者而言並不明顯，因此常常未被發現。爲了可以最佳的保存水資源及防止漏水，必需讓居住者知道在各個不同的用水活動中所消耗的水量，包括從洗一批衣服到淋浴或沖馬桶等活動。

【0003】 之前對於監控家中用水的研究得到之解決方案有許多缺陷。舉例來說，早期之方法爲將麥克風按壓在住所中特定水管（包括冷水入口、熱水入口、以及廢水排出口）的外側，以基於用水的模式（例如因洗碗機而產生的一連串注水周期）來辨識各個主要的用水活動。這種早期的技術無法可靠的分辨使用類似的供水設施的用水活動（例如有多個水槽時，開啓或關閉個別水槽的水閥；或是在一個家庭中有多個馬桶時個別的馬桶沖水），亦無法可靠的辨別同時發生的多個用水活動（例如當有人在淋浴時沖馬桶），且不會去估計在這些消耗水的活動中供水系統所使用的水量。且環境噪音（例如有一偵測器放置在家中熱水器上，而空調系統安裝在該偵測器附近所造成的噪音），對使用這些音訊偵測器會造成很大的困擾。另外，此先前方法無法偵測特定設施的漏水。

【0004】 在許多的產業應用中（例如灌溉系統）會使用可進行高精細度流率（flow rate）監控的偵測器，但這些先前技術的方案不是過於昂貴而無法用於家中（舉例而言，單一個超音波偵測器或是雷射都普勒測速器要價約2000到8000美金），就是需要由專業的水電工人安裝多個線上偵測器，在每一個供水設施以切入原有水管的方式

安裝一個線上流量偵測器。在實驗室中也顯示掛載在水管外側的加速計 (accelerometer) 可產生和水流率有相當確切 (deterministic) 的關係之訊號。但這個效應相當容易受水管的管徑、材質和組態影響。其他人亦提出以家中既有的總水量計，搭配由水管上之加速計所形成之網絡來推測家中各處的流率。然而，這些先前技術都需要將多個偵測器沿著水管的路徑設置或是放在水管的路徑上，而每個欲偵測之供水設施都有其特有的水管路徑。也就是說，這些技術都是分散式的直接偵測方法，而無法使用一個偵測器來監控在一個結構中供水系統之所有的供水設施。

【0005】 因此，很明顯的需要有更佳的方法及系統以監控在住所或是多重居住單位 (multi-living unit) 中多個供水設施之各別的水量。且其應為低成本，易安裝而不需專業之水電工人。這樣的系統及方法應可使各個供水設施的用水或流量體積輕易的被偵測到。此外，亦可將此系統及方法用於檢測特定之供水設施的漏水，或是對結構中供水系統做定點檢測。如此至少能找出一些特定類型的滲漏，且使改正造成漏水的原因較為容易。

#### 【發明內容】

【0006】 本案併入引用上述每個專利申請案及已發證專利之揭露內容及圖式以做為相關申請案。

【0007】承上所言，做為範例之一種新方法被開發出來（於後文詳述），其用於監視結構中之分佈系統之液體的流量。在此處，使用「結構」一詞不僅涵蓋如房屋、多單位居住空間（multi-unit living quarter）、獨立式公寓（condominium）、連建住宅（townhouse）、公寓（apartment）、旅館、汽車旅館等，需了解其亦包括其他具有用於分配液體用之管線系統（system of pipes）或輸水系統（conduit）的設施，如煉油廠、化學工廠、釀酒廠。此處之列舉並無限縮之意圖。此範例方法包括在一第一點監視器分佈系統中之液體壓力，且回應於此，產生一代表分佈系統中之壓力之輸出訊號。接下來，在分佈系統中發生之液體相關事件基於壓力之改變而被偵測出來，例如為輸出訊號所表示之暫態壓力波型。下一步，由事件的複數個不同類型中，藉由比較該輸出訊號之特性與和事件不同類型有關之可用於決定（determinative）的條件，識別被檢測出之該液體相關事件之一特定類型。

【0008】通常會有多個閥門耦接至該分佈系統。依上述，偵測液體相關事件之步驟可包括用該輸出訊號來檢測一或多個閥門之狀態的改變，也就是指閥門開啓更多或關閉更多時發生。被識別出之閥門可與耦接至分佈系統之複數個不同供水設施之一特定供水設施有關，而使特定供水設施可以偵測閥門開啓或關閉之方式被識別。

【0009】 此方法更可包括決定與特定供水設施有關之閥門是否藉由關閉更多或開啓更多而已改變狀態。

【0010】 有些分佈系統可包括一儲水槽(例如馬桶的水箱)其具有一閥門，其在該儲水槽中之該液體之一水位降低到低於一預定水位以下時會自動開啓。在此情況，該方法可包括以下步驟：識別一壓力暫態波型之一或多個特性以檢測儲水槽之一滲漏，而該壓力暫態波型代表一周期，在該周期中，控制進入該儲水槽之該液體的一流量之該儲水槽閥門依需求開啓及關閉以補充該儲水槽而取代由該儲水槽滲漏之該液體。

【0011】 此方法可更包括一步驟以增加另一功能，該步驟自動決定該分佈系統中之一體積流率為該輸出訊號以及該分佈系統之一預定流阻 (flow resistance) 兩者之函數。若該分佈系統包括複數個配置於不同位置點之閥門，此方法可更包含以下步驟：實際測量該分佈系統中該些不同位置點各別之體積流率 (volumetric flow rate)，該些不同點在從該分佈系統之一入水口至一水源 (supply) 之不同距離上。以及基於量測該體積流率時該輸出訊號所表示之該壓力中之一改變，決定該分佈系統中該些位置點各別之該預定流阻。接下來，基於該些不同位置點各別測量到之該預定流阻以估計在該些不同位置點各別之流阻，可估計在分佈系統中可發生使用液體之該些位置點處之流阻。

【0012】 在某些應用上，液體分佈系統可包括一線上（inline）液體體積流量檢測器，其例如為一水表。在此，該方法可更包括以下步驟：使用該線上液體體積流量檢測器以連續地（successively）在該分佈系統中之該些不同位置點各別決定一體積流率。而體積流率在該位置點之一閥門開啓一段時間然後關閉時量測。然後，基於在該位置點上之閥門開啓時，在該位置點上所決定之該體積流率，決定該分佈系統中該些位置點各別之該預定流阻。使用該液體體積流量檢測器，在該分佈系統中之該些複數個閥門都沒有被檢測到開啓的一段延長時間中檢測該分佈系統中之該液體之一流量，可檢測該分佈系統中之一相對低流量滲漏。既然沒有液體經過關閉之閥門，因此，所有量測到的流量必定是起因於該緩慢的滲漏。

【0013】 識別被檢測出事件之特定類型的步驟可包含以下步驟：對每個耦接至該分佈系統之供水設施決定一預定暫態壓力波特徵（signature），並儲存或以其他方式保存該些暫態壓力波特徵。接下來，由輸出訊號所代表之暫態壓力波特徵可與被儲存或保存之預定暫態壓力波特徵做比較。藉由識別該些供水設施中，具有最吻合該輸出訊號所表示之暫態壓力波特徵之該預定暫態壓力波特徵之一特定供水設施，且基於該分佈系統中該特定供水設施之位置，識別該些供水設施中該液體之流量改變之一特定供水設施。

【0014】 識別被檢測出液體相關事件之特定類型的步驟可包含以下步驟：將該輸出訊號分段（segment）以基於該壓力之該改變，將該些液體相關事件之一離散事件分離出來。然後，每個被檢測出的離散事件可被分類為包含閥門開啓事件或閥門關閉事件。此外，每個閥門開啓事件或閥門關閉事件更可依產生該事件之特定供水設施分類。

【0015】 上述分段之步驟可包含：過濾該輸出訊號以產生一經平滑化的輸出訊號，並決定該經平滑化的輸出訊號之一導數（derivative）。接下來，經平滑化的輸出訊號及其導數可在一滑動視窗（sliding window）中分析以檢測一閥門事件之開始，其至少基於下列條件其中之一。可能的條件包括：其中經平滑化的輸出訊號的導數超出與分佈系統之靜壓力相關之一預定之第一臨界值之條件，或是其中滑動視窗中最大壓力值與最小壓力值之間之差異超出與該分佈系統中之該靜壓力相關之一預定之第二臨界值之條件。經平滑化的輸出訊號的導數可基於該導數之一正負號之一改變以及該導數中之該改變的強度，進一步被分析以檢測該選出之一閥門事件之結束。

【0016】 將被偵測到之每個離散的液體相關事件分類為閥門開啓或閥門關閉事件之步驟可基於一組條件中之一條件之發生。上述條件群組包括：該方法可包括使用樣版比對分類器將閥門開啓事件或閥門關閉事件與特定供水設施相關之步驟。在此，具有最大關聯性

( correlation )之樣版被選出並識別使該閥門事件被檢測出之該特定供水設施。並在依複數個互補距離量測 ( complementary distance metric ) 過濾可用於分類器之可能的樣版後做出選擇。這些量測可包括匹配濾波器 ( matched filter ) 距離量測、匹配微分濾波器 ( derivative filter ) 距離量測、匹配實數倒頻譜 ( real Ceptrum ) 濾波器距離量測以及均方誤差 ( mean square error ) 濾波器距離量測。此方法可更包括基於訓練資料中所提供之互補距離量測，決定用於施行過濾可能樣版之步驟之臨界值之步驟。若對應於該複數個供水設施之該些可能的樣版通過所有的濾波器，則可基於一單一距離量測而由可能之濾波器中選擇一濾波器，其中該單一距離量測在供水設施之訓練資料中表現最佳。接下來，選出之濾波器可用於識別使一事件被檢測出之供水設施。

【0017】 此方法可選擇性的包括監視該分佈系統中一第二位置點之壓力之步驟，其產生另一輸出訊號。第二位置點與第一位置點分開一段距離。接下來分佈系統中發生之該些液體相關事件可被檢測，部分基於第一位置點之輸出訊號與第二位置點之第二輸出訊號間之時間差。此外，被檢測出之液體相關事件之該特定類型可由事件之不同類型中被選出，且其部分基於該時間差。

【0018】 另可選擇對分佈系統之液體施加一暫態壓力脈波（例如對壓力感測器負偏壓），並檢測一壓力脈波波型，其對應於分佈系統中之暫態壓力脈波之一反射。基於

壓力脈波波型之特性，可決定暫態壓力脈波以及壓力脈波波型通過該分佈系統之一或多個路徑、分佈系統中液體流量之表示以及一或多個複數個分佈系統中閥門之狀態。

【0019】 本發明揭露之內容及申請專利範圍之另一樣態為一媒體，其包括機器可讀取及執行之指令，當該些機器可讀取及執行之指令被處理器執行時，可用於實行複數個用於監視結構中之分佈系統中之液體的流量之功能。這些功能大致上與上述討論之範例方法一致。

【0020】 本發明之又一態樣為用於監視一結構中之一分佈系統中一液體的一流量之範例設備。該設備包括壓力感測器，其適用於連接至分佈系統以感測分佈系統中之壓力，並產生表示該壓力之類比訊號。在此使用「壓力感測器」一詞，意欲廣意的解釋為包括所有可對管線或灌溉系統中之液體壓力的現象反應之感測器，而並不加以限制。感測器例如為壓電阻（piezoresistive）感測器、應變計（strain gauge）或其他可檢測隔層（diaphragm）之機械彎曲（mechanical deflection）、微機電系統（microelectromechanical system, MEMS）感測器、光纖干涉式（optical fiber interferometry）感測器、電容感應器（例如可回應壓力所導致之介電距離改變）、聲音感測器，或是振動感測器（例如可對壓力波型反應之加速計）。更提供一連接器，其尺寸適於將壓力感測器耦接至結構中之供水設施（例如水龍頭）。類比-數位轉換器用於將來自壓力感測器之類比訊號轉換為數位

訊號。微控制器，其耦接至類比-數位轉換器以接收數位訊號，且基於由輸出訊號所表示之壓力改變。該輸出訊號可用於識別由事件之複數個不同類型中感測出之一特定類型，用於控制數位訊號之獲取並用於處理該數位訊號以產生一輸出訊號，其可用於檢測一或多個發生在分佈系統中之事件。該設備可更包括通訊連結（communication link），其用於將輸出訊號耦接至計算裝置以對輸出訊號做進一步處理。

● 【0021】 本發明揭露之內容及申請專利範圍之再一態樣為用於監視一結構中之一分佈系統中一液體的一流量之範例系統。該系統包括與上述設備大致上一致之組成元件，且更具有一計算裝置。計算裝置包括可儲存機器可執行之指令之記憶體，以及耦接至記憶體以執行該些機器可執行之指令之處理器。當壓力感測器連接到分佈系統時，執行該些機器可執行指令更使處理器實行複數個功能。這些功能大致上與上述討論之方法的步驟一致。

● 【0022】 提供本發明內容之用意為引入後文中實施方式所詳細描述的概念。然而，本發明內容之用意並不在於認定申請標的之關鍵或必要特徵，亦不在於協助決定申請標的之範圍。

#### 【圖式簡單說明】

【0023】 第1圖為兩房兩衛之居住結構中之基本供水系統的一範例示意圖，其顯示本發明之新方案可裝設在單

一位置點（例如室外具有水管接頭的水龍頭），以用於在結構中供水設施之不同的活動中監控用水，並檢測供水系統中可能發生的滲漏。

【0024】第2A圖為一範例圖表，其顯示使用本發明之新方案在閥門開啓事件時檢測到之特性壓力（psi）對時間（秒）響應，其被識別為居住結構中廚房的水龍頭開啓。

【0025】第2B圖為一範例圖表，其顯示使用本發明之新方案在閥門開啓事件時檢測到之特性壓力（psi）對時間（秒）響應，其中藍芽無線通訊被使用來將表示壓力之輸出訊號傳輸至計算裝置以做進一步的處理及分類。

【0026】第3圖為用於本發明之新方案的範例實施例中壓力感測器及控制器之一功能方塊圖，其中藍芽無線通訊被使用來將表示壓力之輸出訊號傳輸至計算裝置以做進一步的處理及分類。

【0027】第4圖為一綜合關於9個居住結構之資料的圖表，該資料為測試本發明之新方案所得。

【0028】第5圖為範例閥門開啓及關閉壓力波（壓力對時間）之三個圖表，其分別繪示水龍頭、馬桶以及浴缸，其中各個供水設施之閥門開啓，維持開啓狀態一段時間，然後關閉。

【0029】第6圖為一範例表格，其繪示在圖4之本發明的新方案用於9個居住結構之測試中，供水設施閥門開啓及供水設施閥門關閉事件被正確識別出的百分比。

【0030】 第7圖為一範例表格，其繪示圖6之結果的另一面，其中被正確識別出之供水設施閥門開啓及關閉事件被正確識別出的百分比依測試之居住結構中各類型之供水設施而分別繪示。

【0031】 第8圖為一範例表個，其繪示在圖4所表示的測試居住結構中之其中4個使用本發明之新方案而決定開啓之閥門的流率之錯誤資料。

【0032】 第9圖為一範例圖表，其顯示在圖4中的測試居住結構中之其中4個之開啓的閥門的流率對取樣數之平均錯誤。

【0033】 第10圖為供水系統中複數個重疊之事件的壓力對時間之一範例圖表，其中淋浴、馬桶，或水龍頭之閥門開啓一段時間，且該些閥門開啓之時間重疊。該圖表示意本發明之新方案可檢測出各別的事件，且可檢測出該事件發生之各別供水設施。

【0034】 第11圖為一邏輯流程圖，其繪示可用於本發明之新方案以檢測供水設施（或閥門）事件之範例步驟。

【0035】 第12圖為一邏輯流程圖，其繪示可用於將閥門事件分類，使與本發明之新方案一致之範例步驟。

【0036】 第13A圖繪示來自兩個壓力感測器之原始輸出訊號，並繪示一般供水設施事件之輸出訊號間的時間延遲，而該些壓力感測器配置在結構之供水系統之不同位置點。

【0037】 第13B圖繪示使第13圖中之兩個原始輸出訊號各別通過13Hz之通濾波器所產生之結果波型，其清楚的顯示因從壓力感測器至供水設施之傳播路徑不同而造成之兩個波型間的時間位移。

【0038】 第14A圖表示做為探測訊號之一主動壓力訊號，其中主動壓力訊號由壓力轉換器（transducer）產生，並導入結構之供水系統，以使主動壓力訊號在水管中傳播。

【0039】 第14B圖為在第14A圖中之主動壓力訊號結束一段短暫的時間後，由供水系統管線配接收之反射壓力訊號。

【0040】 第15圖為一般習知的計算裝置之範例功能方塊圖（如個人電腦），其可用於本發明之新方案之壓力感測器及控制器來處理輸出訊號。

#### 【實施方式】

#### 圖式及揭露之實施例不用以限制

【0041】 實施例繪示於與其所參照之圖式中。在此揭露之實施例及圖式應被認為用於繪示而非限制。圖式及此處之討論中所舉之範例不應對後文之技術及申請專利範圍之範圍有任何限制。

#### 用於監視用水之範例系統

【0042】 多數的現在住所都連接到公共供水或是私人的水井，其可提供一壓力下之用水至住所中的供水系統。

公共工程 ( public utility ) 依賴重力及抽水站，透過總水管 ( water main ) 在充分的水壓下來分佈用水，以達到每個家庭或其他靠該工程供水之結構的需求。住所以較小的用水管線 ( service line ) 連接至總水管，且通常會有一水表配置在連接處或其附近。使用私人水井之家庭使用抽水機將水抽到地面，至家中之一小型壓縮氣壓槽 ( captive air pressure tank ) 中。水可在壓力下儲存於氣壓槽中，如此當供水系統之閥門開啓時抽水機不需持續運轉。

【 0 0 4 3 】 第 1 圖描繪用於具有兩個浴室的結構的一典型住所供水系統 2 0 。冷水由連接至供水總水管 ( 或是水井 ) 之用水管線 2 2 進入，其通常在每平方吋 5 0 至 1 0 0 磅 ( p s i ) 之壓力下，亦視住家高度及儲水槽或抽水站之距離等因素而定 ( 在使用私人水井為水源之情況下則有其他因素影響 ) 。許多住家具有壓力調節器 2 4 ，其鄰近水表 2 6 ，用於保護住家使其不受可能由總水管傳來之瞬間壓降 ( transient ) 或壓力尖峰 ( pressure spike ) 影響，並可降低進入之水壓至安全範圍以使其可用於家用供水設施及裝置。

【 0 0 4 4 】 在調節器之下游，典型的住所管線設計可有兩種基本佈局：串連 ( series plumbed ) 或分枝 ( branched ) 。幾乎所有的多供水設施住家都有這兩種佈局的組合。冷水供水管 4 2 分枝至個別供水設施 ( 例如供水至馬桶、洗手檯以及淋浴 ) 並提供冷水至熱水器 3 6

之供水入口。傳統的熱水器在一隔熱水槽以電阻抗（electric resistance）元件或是瓦斯點火的燃燒爐（圖未示）將水加熱。當使用熱水時，來自冷水供應管線的壓力持續的將熱水由熱水槽中逼出至熱水管線44，而將熱水槽加入冷水。所有熱水槽都有洩壓閥門（圖未示）以避免可能因過度加熱而產生過量的蒸汽而導致爆炸；亦有排水閥門40，其對於保養維護很重要，因熱水器每一年至少應排水一次將沉積的礦物質沖掉，並提高運作效率。若系統包括在水表處之一逆流閥門（backflow valve）並為封閉系統，許多家庭亦會有壓縮空氣熱膨脹槽38（captive air thermal expansion tank），其連接至熱水器之冷水供應入口附近。熱膨脹槽38在熱水從熱水槽被汲出後，容納在熱水器中被加熱之冷水的熱膨脹。有些結構使用在需要用水時才使冷水通過熱交換器而快速加熱之無水槽熱水器來取代儲存熱水以供使用之熱水槽，其使用電阻抗元件或瓦斯燃燒爐產生之熱能。上述兩種類型之熱水裝置建立了冷水及熱水線之間的連結，且在本方案中被監視之壓力擾動可透過上述兩種熱水器在供水系統之冷水及熱水部分傳播。

【0045】 在此範例中，壓力感測器30以旋設至室外水龍頭32。將此水龍頭上之閥門開啓以使壓力感測器可回應結構中之供水系統的壓力而產生對應之訊號，其做為輸出訊號處理並傳送至計算裝置。以下會更詳細的描述。

【0046】 第一馬桶46、具有冷水閥門48a及熱水閥門48b之第一洗手檯，以及具有熱水閥門及冷水閥門（兩者皆未繪示）之浴缸50耦接至結構中之第一浴室的供水系統。廚房包括具有冷水閥門52a及熱水閥門52b之洗碗槽，以及洗碗機54（具有熱水及冷水之電機線圈閥門（electro-mechanical solenoid valve），皆未繪示）。在第二浴室中有淋浴56（具有熱水及冷水閥門—未繪示）、具有冷水閥門58a及熱水閥門58b之第二洗手檯，以及第二馬桶60。結構更包括洗衣機62，其包括控制來自供水系統之熱水及冷水流量的電機線圈閥門。

#### 識別供水設施

【0047】 供水系統形成一封閉迴路壓力系統，其中在供水系統中沒有水在流動時，水被維持在一穩定的壓力。具有壓力調節器之結構維持大致上穩定之壓力，除非供水水壓降至調節器之設定點以下。沒有壓力調節器之結構可能會因鄰居對主供水線的需求而偶爾在水壓上有不大的變動，其被檢測為在結構之供水系統中之水壓的擾動。

【0048】 當閥門開啓或關閉時（不論是浴室或廚房的水龍頭、或是洗碗機或洗衣機的電機線圈閥門），會發生壓力改變，且會在供水系統中產生一暫態波脈波（transient pressure wave pulse），如第2A圖之圖表100及第2B圖之圖表102所示。暫態壓力是一種波的現象，其起因於水管中水的速度的快速改變（類似電線中之瞬間電壓降）暫態壓力波會在閥門快速的開啓或關閉

時發生，其常被稱為「突波」(surge)或「水錘」(water hammer)，且當壓力振波穿過水管時，有時會產生很大的敲擊聲或是聽得見的噪音。暫態壓力突波之振幅與操作壓力無關且遠大於操作壓力。暫態壓力脈波可以是正的或負的，其取決於壓力改變率之正或負（也就是指閥門在供水系統中是開啓還是關閉）。如洗碗機或洗衣機之類的機器控制其電機線圈閥門以使閥門的狀態快速的改變，且通常因此而造成最明顯的水錘。相反的，緩慢關閉及開啓的水龍頭閥門就產生較少的水錘脈波。

【0049】 流量的突然改變可能造成超出住所水管之安全操作壓力限制的危險暫態高壓。熱膨脹槽38（第1圖）提供一些（但非全部）暫態壓力之阻尼方式。在一些供水系統中，充滿空氣的豎管，（standpipe）鄰接洗衣機或洗碗機之輸入管線設置以提供對暫態壓力之阻尼（damping）。大多數的閥門在已改變狀態時所表現出之水錘脈波都是無害的，但可被安裝在供水系統之壓力感測器偵測到。若使用本發明之方案，在供水系統任何地方發生之水錘效應都可被偵測到，即使安裝了阻尼。因此可達成以單點感測整個供水系統中之效應。

【0050】 本發明之方案倚賴每一供水設施被感測到之獨特的暫態壓力或水錘特徵，其依閥門類型及其在結構之供水系統中之位置而有所不同。本發明之方案對偵測一事件發生之位置有很強的鑑別，使其可區別兩個同型之供水設施（如家中兩個相同的馬桶所發生的事件），甚至是同

一個供水設施之兩個不同的閥門(如一洗手槽之熱水閥門及冷水閥門)，因其壓力波脈波行經不同的路徑以通過供水系統之底層水管結構而到達壓力感測器。壓力下降及其所造成之壓力震波取決於壓力感測器與事件發生之源頭的相對位置，但特徵的形狀並不會改變。如下所述，考慮到可能會有複數個壓力感測器裝設在分散的不同位置點，因此，被壓力感測器偵測到之暫態壓力波型間之時間差可提供附加的資訊以識別事件以及與該事件相關之供水設施。

### 估計流量

【0051】 壓力之改變以及暫態壓力發生率使精確的偵測閥門開啓及關閉事件可能達成。壓力亦可被用來量測供水系統之流率(其與電路類似)若知道電阻(也就是水管之限制、彎曲等造成水流阻抗之原因)以及電壓的改變(也就是壓力)即可決定電流(也就是流率)。

【0052】 流率與壓力之改變之間以普修定律(Poiseuille's Law, 亦稱 Hagen-Poiseuille equation)相關聯，其說明水管中液體體積流率 $Q$ 與水管之半徑 $r$ 、水管之長度 $L$ 、液體之黏滯度 $\mu$ 以及壓降 $\Delta P$ 有關：

$$Q = \frac{\Delta P \pi r^4}{8 \mu L} \quad (1)$$

【0053】 可以流阻之方程(formulation)將等式(1)簡化，其說明對水流之阻抗與壓力除以體積流率成正比。

$$R_f = \frac{\Delta P}{Q} = \frac{8 \mu L}{\pi r^4} \quad (2)$$

【0054】 因此，可使用流阻減少普修定律之變數複雜度，得到下列簡化之方程式：

$$Q = \frac{\Delta P}{R_f} \quad (3)$$

【0055】 本發明之新方案量測當閥門開啓或關閉時壓力之改變  $\Delta P$ ，爲了計算  $Q$ ，必需估計剩下的未知數  $R_f$ ，在此， $R_f$  被兩個因素所限制：水的黏滯度和水管長度  $L$ 。水的黏滯度可簡單的做爲水溫的函數並基於大多數住家水管都是 1/4 吋或 3/8 吋的事實來計算。因此  $L$ （水管長度）是主要的未知數，且通常因供水系統由入水口至不同的供水設施之路徑皆不同，而使水管長度會隨著使用的供水設施而改變。

【0056】 這些等式並不完備。舉例而言，這些等式並沒有考慮到水管內壁之滑順度（smoothness）、彎曲的數量、水閥的數量或是水管的內縮，也沒有考慮到方向（例如重力及氣壓的改變的影響。然而，這些影響在住家水管網路中是可以被忽略的。估計每個住家之  $R_f$  時可策略性的在不同的位置（以使供水系統之入水口到結構之距離改變）採樣流率以將其簡化，並基於數個在不同閥門處之水流阻抗的測量值，但必需在可對其餘閥門的水阻進行足夠精確（reasonably accurate）之估計的情況下。

### 範例壓力監視器設計

【0057】 如第3圖所示，一範例實施例之壓力監視110包括客制化之不銹鋼壓力感測器112、16位元類比－數位轉換器（ADC）114、微控制器116、以及藍芽無線

裝置 120。藍芽無線裝置傳送由壓力感測器感測到，可表示供水系統之壓力的輸出訊號 122（以藍芽無線訊號之方式傳送）。另外，其他方式的無線訊號，例如 IEEE 802.11（WiFi）；或有線網路，例如以太網路或 USB 線也可以用來替代以傳輸輸出訊號至計算裝置以供進一步之處理及儲存。微控制器 116 提供閘極訊號（gating signal）以關閉場效電晶體開關 118（或其他電子開關）以控制壓有感測器 112 之壓力取樣。受調節電源供應（regulated power supply）124 提供直流電源以對整個壓力監視器供電。計算裝置可以是分離的電腦或是併入壓力監視器的機殼內。輸出訊號亦可以一記憶體儲存在壓力監視器內。舉例來說，USB 記憶晶片，或是其他種類的可移除儲存記憶晶片，其可用來儲存輸出訊號以在記憶體由計算裝置移除時供後續之處理。再另一種實施方式，可定期詢問（interrogate）記憶體以將儲存之輸出訊號資料移至計算裝置或另一個記憶體中供後續處理。

● 【0058】 使用兩個不同實施例之壓力感測器，一個壓力範圍為 0 - 50 psi，而另一個之壓力範圍為 0 - 100 psi。較高的動態範圍可用在監視具有較高水壓之結構中之供水系統，或是不包含壓力調節器之用於結構之供水系統。在此使用之範例設計中所使用之感測器為由 Pace Scientific 生產之 P1600™ 系列，其具有內建之 ¼ 吋 NPT 公接頭，可用於 ¼ 吋銅轉接器並用 Teflon™ 膠帶密封。轉接器讓感測器可以輕易的旋設至任何標準的水龍頭

接頭，例如為花園水管可連接之接頭。壓力感測器之操作溫度為華氏-45度至257度，且具有小於0.5毫秒之壓力反應時間。因此理論上之最大取樣率為2kHz，但1kHz應以足夠用於偵測暫態及合理的資料傳輸速率以傳輸資料至計算裝置供處理。如上所述，有許多種對壓力現象有反應之感測器可取代Pace Scientific之壓力感測器而用於此壓力監視器。

【0059】 壓力感測器之輸出為對一5V直流電源供應之比例（也就是說，輸出電壓之相對於供應電壓之比例，因此供應電壓中之微對改變並不影響輸出訊號之立準或精確度）。16位元之Texas Instruments ADS8344™ ADC 以及AVR微控制器被使用在此範例之壓力監視器中，其可提供對該0-50psi之壓力感測器提供接近0.001psi之解析度，並對該0-100psi之壓力感測器提供約0.002之解析度。藍芽裝置為Class 1，以序列埠方式實施。此範例壓力監視器實施例能可靠的取樣，以並將輸出訊號壓力資料經藍芽通道以1kHz之資料速率串流至習知之個人電腦（PC），如第15圖中所示。受調節電源供應124中使用5V低壓降電源調節晶片以將直流電壓由單一個9V電產調節以對壓力監視器元件供電。然而，需考慮到提供其他電壓之電池，或其他類型之電池，又或是其他有線之交流電（AC）電源供應或其他的電力來源也可用來取代上述電池以對壓力監視器110之元件提供直流電源。

【0060】 壓力感測器 112 具有超過 100 克之衝擊評比 (shock rating)，使其不會因由水錘事件造成之偶發的水管振動而受損。雖然壓力感測器在製造其之工廠中已經調校並經線性測試，整個壓力監視器之模組之輸出亦經施加已知壓力之方式測試。連接至經壓力調節之水壓機的壓力感測器對已精準得知之水壓進行 10 次取樣。所有的量測皆在壓力感測器攝氏 25 度時  $\pm 0.25\%$  之容許範圍內。整個單元皆為全天候 (weatherproof) 並可安裝於潮溼的地方。在壓力感測器耦接之一範例實施方式中，其並不提供通過 (pass-through) 之能力 (也就是說，並不能讓壓力感測器連接的供水系統之供水設施亦連接到水管或其他耦接)，但具有通常技藝者可輕易達成此變動，例如使用具有適當末端螺紋之 T 型或 Y 型輔具 (fitting)。

#### 在九個居住結構中之測試的資料收集

【0061】 為了測試新方案 (範例壓力感測器模組以及用於處理來自壓力感測器模組之輸出訊號的演算法)，由三個城市中之九個居住結構 (H1-H9) 中收集經標記之資料。這些居住結構之風格、屋齡皆不同，並具有多樣性的供水系統，其示於第 4 圖中之表 130。

【0062】 對於每個居住結構，開始先量測基線靜態水壓，並將適當之壓力感測器 (也就是範圍在 0-50 psi 或 0-100 psi 之壓力感測器) 安裝在可供使用之水管接頭、洗滌槽 (utility sink) 水龍頭，或是熱水器之排水閥門。

每個收集期間 ( collection session ) 皆由一對研究者進行。一人在筆記電腦上記錄感測到之壓力特徵，另一人啓動結構中之供水設施。壓力特徵用圖形日誌 ( logging ) 工具記錄，其亦透過捲軸時間序列線圖 ( scrolling time-series line graph ) 提供壓力資料之即時回饋。每個供水設施的每個閥門都進行五次測試 ( 例如對熱水閥門做五次測試，並對冷水閥門做五次測試 ) 。在每次測試中，閥門完全開啓至少 5 分鐘後關閉。

● **【0063】** 在居住結構中之四個 ( H1, H4, H5 及 H7 ) 中，並亦由廚房以及浴室之洗手槽水龍頭及淋浴水龍頭供水設施收集流率資訊。除了日誌記錄感測到之壓力外，亦量測充滿調整為容積為 1 加倫之水槽所需的時間 ( 這個方法對供水工程用於準確量測流率較佳 ) 。這個步驟在每個閥門上重複 5 次試驗。此住家中資料收集處理產生總共 689 次供水設施試驗，以及總共 76 個供水設施之 155 次流率試驗。

#### ● 概觀供水設施事件識別之分析

● **【0064】** 在收集資料後，採用包含三步驟之方案來檢驗依由發生事件之各個供水設施傳至壓力感測器之特有的暫態壓力波識別各別供水設施事件之可行性。如前所述，每個閥門事件對應至一閥門開啓或關閉時之壓力暫態訊號，每個各別之閥門事件都先從資料流中分段 ( segment ) ，並識別其開始及結束以供進行進一步分析。接下來，每個閥門事件都被分類為閥門開啓或閥門關

閉事件。最後，閥門事件被依照產生該事件之特定供水設施分類。在開始時，只有單獨發生的事件被識別出。複合（重疊）事件的分析會於後文討論。

### 閥門事件分段

【0065】 在分析閥門事件的特性前，事件必需先由壓力感測器之輸出訊號中分段（也就是獨立出來）。分段必需對很多不同類型的事件都有效，因此，只考慮來自壓力感測器之輸出訊號中對所有閥事件皆為最典型的性質。採用的方案繪示於第5圖之圖表140、142以及144中（且亦繪示於第2A圖及第2B圖中之圖表100以及102）。在一範例方法中，使用低通線性相位脈衝響應（Linear-phase FIR）濾波器（例如13 Hz低通濾波器及1 Hz低通濾波器）將未經處理之輸出訊號平滑化。接著，來自13 Hz低通濾波器之平滑化輸出訊號及來自1 Hz低通濾波器之平滑化輸出訊號的導數在1000個樣本的滑動視窗（sliding window）中分析（對應到一秒內所感測到的壓力）。

【0066】 閥門事件的開始對應到兩個情況其中之一。最常見的就是當平滑化的壓力感測器輸出訊號的導數超出相對於靜壓力的一特定臨界值時，表示發生快速的改變（例如在具有45 psi靜壓力的居住結構供水系統中，可能要約等於2 psi/秒的導數，依結構供水系統的實際靜壓力調整倍率）。另一個較不常見的情況在當滑動視窗中的最大值和最小值超出相對於靜壓力的一臨界值時會被偵

測，其表示發生了緩慢但是重要的改變（例如在具有 45 psi 靜壓力的居住結構中，要約 1 psi 的差距，依實際靜壓力調整倍率）。在閥門壓力事件的開始被已其中一種方法偵測到之後，接下來導數的正負號的改變代表這個閥門事件相對於之前的靜壓力的極值（可能是最大或最小值）。

【0067】 然後，被分段的閥門事件可被偵測為一第一點，在該點上擾動的極值（即導數之正負號的改變）小於事件開始後的第一個極值之強度的預定百分比（例如 5%）。一個事件也可能以擾動的強度快速增加來結束，其對應到一複合（或重疊）事件，其於後文詳細說明。應用此方法，在居住結構之資料收集上可由環境壓力輸出訊號流中對 100% 的閥門事件產生適當的分段。

#### 分類閥門開啓與閥門關閉事件

【0068】 在對每個閥門事件分段後，閥門事件被依開啓閥門事件或關閉閥門事件做分類。閥門開啓事件對應於閥門被開啓更多，而閥門關閉事件對應於閥門被關閉更多。閥門可由完全關閉的狀態至完全開啓，也可以由完全開啓的狀態至完全關閉，或是僅僅比之前的狀態開啓更多或關閉更多。使用分類器以進行分類，其先考慮在經分段之事件的開始及結束時之經平滑化的壓力的差異。若差異的強度超出一臨界值（例如在具有 45 psi 靜壓力的居住結構中為 2 psi，依實際靜壓力調整倍率），該事件可立即被分類（壓力減少對應到閥門開啓，壓力增加對應到閥門關

閉)。另外，事件被依導數的開始及第一個極值間的平均做分類。閥門開啓事件會造成初始壓力減少（正平均導數），而閥門關閉事件造成初始壓力增加（負平均導數）。應用此方法在由居住結構收集到的資料中分段出的閥門事件上可產生100%正確的閥門開啓及閥門關事分類。

### 供水設施分類

【0069】 閥門開啓及關閉事件可以用樣本比對分類器被關連（associate）到結構中特定的供水設施。當分類一未知的事件時，可能的樣版先被依四個互補的距離量測（distance metric）過濾。

【0070】 第一個被使用的距離量測是匹配濾波器（matched filter），其在訊號偵測理論（signal detection theory）中非常普遍。被配對之濾波器在加成性白雜訊（additive white noise）出現時是最佳的偵測機制。它的主要限制在於：要被微分之壓力暫態訊號並非正交，使訊號正交需要有對每個事件的來源特定的知識，而其正是我們所要推導的資訊。

【0071】 第二個被使用的距離量測是匹配微分濾波器（matched derivative filter），其因事件的導數總是與指數減少的正弦波相似而被包含進來。因此可以合理的推論導數比原始的壓力訊號更為正交，並此匹配微分濾波器可提供和單純的匹配濾波器不同的數值。

【0072】 第三個距離量測基於匹配實數倒頻譜（matched real Cepstrum）濾波器，其為一事件之傳

立葉轉換 (Fourier transform) 的強度之自然對數的反傅立葉轉換 (inverse Fourier transform)。這個量測嘗試去逼近穿過未知的濾波器的原始版本的訊號(就像被分類的閥門事件因壓力暫態訊號在結構的水管中穿過未知的路徑傳播而被轉換)。此方案有明確的限制，但其可顯示較低的倒頻譜係數大多數起因於傳送 function (事件傳播經過結構的水管)，而較高的倒頻譜係數大多因為起源(原始的閥門開啓或關閉事件)。其主要的好要在於傳送 function (部分因為其可分別家中相同的供水設施間的多重事例(instance))且因此倒頻譜被擷取(truncate)而僅包含較低的係數。其造成的空間(space)為高度正交，產生第三有效且互補的匹配濾波器。

【0073】最後，第四個距離量測為單純的均方誤差(mean squared error 也就是歐幾里得座標距離(Euclidean distance))，其基於壓力感測器輸出訊號，擷取供水系統中偵測到兩個事件中較長的一個來計算。

【0074】基於上述距離量測的相似度臨界值(similarity thresholds)用來過濾可能的樣版，且可由訓練資料中學習(也就是說，此步驟提供過濾對於未知事件之相似度小於在訓練資料中觀察到之最小類別內(within-class)相似度的樣版)。若對於一個事件沒有樣版通過所有的四個濾波器，該未知的事件就不被分

類。在此情況下，一應用程式可（例如）忽略該事件，提示一人將該供水設施標為未辨識。或者決定此未被辨識之事件是否表示存在有滲漏。若對應於多個不同的供水設施的樣版通過了所有的四個距離量測濾波器，則由這些樣版中選出由在訓練資料中表現最佳之單一距離量測（single distance metric）所定義之最鄰近（nearest-neighbor）分類器。用於最鄰近分類器的單一距離量測之選擇基於類別內對類別外接收操作特性（receiver operating characteristic, ROC）曲線下之面積。

### 供水設施分類之評估

【0075】 供水設施之分類選擇使用一實驗性設計以展示由收集到的測試資料中學習到之多重居住結構中所有的模型參數之強健性（robustness）。在一交叉驗證（cross-validation）有九次測試，每次測試都使用一個居住結構做為測試資料，並以其他八個居住結構為訓練資料。在由測試資料學習模型參數（即四個相似度濾波器臨界值及選擇用於最後之最鄰近分類器的距離量測）後，對在測試的居住結構中的每個事件都用棄一法（leave-one-out method）測試。然後每個測試的居住結構事件可用其他的事件及由訓練資料中學習到之模型參數為樣版以分類。

【0076】 第6圖將表示該評估結果顯示於表150。在每個家中（以及每次交叉驗證的測試）識別供水設施層級之

閥門開啓及關閉事件之準確率，及供水設施層級之分類的準確率皆共為95.6%。第7圖包括表160，其表示相同資料的另一觀點，顯示用於居住結構中不同類型之供水設施之供水設施層級之分類的準確性。結構中所有之整體供水設施層級分類達到90%以上，包括幾次分類準確率為100%。需特別注意的是，本發明之新方案可靠的鑑別居住結構中不同的水槽之閥門開啓及關閉的能力。測試資料組僅包含少數幾個使用洗衣機或洗碗機之事例，部分因為收集測試資料的時間限制，部分則因這些供水設施已在先前技術中顯示可輕易的由其高度結構化的用水周期被辨認出（其亦可與本發明之新方案結合）。然而，本發明之新方案不受充水周期的數目影響（此於某些狀況下很重要，例如若洗碗機執行一額外的預先沖水（pre-rinse）或其他的周期變化）而只要任何在這些機器上閥門一開啓，即可辨識正在使用中的裝置（相對於僅能在過了一段時間後，結構化的充水周期模式變得明顯後才能辨識該裝置）。

### 流量估計的分析

【0077】 如上所述，體積流率 $Q$ 與壓力之改變 $\Delta P$ 除以阻抗變數 $R_f$ 。

$$Q = \frac{\Delta P}{R_f}$$

【0078】 壓力改變 $\Delta P$ 可由量測偵測到之閥門開啓事件之開端時之壓力，及在被分段之閥門開啓暫態壓力波脈波之結束時的壓力之差別自動計算。阻抗變數 $R_f$ 不能直

接量測，但可以實驗方法決定，其可以捕捉結構中每個閥門之實測（ground truth）流率資訊與對應的壓力改變的方式來測定。接下來的討論考慮兩個關於學習 $R_f$ 的場景。在第一個場景中，假設對每個結構中的目標閥門做單一流量調校。在第二個場景中，嘗試僅使用結構中一些閥門的調校資訊來估計其他未調校之閥門 $R_f$ 。

### 各別調校閥門

【0079】不難想像在安裝如此處所討論的系統之過程可能會包括對結構中的每個供水設施進行單一調校。在第一場景中，藉由施行此實驗方法之測定，可將家中每個閥門標記未知的 $R_f$ 值，其可接著與供水系統中感測到的壓力改變 $\Delta P$ 一起用於估計當該閥門開啓時的水流量。

【0080】在此場景中可得到之流量估計的準確性以交叉驗證實驗的方式，分析居住結構H1、H4、H5以及H7（如上述）中的每個水龍頭及淋浴供水設施的五個調校容器測試資料組。交叉驗證中的每個測試都使用單一調校容器測試以推導出供水設施之閥門的阻抗變數 $R_f$ 。推導出的 $R_f$ 值接著可用於依閥門開啓時量測到之壓力改變 $\Delta P$ 來估計其他四個測試中的流量。注意到這些估計流率之間的不同（基於推導之阻抗 $R_f$ ），以及其所對應的實際流率（由調校容器測試得到）。本實驗的結果示於第8圖之表170中。

【0081】受試的四個居住結構中的三個（H1、H4、H5）有低於8%的錯誤率（或是約0.16 GPM），其與可

與傳統的水表做出實驗研究相較。但在第四個居住結構 H 7，錯誤率超過 20%，相信其原因為感測器安裝的位置。前三個結構都將感測器裝在外部水接頭上。在 H 7 中，壓力感測器則安裝在熱水槽的排水閥門。將壓力感測器連接到熱水槽的排水閥門，造成壓力感測器對水槽之供水的主要壓力以及水頭壓力（head pressure）都會回應。如上述所討論，在本發明之新方案中所使用的簡單壓力模型假設水管為筆直，且不考慮水頭壓力。這個情況下應該需要不同的  $R_f$  模型。似乎 H 7 中的冷水閥門特別受到這個錯誤來源的影響。確實將 H 7 的四個冷水閥門由分析中移除戲劇性的使平均錯誤進步至 0.15 GPM（SD = 0.18），或是 4.5%（SD = 3.8%）。

估計未調校之閥門的  $R_f$

【0082】 第二個場景中，只有結構中一小組的閥門被直接調校以測定阻抗  $R_f$ ，嘗試以一小組的閥門調校來建立整個結構的液體阻抗模型看起來是合理的。主要的想法在於，雖然在結構中到每個閥門的路徑都是不同的，這些路徑在水管長度與總體佈局的空間重疊量有相當大的影響。例如，在特定浴室中的馬桶和水槽通常使用供水系統中的同一分枝且其路徑長度約相同。

【0083】 爲了要驗證這個方案，調校容器測試資料被分成兩個資料組，包括一模型以及一測試資料組。模型在開始時具有一隨機選擇的測試，其隨後被用於推導出基線  $R_f$  值。這個  $R_f$  值用於計算測試資料組中每個測試的流量

估計，並將每個測試與對應的實際流量比較。接下來，將第二隨機測試加入模型中（並將其從測試資料組中移除）；接著，將模型用來建立一線性回歸（ $Q = R_f * \Delta P + b$ ，其中  $b$  為常數）。線性回歸等式用來計算測試組中其他的流量估計，且這個過程重複直到所有的測試都已取樣。為避免特別好或不好的隨機取樣，這個過程在每個居住結構都重複五次，並將結果平均。第 9 圖中之圖表 180 中結果 182、184、186 及 188 分別代表 H1、H4、H5 以及 H7（注意冷水閥門的結果被從居住結構 H7 的曲線排除，如上所述）。

【0084】在取樣五個測試後，平均錯誤減少了 74%，在四個居住結構中降至 0.27 GPM，且都在之前的分析得到的完整  $R_f$  資料的 0.11 GPM 以內。這個初始結果表示可以將調校一般化（generalize）至結構中的閥門，使其於第二場景一致，因此不需要由實驗方法測定結構中每個供水設施或裝置的流阻。

### 詳細的閥門/供水設施事件偵測

【0085】範例邏輯步驟 200 繪示於第 11 圖中，其被實行以偵測閥門或供水設施事件之偵測。來自壓力監視器之輸出訊號  $P(t)$  以訊號 202 輸入至一低通濾波器（13 Hz）204 以及一低通濾波器（1 Hz）206。低通濾波器 206 將被過濾的訊號傳至區塊 208，其計算該訊號之實數倒頻譜，並亦將訊號傳至一微分濾波器（帶通）210，其決定該訊號之導數。導數輸入至決策區塊（電腦）212，其決

定導數是否超過預定臨界值。若是，則耦接以由微分濾波器 210 接受導數之閘 216 關閉，且導數輸入至區塊 218，其偵測事件之開始及結束之間的時段 (time interval) 以估計事件發生的經過時間 (duration) (如上所述測定)。除此之外，來自決策區塊的正回應使區塊 214 找到導數訊號的一局部極值 (local extreme)。該估計的事件經過時間輸入至區塊 225，其將事件分類為開啓事件或關閉事件。決策區塊 (比較器) 226 決定區塊 214 找到之該局部極值是否超過一第二預定臨界值，若是，關閉閘 228，其致能儲存樣本區塊 230 以儲存包含經低通濾波器 204 過濾之訊號、實數倒頻譜、以及導數之特色 (feature) 之樣版。如此，因特定事件被儲存的每個樣版會包括低壓特色、倒頻譜特色、導數特色、以及被識別為特定閥門開啓事件或特定閥門關閉事件 (或系統中的其他活動) 其他的樣版。儲存的樣版輸出到線 232 以儲存在記憶體中 (圖未示)。

【0086】 若導數沒有超過決策區塊 212 的第一預定臨界值，或局部極值沒有超過決策區塊 226 的第二預定臨界值，則可以邏輯推定事件未發生。區域 222 處理來自壓力監視器之輸出訊號  $P(t)$  以提供搜尋偵測事件，如上所述。

【0087】 在第 12 圖中，流程圖 240 繪示比較複數個儲存的樣版以用於將事件分類的範例步驟，其中樣版之產生如上述與第 11 圖相關之討論。一被偵測到之未知類型的事件輸入到預處理器 (preprocessor) 242，其提供壓

力訊號、倒頻譜訊號，以及導數訊號為輸出。壓力訊號輸入至相關匹配濾波器 244 以與現在樣版的低壓特色 246 比較，並亦提供至一對齊（alignment）區塊 248。因主系統壓力中的變化造成的暫態壓力波的特性位移可使其無法匹配該事件的樣版，而對齊區塊提供對任何主系統壓力之變化的補償（也就是沒有壓力調節器的結構）。除此之外，對齊區塊可將未知事件之時間位移至與儲存的樣版之重疊最大。

● 【0088】 來自預處理器 242 之導數訊號輸入至相關匹配濾波器區塊 250 以與現在的樣版之倒頻譜特色 252 比較。導數訊號以類似方法輸入至相關匹配濾波器 254 以與現在的樣版之導數特色 256 比較。相關匹配濾波器區塊 244、250 以及 254 產生相關性值，其可分別表示未知事件的暫態波訊號之低壓、倒頻譜，以及導數特色與各個儲存的樣版有多接近。這些參數與樣版特色的高相關性值表示現在的未知事件是儲存的樣版的事件。

● 【0089】 相關匹配濾波器 244 之輸出輸入到決策區塊（比較器）260，以決定其是否超過預定第一最小值。若是，則閘 262 關閉，耦接至一致能線。來自對齊區塊 248 的輸出使用在歐幾里得距離區塊 256 中，其決定歐幾里得距離（等於現在樣版之低壓特色 258，以及所對應之未知事件的壓力訊號經補償對齊之特色的差距之平方和的平方根）。歐幾里得距離結果輸入至決策區塊（比較器）264 以決定其是否低於預定最大值。若是，關閉閘 266 以

耦接至閘 262 之下游側。來自相關匹配濾波器 250 的相關性值結果輸入到決策步驟（比較器）268 以決定其是否高於預定第二最小值，若是，閘 270 則關閉以耦接至閘 266 之下游側。最後，來自相關匹配濾波器 254 相關性值輸入至決策區塊（比較器）以決定其是否高於第三預定最小值，若是，則閘 274 關閉，連接至閘 270 的下游側。若所有的閘 262、266、270、以及 274 都關閉（對應於所有的輸入至一「和」邏輯閘皆為真），則現在樣版為處理之該未知事件可能的匹配，且區塊 276 可偵測此狀況以識別出現在樣版為可能的匹配。

【0090】若此四個閘中之任何一或多個開啓（未特別繪示），該邏輯就會進行至決策區塊 278 而不將現在樣版識別為未知事件可能的匹配。決策區塊 278 決定是否有剩下任何其他儲存的樣版還未被與未知事件比較。若有，則區塊 280 重複比較未知事件的特色與下一個儲存樣版的特色，如上所述。若沒有剩下其他儲存的樣版，決策區塊 282 決定是否有任何事件樣版被識別為未知事件可能的匹配。若沒有，則在區塊 284 中將未知事件分類為一新事件。在其他狀況下，供應致能訊號至區塊以使可選擇具有與未知事件的特色有最大相關值之儲存樣版。相關匹配濾波器 254 之輸出饋送到區塊 286，（回應於致能訊號）其中具有最高相關性的儲存樣版被選為事件類型。相關匹配濾波器 244 及 250 之輸出亦可連接到區塊 286（連接未示於圖）並與相關匹配濾波器 254 之輸出一起使用。如上述

所討論，基於訓練時之ROC，區塊286使用任一相關匹配濾波器244、250、或254之輸出。該未知事件接著基於區塊288中選擇的儲存樣版（也就是依相關匹配濾波器244、250或254之輸出，具有最高總和相關值之儲存樣版）被分類。

### 自動調校

【0091】 爲了減少人工及資料入之成本，許多的供水系統工程將舊水表換成新的自動水表讀取（Automatic Meter Reading, AMR）系統。AMR系統使供水系統工程可無線的自動的讀取住家或商業用之水表，而藉由取消抄表員及消除讀取水表時，及將現場記錄之資料輸入至帳單系統以產生帳單時可能造成之手寫錯誤，而大大的降低成本。當與AMR水表（或任何可以以無線或有線方式傳輸其液體流量量測資料之水表）使用時，本發明之新系統可接收即時的總和流量體積資訊，並用這些總和流量資料，以決定結構之供水系統中部分或全部閥門之流阻的方式來調校流量估計演算法。

【0092】 使用AMR（或其他類似者）線上流量體積水表做爲半自動調校以測定液體分佈系統不同部分之流阻可以以下步驟進行。

【0093】 (1)本發明之新系統查詢水表（AMR或其他有線或無線連接之線上流量體積水表）以獲得基線累計流量體積；

【0094】 (2)可進入該結構之一人(例如居住結構之屋主)被指示分別開啓及關閉每個結構中之供水系統的閥門,該閥門維持在開啓的狀態一陣子(例如15秒)再關閉;

【0095】 (3)對每個被啓動的閥門,本發明之新系統自動的決定發生開啓或關閉,以及閥門開啓之經過時間;

【0096】 (4)本發明之新系統接著在每個閥門關閉事件後查詢水表,並從新的流量體積減去之前的流量體積(由基線值開始)以獲得閥門開啓時經過該閥門的總流量。此經過閥門的總流量再除以閥門開啓的經過時間以得到流率(其使用如上述)以決定被開啓及關閉之閥門在供水系統之流阻。

【0097】 此半自動調校可依需求重複多次以補償供水系統之改變,例如因溫度的改變,或因沉積物的堆積或腐蝕,或因管線或輸水的佈局之修改。一旦每個閥門之系統流阻都依此被準確的測定後,流阻可用於決定在系統中任何開啓之閥門的液體流量。

【0098】 整個調校的過程可使本發明之新系統依賴AMR(或其他有線或無線連接)水表而完全自動化以在每次開啓及關閉事件對被偵測到時提供流量體積資料。既然本發明之新系統不再需要估計流量(如果每個閥門之開啓及關閉事件對的流率可直接由AMR得到,此方案看似可不需供水系統的調校以決定流阻。然而,使用AMR水表以決定流量有其限制,因為AMR水表只能提供總水流

量之總和值。AMR水表無法表示兩個以上重疊的事件。在複合事件的情況中，本發明之新系統還是會用來估計各個重疊事件的供水設施流量。

### 滲漏偵測

【0099】本發明之新系統可使用兩種方案來偵測供水系統中之滲漏，其取決於滲漏之類型，詳述如下。

【0100】若高解析度之AMR（或其他有線或無線連接）流量體積水表安裝在結構之液體系統，本發明之新系統可偵測任何發生在一延伸之時段中的低流量用水，且沒有在任何結構中之供水設施偵測到閥門開啓事件（例如，在6-12點的時候所有人都不在結構中，或是當所有人晚上在睡覺時，且供水系統並沒有被使用，或沒有供水設施閥門開啓）。明顯的，在沒有閥門開啓的此時，任何被高解析度流量體積水表在供水系統中所偵測到之總流量體積都必定是表示滲漏。此種滲漏可能是因為凍傷所形成之針孔，或是因為腐蝕，或可能是因為沒有完全關閉之閥門持續的漏水，又或是因為會漏水的閥門柱（valve stem）或是會漏水的閥門座（valve seat）。

【0101】另一種常見的滲漏類型之由漏水之馬桶止水墊（flapper valve）造成，其讓水流入便器（toilet bowl）中。便器裡多出的水則流出到排水口。這種滲漏會造成馬桶水槽重新注水時周期性的馬桶開啓及關閉事件，但其與正常的沖馬桶開啓及關閉止水墊不同，因為當馬桶水槽之水位因止水墊漏水下降而只有部分水槽被注

水。當水從馬桶水槽的止水墊漏出時，水槽的水位最終會下降到自動啓動入水閥門以使水槽開始重新注水。注水可在 0.1 - 0.3 加侖的水漏出後發生，相對於在正常的馬桶沖水時由馬桶水槽進入便器之兩加侖的水。因止水墊造成之漏水在馬桶之入水閥門對水槽重新注水時會導致一開啓事件，而當馬桶在水槽的水位達到關閉深度而使浮動閥門（float valve）關閉時導致一關閉事件。止水墊在新注水時維持大致上關閉，但仍持續漏水至便器中。

● **【0102】** 漏水止水墊之開啓及關閉事件對在經過時間上較正常的沖馬桶後注水事件短（因為需要重新注入的水較少），但此較短期的重新注水以及較短期的閥門開啓事件仍可被本發明之新系統偵測到。除了較短期的滲漏重新注水事件，馬桶止水墊所造成的水槽漏水具有周期性，使其易於與正常的事件區別（例如，馬桶之重新注水可能為 3 4 分鐘的間隔，如果沒有被正常的沖水干擾）。其他類型具有周期性行爲的滲漏，如其他類型在兩個水位間具有遲滯（hysteresis），用於啓動閥門開啓及閥門關閉事件之液體儲水槽的滲漏亦可使用此方案偵測。當結構中有兩個或以上的馬桶時，可以通過閥門之水流的特性分辨這種漏水的馬桶中的止水墊。

### 多重感測點

● **【0103】** 可在結構中之液體分佈系統的設置多個感測器以在感測器所放置的不同的位置偵測由單一事件造成的壓力暫態特徵（signature）。兩個暫態特徵之開始的

時間差可用來識別該事件，其由一組先前儲存之已知時間差樣版中選擇（例如），其大致上如已揭露之相關於儲存包括低壓及壓力暫態波型之實數倒頻譜特性之特色之事件樣版，如上述所論。因為事件發生的來源至各感測點的距離差，使得時間差可用來定位發生事件的供水設施。

【0104】第13A圖為圖表300，其繪示未經處理的壓力輸出訊號302及304，其對應兩個空間上分開的壓力感測器在供水系統中所偵測到的相同的供水設施事件。來自兩個個不同的壓力感測器之兩個輸出訊號波型在形狀上看起來類似（雖然振幅和高頻衰減有些不同，因為壓力暫態波經過不同的路徑，且壓力感測器的回應亦有差別），但波型偏移（offset）互相偏移了約800ms。這個時間延遲偏移特色與結構之供水系統之壓力及波型的振幅無關，因此可提供一有效的方案用於在供水設施層級鑑別事件的來源。

【0105】第13B圖為圖表310，其顯示在經過13Hz的低通濾波器後的壓力輸出訊號312以及314。低通濾波器會抑制波型之高頻的部分，使它們之間的時間差更明顯。

### 主動水事件探測

【0106】在供水系統中之壓力感測器或用來偵測壓力暫態的傳感器（transducer）可以逆偏壓以產生已知的壓力暫態脈衝，其傳播在供水系統中。範例主動壓力訊號波322顯示在第14A圖之圖表320中。主動壓力訊號波藉由觀察回到壓力感測器之反射訊號以詢問

(interrogate) 系統中的閥門的位置。第 14 B 圖為圖表 314，其繪示範例反射壓力訊號 326，例如為由關閉之閥門反射之壓力訊號。

【0107】各種反射壓力訊號的特性可以用來產生包括反射主動探測壓力波之特性特色的新樣版。這樣與系統中的閥門關連的樣版可被儲存，並使用於處理後續來自探測脈衝訊號之反射壓力波，其做為來自壓力感測器之輸出訊號。這些反射訊號特色之改變表示供水系統狀態的改變（例如關閉的閥門被開啓）。開啓的閥門會使訊號產生高頻衰減，以及相位移（phase shift）（見第 14 B 圖之範例反射波）。這兩個特色可用來估計反射訊號之路徑，以及做為水流量之指示。主動壓力脈衝探測在查詢結構之液體分佈系統中的閥門狀態時可以是很有用的。例如若事件在使用上述新被動方案時被遺漏。

#### 用於處理來自壓力模組之輸出訊號的範例計算裝置

【0108】第 15 圖大致繪示範例計算裝置 350，其包含可實行本發明之新技術的電腦 364。電腦 364 可以是普通的傳統個人電腦（PC），例如筆記型電腦、桌上型電腦、伺服器，或是其他形式的計算裝置。電腦 364 耦接至顯示器 368，其對使用者用於顯示文字及圖形，例如為與事件有關的資料、活動以及正在用水或已用水之特定供水設施，亦可顯示特定供水設施之流率。電腦 364 包括處理器 362。記憶體 366（包括唯讀記憶體（ROM）以及隨機存取記憶體（RAM））、非揮發性儲存器 360（例如為

硬碟或其他非揮發性資料儲存裝置)，其用於儲存資料及包括模組與軟體程式之機器可讀取及可執行指令以及數位訊號、網路介面352以及光碟機358都透過匯流排354耦接至處理器362。儲存的資料可包括樣版、預定臨界值，以及其他用於處理來自壓力模組之輸出訊號的參數。這些資料亦可透過網路介面352由網路存取，例如網際網路或其他網路。光碟機358可以讀取光碟（CD）356（或其他光儲存媒體，例如DVD），其儲存有用於實行本發明之新技術之機械指令，以及其他軟體模組及可在電腦364上執行之程式。機械指令在被處理器362墊行前載入記憶體366中以實行本發明之技術之步驟，也就是執行除、乘、以及減的步驟，如上所述。使用者可提供輸入給並（或）透過鍵盤及（或）滑鼠372控制處理流程。鍵盤及（或）滑鼠372耦接至電腦364。藍芽無線裝置374亦連接至匯流排354以接收來自壓力模組之藍芽無線訊號376。需注意的是其他類型的有線或無線通訊連結亦可用來由壓力模組傳送輸出訊號。例如，Wi-Fi無線訊號或以太網路或USB有線通訊連結可用來代替藍芽無線裝置。輸出訊號亦可被儲存為非揮發性記憶體媒體上之資料並在後續以電腦364處理以檢視結構中之用水及（或）流率。

## 討論

【0109】此處所揭露之新方案之表現相當有發展性，其藉由持續的監視供水系統的壓力以單點感測液體分佈系

統中之活動。此方案清楚的表示可靠的將閥門壓力事件由周圍的壓力感測器輸出訊號串流中分段出的方法，並決定分段出的事件對應到閥門開啓或關閉。以實驗方式測試顯示了本發明之方案的效果及準確性。在九個居住結構中所收集的資料中，展現了識別與閥門事件關連之各別的供水設施可達到95.6%的總體準確率。在分析其中四個居住結構的流量資料中，其顯示適當的放置並經調校的系統在估計用水上可達到與公用事業提供 (utility-supplied) 之傳統水表之實驗方式研究相較之錯誤率。可使用單一感測器識別各別供水設施之活動的能力本身即為一重要的優點。基於來自各感測器之暫態波形訊號輸出之時間延遲，加上額外的感測器在液體分佈系統中與第一個感測器分開的其他位置點可提供關於該系統中之事件的額外資訊。

【0110】再次強調即使對本發明之新方案的初始評估應用在監視居住結構中不同的供水設施用水、事件及活動，並沒有理由本方案之使用限制於結構之類型，或監視事件及活動的類型於供水系統中。此方案可以用於幾乎任何需要監視與液體流經液體分佈系統（如水管或輸水系統）有關之事件及活動之應用。例如，本發明之方案可用於監視閥門事件及其他活動，以決定不同液體之流率，或是偵測化學工廠或酒廠之滲漏。如上所述，結構一詞在此處及接下來之申請專利範圍中之使用意欲被廣泛的解釋，以包括任何工，其具有液體分佈系統透過閥門或其他

流量改變裝置傳輸液體至不同的供水設施，水只是液體之一範例。

【0111】雖然上述討論之分析著重在識別獨立發生之供水設施事件，考慮多個事件重疊的情況顯然也很重要。為評估本發明之新方案在此方面的能力，在居住結構H1中收集六個複合事件（淋浴/水槽及馬桶/水槽事件各兩個，以及淋浴/馬桶/水槽重疊），其部分示於第10圖之圖表190中。圖表190顯示淋浴開啓事件1與馬桶開啓事件2重疊，與水龍頭開啓事件3重疊，接著是水龍頭關閉事件及馬桶關閉事件。事件分段演算法可以正確的將重疊的事件分段（意即，當偵測到對應至一重疊事件之開始的快速壓力擾動強度增加時，可以識別正在發生的事件的結束）。對壓力暫態波型之視覺性檢查（visual inspection）顯示型狀和強度相對上的都沒有受到重疊的干擾。且更可用此處所述之方案將此種複合事件分類。

【0112】可靠的流量估計對正確的調校相當敏感，且可用上述之實驗方式方案來執行此調校。進一步的實驗測試可以識別上述之分段及識別演算法之最佳臨界值參數。

【0113】基於在H1中原來的收集之五星期後收集的第二天資料組，初步證據顯示供水系統的行爲對時間大致上穩定。如上述之供水設施之分類方法使用相對資料組之樣版（將未知事件以相隔五星期收集之樣版分類），並未發現任何供水設施識別的表現有任何下降。其表示系統行爲夠

穩定，而可應用各種機器學習方了來達成供水系統流率之自動調校

【0114】 在居住結構中為測試所收集之資料包括將壓力感測器安裝在不同類型的供水設施上（水管接頭、洗滌槽水龍頭、熱水器排水閥門），且大致上有良好的結果。在H9中執行了兩個相同的資料收集，一使用耦接至水管接頭之壓力感測器，另一個則使用接到熱水器排水閥門之壓力感測器，預期兩者會有接近相同的表現。第6圖報告耦接至水管接頭之壓力感測器的表現。與預期相反的，當壓力感測器移到熱水器排水閥門時（只有各別供水設施之分類受影響，並不影響分段或決定事件為開啓或關閉），其對開啓閥門事件之表現下降到88.6%，而對關閉閥門事件為65.7%。此表現之改變的程度表示壓力感測器之位置可影響本發明之新方案之結果的準確性，但大致上看來，壓力感測器接到幾乎所有除了熱水器排水閥門以外的水龍頭接頭都可提供可接受的表現。還有其他的第6圖中還有其他的範例，可表示現在的新方案在識別關連閥門開啓及關閉事件的特定供水設施之獨特能力。雖然閥門開啓及關閉事件成對出現，本發明之方案可將其各別分類。因此可認定結合識別閥門開啓及閥門關閉事件對可增進對被定位之閥門之供水設施的識別。與上述討論相似，雖流率之估計與供水設施識別無關，但兩者明顯的有關，且可預期其增進估計與正在用水之供水設施相關之流率的結果。

【0115】 雖然此處揭露之概念以較佳的實施形式及其變化來描述，在本技術領域具有通常知識者應可了解在申請專利範圍內可做變化。承上述，這些概念的範圍並不欲以任何方式被上述之描述限制，而應參考以下之申請專利範圍而整體觀之。

【符號說明】

【0116】

- 20：供水系統
- 22：用水管線
- 24：壓力調節器
- 26：水表
- 28：逆流閥門
- 30：壓力感測器
- 32：水龍頭
- 36：熱水器
- 38：熱膨脹槽
- 40：排水閥門
- 42：冷水供水管
- 44：熱水管線
- 46：第一馬桶
- 48 a、52 a、58 a：冷水閥門
- 48 b、52 b、58 b：熱水閥門
- 50：浴缸

54 : 洗碗機

56 : 淋浴

60 : 第二馬桶

62 : 洗衣機

100、102、140、142、144、180、190、300、310、：

圖表

112 : 壓力感測器

114 : 16位元類比－數位轉換器

● 116 : 微控制器

118 : 場效電晶體開關

120 : 藍芽無線裝置

122 : 輸出訊號

124 : 受調節電源供應

130、150、160、170 : 表

200 : 邏輯步驟

202 : 訊號

● 204、206 : 低通濾波器

208、214、218、222、224、225、276、280、284、

286、288 : 區塊

210 : 微分濾波器

212、226、260、264、268、272、278、282 : 決策區塊

216、228、262、266、270、274 : 閘

230 : 儲存樣本區塊

- 2 3 2 : 線
- 2 4 0 : 流程圖
- 2 4 2 : 預處理器
- 2 4 4 、 2 5 0 、 2 5 4 : 相關匹配濾波器
- 2 4 6 、 2 5 8 : 低壓特色
- 2 4 8 : 對齊區塊
- 2 5 2 : 倒頻譜特色
- 2 5 6 : 導數特色
- 2 5 6 : 歐幾里得距離區塊
- 3 0 2 、 3 0 4 、 3 1 2 、 3 1 4 : 壓力輸出訊號
- 3 2 2 : 主動壓力訊號波
- 3 2 6 : 反射壓力訊號
- 3 5 0 : 計算裝置
- 3 5 2 : 網路介面
- 3 5 4 : 匯流排
- 3 5 6 : 光碟
- 3 5 8 : 光碟機
- 3 6 0 : 非揮發性儲存器
- 3 6 2 : 處理器
- 3 6 4 : 電腦
- 3 6 6 : 記憶體
- 3 6 8 : 顯示器
- 3 7 0 : 網路
- 3 7 2 : 鍵盤及 ( 或 ) 滑鼠

3 7 4 : 藍芽無線裝置

3 7 6 : 輸出訊號

【生物材料寄存】

【 0 1 1 7 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 1 1 8 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

**【發明申請專利範圍】**

【第 1 項】 一種用於監視在一結構中之一水管系統中之水的一水流的設備，該水管系統在一水源與兩個或更多個供水設施之間耦接，該設備包括：

一處理模組，其被配置以運行於一計算單元上；及  
一感測裝置，該裝置包括：

一或多個壓力感測器，其被配置以提供一或多個壓力測量值並將該一或多個壓力測量值轉換成一或多個數位壓力測量訊號，

其中：

該一或多個壓力感測器被配置以耦接至以下之至少一者：該結構中之該水管系統或該兩個或更多個供水設施；

該一或多個壓力感測器被耦接至該結構中之該水管系統或該兩個或更多個供水設施，使得該一或多個壓力感測器不被耦接至在該兩個或更多個供水設施的一第一供水設施與該水源之間的該水管系統；

該感測裝置被進一步配置以傳送  
(communicate)該一或多個數位壓力測量訊號至該計算單元；且

該處理模組被配置以判定至少由該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施的一第一個別水流量

使用 ( individual water flow amount usage ) 與由該兩個或更多個供水設施的一第二供水設施的一第二個別水流量使用，該判定是基於該一或多個數位壓力測量訊號。

【第2項】如請求項第1項所述的設備，其中：

該處理模組被進一步配置以判定在一預定期間的時間中耦接至該結構中之該水管系統的該兩個或更多個供水設施的一總水流量使用；且

該總用水流量使用包括至少該第一個別水流量使用及該第二個別水流量使用。

【第3項】如請求項第1項所述的設備，其中：

該處理模組被進一步配置以判定由該兩個或更多個供水設施的各者的一個別水流量使用 ( individual water flow amount usage ) ，該判定是基於該一或多個數位壓力測量訊號。

【第4項】如請求項第1項所述的設備，其中：

該感測裝置進一步包括：

一處理器；

一通訊模組，其被配置以在該處理器上運行，並

被進一步配置以使用網際網路 ( Internet ) 傳送 ( communicate ) 該一或多個數位壓力測量訊號至該計算單元；及

一預處理模組，其被配置以在該處理器上運行，並被進一步配置以在該通訊模組傳送該一或多個數位壓力測量訊號至該計算單元前，對該一或多個數位壓力測量訊號實行一或多個處理操作。

【第5項】如請求項第1項所述的設備，其中：

該兩個或更多個供水設施的該第二供水設施包括一水龍頭；

該一或多個壓力感測器被耦接至該水源與該水龍頭間的該水管系統；及

該水龍頭並不耦接至該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施與該水源間的該水管系統。

【第6項】如請求項第1項所述的設備，其中：

該一或多個壓力感測器在該水管系統的一端點處被耦接至該結構中之該水管系統。

【第7項】如請求項第1項所述的設備，其中：

該一或多個壓力感測器的一第一壓力感測器在該水

管系統的一第一點處耦接至該結構中之該水管系統；

該水管系統的該第一點並不位於該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施與該水源間的該水管系統中；

該一或多個壓力感測器的該第一壓力感測器被配置以判定在該水管系統中之該第一點處之該一或多個數位壓力測量訊號；及

該處理模組被進一步配置以使用來自該水管系統中之該第一點的該一或多個數位壓力測量訊號來判定耦接至該水管系統的該兩個或更多個供水設施的各者的一個別水流量使用。

**【第8項】** 如請求項第1項所述的設備，其中：

該一或多個壓力感測器被耦接至該結構中之該水管系統，使得該一或多個壓力感測器並不耦接至在該兩個或更多個供水設施的該第二供水設施與該水源之間的該水管系統。

**【第9項】** 如請求項第1項所述的設備，其中：

該一或多個壓力感測器被耦接至該結構中之該水管系統，使得該一或多個壓力感測器耦接至在該兩個或更多個供水設施的該第二供水設施與該水源之間的該水管系統。

【第10項】 如請求項第1項所述的設備，其中：

該兩個或更多個供水設施包括以下之至少兩者：一水龍頭、一浴室洗手槽（sink）、一馬桶、一廚房洗手槽、一浴缸、一洗碗機、一淋浴（shower）、一熱水加熱器、或一洗衣機。

【第11項】 如請求項第1項所述的設備，其中：

該處理模組被進一步配置以藉由關閉更多或開啓更多而判定與該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施相關聯的一閥門是否已改變狀態。

【第12項】 如請求項第1項所述的設備，其中：

該處理模組被進一步配置以在該兩個或更多個供水設施皆未被檢測為開啓時的時間期間中，藉由檢測該水管系統中的該水的該水流來檢測該水管系統中的一滲漏。

【第13項】 如請求項第1項所述的設備，其中：

該處理模組被進一步配置以經由一圖形化使用者介面傳送該第一個別水流量使用及該第二個別水流量使用至一使用者。

【第14項】 如請求項第1項所述的設備，其中：

該感測裝置包括兩個或更多個壓力感測器，該兩個或更多個壓力感測器經配置以提供兩個或更多個壓力測量值並將該等兩個或更多個壓力測量值轉換成兩個或更多個數位壓力測量訊號；

該一或多個壓力測量值包括該兩個或更多個壓力測量值；

該一或多個數位壓力測量訊號包括該兩個或更多個數位壓力測量訊號；且

該處理模組被配置以判定至少由該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施的該第一個別水流量使用與由該兩個或更多個供水設施的該第二供水設施的該第二個別水流量使用，該判定是基於該兩個或更多個數位壓力測量訊號。

【第15項】 一種用於監視在一結構中之一水管系統中之水的一水流的設備，該水管系統在一水源與兩個或更多個供水設施之間耦接，該設備包括：

一處理模組，其被配置以運行於一計算單元上；及

一感測裝置，該裝置包括：

一或多個壓力感測器，其被配置以提供一或多個壓力測量值，

其中：

該一或多個壓力感測器被配置以耦接至以下之至少一者：該結構中之該水管系統或該兩個或更多個供水設施；

該一或多個壓力感測器被耦接至該結構中之該水管系統或該兩個或更多個供水設施，使得該一或多個壓力感測器不被耦接至在該兩個或更多個供水設施的一第一供水設施與該水源之間的該水管系統；

該感測裝置被進一步配置以傳送 ( c o m m u n i c a t e ) 該一或多個壓力測量值至該計算單元；

該處理模組被配置以使用該一或多個壓力測量值來判定至少由該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施與該兩個或更多個供水設施的一第二供水設施的用水；

該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施包括：具有一儲水槽閥門 ( r e s e r v o i r v a l v e ) 的一儲水槽 ( r e s e r v o i r ) ，其中若該儲水槽中的一水位降至低於一預定水位，該儲水槽閥門自動地打開；及

該處理模組被進一步配置以藉由識別在該一或多個壓力測量值中的一或多個特徵來檢測從該儲水槽的一滲漏。

【第16項】 一種用於監視在一建築物之水管中之水的一水流的方法，該水管被耦接至一壓力調節器與兩個或更多個供水設施，該方法包括以下步驟：

監測在該水管中之一第一點處的壓力，以產生指示在該水管中之該第一點處的該壓力的一或多個數位壓力輸出訊號；

傳送 (communication) 該一或多個數位壓力輸出訊號至一伺服器；

在傳送該一或多個數位壓力輸出訊號之後，基於由該一或多個數位壓力輸出訊號所指示的該壓力中之一或多個變化，而檢測發生在該水管中之一或多個與水相關連的事件；

基於該一或多個數位壓力輸出訊號，將該一或多個與水相關連的事件相關聯於該兩個或更多個供水設施的第一供水設施；

判定從該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施的一流量，該判定是基於該一或多個數位壓力輸出訊號；  
及

傳送關於該一或多個與水相關連的事件和該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施的資訊至一使用者，

其中：

在該水管中的該第一點不位於該壓力調節器與該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施之間的該水管中。

【第17項】 如請求項第16項所述之方法，進一步包括以下步驟：

基於由該一或多個數位壓力輸出訊號所指示的該壓力中之一或多個第二變化，檢測發生在該水管中的一或多個第二與水相關連的事件；以及

在將該一或多個與水相關連的事件相關聯之前，將該一或多個第二與水相關連的事件與該兩個或更多個供水設施的一第二供水設施互相關連。

【第18項】 如請求項第16項所述之方法，其中：

傳送該一或多個數位壓力輸出訊號至該伺服器之步驟包括：透過網際網路傳送該一或多個數位壓力輸出訊號至該伺服器。

【第19項】 如請求項第16項所述之方法，進一步包括以下步驟：

將一壓力感測器耦接至一第一水龍頭，使得該壓力感測器在該水管中的該第一點處耦接至該水管，

其中：

監測在該第一點處的壓力之步驟包括：

使用該壓力感測器以監測該壓力並產生指示在該水管中之該第一點處的該壓力的該一或多個數位壓力輸出訊號；

該兩個或更多個供水設施包括該第一水龍頭；及  
該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施不包括該第一水龍頭。

【第20項】 如請求項第16項所述之方法，進一步包括以下步驟：

在該水管中的該第一點處將一壓力感測器耦接至該水管，

其中：

監測在該第一點處的壓力之步驟包括：

使用該壓力感測器以監測該壓力並產生指示在該水管中之該第一點處的該壓力的該一或多個數位壓力輸出訊號。

【第21項】 如請求項第16項所述之方法，其中：

將該一或多個與水相關連的事件相關聯於該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施之步驟包括：

藉由關閉更多或開啓更多而判定與該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施相關聯的一閥門是否已改變狀態。

【第22項】 如請求項第16項所述之方法，進一步包括以下步驟：

判定該一或多個與水相關連的事件的各者是一特定類型的與水相關連的事件，該特定類型的與水相關連的事件是來自與該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施相關聯之兩種或更多種不同類型的與水相關連的事件。

【第23項】 一種用於監視在一建築物之水管中之水的一水流的方法，該水管被耦接至一壓力調節器與兩個或更多個供水設施，該方法包括以下步驟：

監測在該水管中之一第一點處的壓力，以產生指示在該水管中之該第一點處的該壓力的一或多個輸出訊號；

傳送 (communication) 該一或多個輸出訊號至一伺服器；

在傳送該一或多個輸出訊號之後，基於由該一或多個輸出訊號所指示的該壓力中之一或多個變化，而檢測發生在該水管中之一或多個與水相關連的事件；

將該一或多個與水相關連的事件相關聯於該兩個或

更多個供水設施的一第一供水設施；及

傳送關於該一或多個與水相關連的事件和該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施的資訊至一使用者，

其中：

在該水管中的該第一點不位於該壓力調節器與該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施之間的該水管中；

該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施包括：具有一儲水槽閥門（reservoir valve）的一儲水槽（reservoir），其中若該儲水槽中的一水位降至低於一預定水位，該儲水槽閥門自動地打開；且

將該一或多個與水相關連的事件相關聯於該兩個或更多個供水設施的該第一供水設施之步驟包括：

藉由識別在該一或多個輸出訊號中的一或多個特徵來檢測從該儲水槽的一滲漏；及

傳送該資訊之步驟包括：

將在該儲水槽中已發生該滲漏之情形傳送至該使用者。