本功能使用Google Translate翻譯軟體，其翻譯結果僅供參考，本局不保證其翻譯結果之準確、完整或適用於特
目的。
This translation is machine-generated by using Google Translate. The translation is for reference
TIPO does not guarantee the translation is accurate, complete, reliable or fit for specific
purposes.

DTD版本： 1.0.0

發明專利說明書

※申請案號：098128814 ※I P C 分類：

一、發明名稱：

無線感測系統與其方法

WIRELESS SENSING SYSTEM AND METHOD THEREOF

二、中文發明摘要：

本發明提出一種無線感測系統與其方法。無線感測模組感測一原始資料，並將此原始資料處理成一動態計數速寫(dynamic counting sketch)資料結構。該動態計數速寫資料結構之長度取決於該原始資料的數值。無線感測模組將此動態計數速寫資料結構廣播於無線感測系統，並利用動態計數速寫資料聚合演算法進行聚合，最後將聚合結果(亦為一動態計數速寫資料結構)傳至主機。主機根據此動態計數速寫資料結構而回估此原始資料。

三、英文發明摘要：

A wireless sensing system and a method thereof are provided. A wireless sensor module acquires a source data and processes as a data structure named dynamic counting sketch. The length of the dynamic counting sketch is determined based on the readings of source data. The dynamic counting sketch is broadcast inside the wireless sensing system, and is subjected to an aggregation computation. Finally, the final aggregation result (also in format of a dynamic counting sketch) is sent to a base-station. Based on the final aggregation result, the base-station estimates the source data.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為： 第2圖

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

210~250・・・步驟

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

[0001] 本發明是有關於一種網路感測系統與方法，且特別是有關於一種以動態計數來進行感測資料聚合之無線網路感測系統與方法。

【先前技術】

[0002] 無線感測系統(wireless sensor system)可應用於如室外或室內。室外應用比如森林生態監測等。室內應用比如為：工廠二氧化碳濃度的偵測，室內溫度監測等。無線感測系統中的無線感測器感測資料、收集資料並回傳。

[0003] 目前，對於無線感測器所感測的資料，使用者可能會進行資料聚合查詢(data aggregation query)，比如，查詢這些感測資料的加總(sum)、平均值、計數、長條圖(histogram)、最大值等。而感測資料聚合查詢的常見應用比如包括：查詢某區域內的平均瓦斯消耗量(平均值的應用)、查詢無線感測系統中的可用感測器節點數量(計數的應用)或最大降雨量區域(最大值的應用)。

[0004] 目前，無線感測器系統中常用資料聚合方式為樹狀式(tree-based)資料聚合計算。針對整個無線感測系統，建構一支擴張樹，其中，以某一節點為根節點，其他無線感測器為葉節點。比如，要進行加法性運算時，由最下層的感測器節點會將其感測值傳送(或是廣播)至上一層的感測器節點；各感測器節點會以加法加總其所有子節點所傳送過來的感測值與其本身的感測值，以計算出新的聚合值，往母節點傳送。如此層層進行，最後於根節點計算出最終聚合值。

[0005] 此外，為提昇可靠度與通訊容錯能力，目前亦提出多路徑資料傳遞(Multi-Path Routing)以應用於無線感測系統之感測資料聚合計算方式。在多路徑式資料聚合計算中，以有向無環式圖形(Directed Acyclic Graph)來連結無線感測系統中的各感測器節點。在多路徑式資料聚合中，感測器節點廣播其本身感測值至其上一層的所有節點。由於一筆感測值有多筆複本在網路中傳遞與計算，唯有在所有複本皆遺失的狀況下，才會造成該感測器節點之感測值的遺失，故其可靠度較佳。然而，在多路徑資料傳遞方法中，相同的資料可能會被接收與計算多次，衍生出重複計數的問題(Double Counting Problem)，進而造成錯誤的資料聚合查詢結果。

[0006] 故而，本發明的示範例提出一種無線感測系統與其方法，其能以動態計數為基礎，進行資料聚合。

【發明內容】

[0007] 根據本發明之一示範例，提出一種無線感測系統，包括：一訊息處理中心；以及一第一感測器模組，該第一

感測器模組將一第一原始資料處理成一第一動態計數速寫資料結構，其中，該第一動態計數速寫資料結構之一長度取決於該第一原始資料。該訊息處理中心回估出該第一原始資料。

[0008] 根據本發明之另一示範例，提出一種無線感測方法，應用於一無線感測系統。該無線感測方法包括：接收一使用者命令；感測一第一原始資料與一第二原始資料；將該第一原始資料與該第二原始資料分別處理成一第一與一第二動態計數速寫資料結構，其中，該第一與該第二動態計數速寫資料結構之長度分別取決於該第一與該第二原始資料；對該第一與該第二動態計數速寫資料結構進行一內網路資料聚合以成為一第三動態計數速寫資料結構；經過該無線感測系統之層層聚合後，產生一最終動態計數速寫資料結構；以及根據該最終動態計數速寫資料結構以回估出該第一原始資料、該第二原始資料、及該層層聚合中之其餘原始資料。

[0009] 為讓本發明之上述內容能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下：

【實施方式】

[0010] 第1A圖顯示根據本發明第一實施例的無線感測系統的示意圖。第1B圖顯示應用於本發明第一實施例的訊息處理中心的功能示意圖。第1C圖顯示應用於本發明第一實施例的感測器模組的功能示意圖。

[0011] 如第1A圖所示，本發明實施例的無線感測系統100包括訊息處理中心110與多個感測器模組120(以120a~120e為例，但本發明實施例並不受限於此)。如第1B圖所示，訊息處理中心110包括：處理單元111、回估模組112、資料庫113與通訊模組114。如第1B圖所示，感測器模組120包括：處理單元121、感測單元122、執行模組123與通訊模組124。在本說明書中，感測器模組、節點、感測節點都是指相同意義。

[0012] 感測器模組120會根據訊息處理中心110所傳來的指令來收集資料並回傳給訊息處理中心110。訊息處理中心110接收到由感測器模組120所回傳的資料後，回估出聚合資料並回報給使用者。

[0013] 處理單元111用以執行內部計算(local computing)，及分析資料。回估模組112會根據感測器模組120所回傳的最終資料來回估資料。資料庫113用以儲存感測器模組120所收集的資料。通訊模組114用以接收及傳送資料於感測器模組120與訊息處理中心110之間。

[0014] 處理單元121用以執行內部計算，比如，分析指令等。處理單元121具有基本運算能力，可決定感測週期及感測路徑，並控制感測單元122將感測結果透過通訊模組124送回訊息處理中心110。

[0015] 感測單元122受控於處理單元121與執行模組123。感測單元122會感測環境，以得到感測資料。感測單元122所收集到的資料會透過通訊模組124而傳給訊息處理中心110。感測單元122可為多屬性感測器，其可用於感測：溫度、溼度、光度、壓力、氣體濃度等各類型環境變數。

[0016] 執行模組123用以分析由訊息處理中心110所傳來的指令。通訊模組124用以接收及傳送資料於訊息處理中心110與感測器模組120之間。

[0017] 為方便起見，假設無線感測系統100中的所有感測器模組120皆參與資料聚合(亦即，所有感測器模組120都要感測並回傳資料)。本實施例應用多路徑式拓樸，亦即，下層感測器模組將資料向上傳送給所有的上層感測器模組，由上層感測器將其本身感測資料與所接收的資料進行聚合。以第1A圖為例，感測器模組120e會將其感測資料送給感測器模組120b與120c，感測器模組120b則將其本身感測資料聚合於感測器模組120e的感測資料，並將聚合後資料往上廣播給其上層感測器模組120a。最上層的感測器模組(120a)，亦可稱為根節點，會聚合所有的資料並送給訊息處理中心110。

[0018] 現請參考第2圖，其顯示根據本發明第一實施例的無線感測系統的操作流程圖。如第2圖所示，在步驟210中，使用者設定參數，比如，使用者可透過訊息處理中心110來設定參數。使用者參數比如但不受限於誤差容忍、信心水準、資料聚合函式、資料聚合準確度需求、隱私權保障需求等等。資料聚合函式包含至少一資料屬性及一查詢種類，其中資料屬性為感測器之感測屬性，查詢種類為平均值、總和、記數、最大值等聚合查詢。隱私權保護需求為一選擇性選項，決定是否某一感測器模組是否需要隱私權保護。

[0019] 於步驟220中，感測器模組依命令來感測資料，命令比如包括指定時脈(亦即感測周期、感測頻率等)。於步驟230中，感測器模組依使用者參數，以“動態計數速寫(dynamic counting sketches)資料結構”來儲存感測值，其細節將於底下說明之。於步驟240，感測器模組進行資料聚合，以將其本身的感測值(表示為動態計數速寫資料結構)聚合於其所接收的聚合資料(如果有的話，其來自其下層的感測器模組)，其細節將於底下說明之。於步驟250，訊息處理中心會收到根節點所傳來的聚合資料，進行數值回估，並回報給使用者。

[0020] 在本實施例中，感測器模組120中的執行模組123將其本身所感測到的資料表示成動態計數速寫資料結構。而且，此動態計數速寫資料結構的長度是可變動的，亦即，其長度可有關於感測資料的數值。在本實施例中，動態計數速寫資料結構所需的儲存空間乃是動態配置的(因其長度是動態變化的)。

[0021] 在本實施例中，動態計數速寫資料結構DC(BI,CV)包含：定址索引元件BI(Border Index)與計數向量CV(Counting Vector)。定址索引元件會指示此感測器節點之計數向量的長度(亦即其索引位置)。計數向量則為一位元向量，其中，隨機均勻地設定最多x個元素(x為此感測器模組的感測資料值)為1。

[0022] 假設2個感測模組的感測資料分別為8與4，則其動態計數速寫資料結構DC(BI,CV)可分別表示如第3A圖與第3B圖所示。

[0023] 對於參與資料聚合的第i個節點，根據其感測資料值V_i ，其所配置的計數向量的長度m_i 可表示如下式(1)：

[0024]

$$m_i=\left\lceil \frac{v_i \cdot L(k,\varepsilon,\delta)}{5(e^t-t-1)} \right\rceil \cdot 5(e^t-t-1) \qquad (1)$$

[0025] 其中，ε代表相對誤差比例(其為使用者參數)，而1-δ則代表信心水準(其為使用者參數)，t=k/L(k, ε, δ)，L(k, ε, δ)=k/ln(2・k・ε・δ+2)，k代表網路中感測模組的個數。

[0026] 在本實施例中，感測器模組120中的執行模組123將其本身的感測值(表示為動態計數速寫資料結構)聚合於其所接收的聚合資料(來自其下層的感測器模組，且已表示為動態計數速寫資料結構)。也就是說，在本實施例中，於下層感測器模組所傳送給上層感測器模組的資料亦表示為動態計數速寫資料結構。

[0027] 接下來，將說明本實施例如何進行資料結構的聚合計算。無線感測系統的最下層的感測器節點會將其動態計數速寫資料結構廣播到其上一層的所有節點。收到動態計數速寫資料結構之節點，將其自己之動態計數速寫資料結構與接收到之動態計數速寫資料結構進行內網路資料聚合(In-network Aggregation)。

[0028] 當兩個動態計數速寫資料結構要進行聚合時，其聚合如下：給定兩個動態計數速寫資料結構DC_1（BI_1，CV_1）與DC_2（BI_2，CV_2），假設$|CV_1|=|CV_2|$。則DC_1 與DC_2 之總和DC_3（BI_3，CV_3）如表示如下：

[0029] $BI_3=BI_1 \cup BI_2$ （2）

[0030] $CV_3[i]=(CV_1[i]) \vee (CV_2[i]), i=0,\cdots,|CV_1|-1$ （3）

[0031] $CV_3[i]=CV_2[i], \quad i=|CV_1|,\cdots,|CV_2|-1$ （4）

[0032] 其中，∪代表聯集，而∨則代表邏輯或(logic OR)。

[0033] 假設某一個感測器模組的感測資料DC_1（BI_1，CV_1）可表示如第3A圖(亦即，其數值為8)，而其所接收到的下層感測器模組所傳來的資料結構DC_2（BI_2，CV_2）可表示如第3B圖(亦即，其數值為4)，則此感測器模組所進行的資料聚合如第4圖所示。

[0034] 該感測器模組將聚合過後的動態計數速寫資料結構傳送至其上層節點，直到所有的動態計數速寫資料結構集合於根節點。也就是說，根節點會聚合出最終動態計數速寫資料結構。

[0035] 待所有的動態計數速寫資料結構集合於根節點後，根節點將所有動態計數速寫資料結構聚合後產生一個最終動態計數速寫資料結構DC_{final}，其表示如下式(5)：

[0036]

$$DC_{final}=\sum_{i=1}^{k} DC_i \qquad (5)$$

[0037] 其中，k代表網路中感測模組的個數。

[0038] 根據此最終動態計數速寫資料結構之定址索引元件與計數向量，訊息處理中心的回估模組可利用以下動態計數估算式(6)以回估出最終結果：

[0039]

$$\hat{n}=\sum_{i=1}^{\max}\hat{v}_i=-BI_{\max}\ln(V_{m_{\max}}')-\sum_{i=1}^{\max-1}BI_i\ln(V_{m_i}'/V_{m_{i+1}}') \qquad (6)$$

[0040]

其中，$\hat{n}$代表預估的最終結果，$\hat{v}_i$代表對各感測器模組的動態計數速寫資料結構的預估結果，max則代表最長的動態計數速寫資料結構長度，而V_i' 則代表最終動態計數速寫資料結構DC_{final} 的各區間i的位元0的比率。

[0041] 第5圖顯示最終動態計數速寫資料結構DC_{final} 的一例。如第5圖所示，此最終動態計數速寫資料結構DC_{final} 包括120個位元，其由3個動態計數速寫資料結構DC_1 ~DC_3 聚合所示，假設DC_1 的BI為50；DC_2 的BI為100；DC_3 的BI為120。其中，最終動態計數速寫資料結構DC_{final} 的第1個位元至第50個位元表示為區間510；第51個位元至第100個位元表示為區間520；第101個位元至第120個位元表示為區間530。V_1 代表在區間510中的位元0的比率；V_2 代表在區間520中的位元0的比率；V_3 代表在區間530中的位元0的比率。以第5圖為例，當V_1 =0.16時，代表在區間510中有8個位元為0(50*0.16=8)；其餘可依此類推。

[0042] 由於區間530中的所有位元乃是由動態計數速寫資料結構DC_3 的第101個位元至第120個位元直接而來，故而，區間530中的位元0的比率V_3 即為動態計數速寫資料結構DC_3 的位元0的比率。可以推出動態計數速寫資料結構DC_3 的位元0的比率為0.6。在推出動態計數速寫資料結構DC_3 的位元0的比率之後，可以推出動態計數速寫資料結構DC_3 的位元1的比率(亦即，可以推出動態計數速寫資料結構DC_3 的位元1的個數)。由於在動態計數速寫資料結構中，位元1乃是根據其相關感測資料而隨機分佈於位元向量之中，所以，也就是說，位元1的數量有關於其感測資料，故而，在得知位元1的數量後，即可推出其感測資料之值為多少。

[0043] 由於區間520中的所有位元乃是由動態計數速寫資料結構DC_2 的第51個位元至第100個位元與動態計數速寫資料結構DC_3 的第51個位元至第100個位元加總(邏輯或)而來，故而，區間520中的位元0的比率V_2 即為動態計數速寫資料結構DC_2 的位元0的比率與動態計數速寫資料結構DC_3 的位元0的比率(亦即V_3)之乘積。可以推出動態計數速寫資料結構DC_2 的位元0的比率為0.38/0.6。

[0044] 由於區間510中的所有位元乃是由動態計數速寫資料結構DC_1 的第1個位元至第50個位元、動態計數速寫資料結構DC_2 的第1個位元至第50個位元與動態計數速寫資料結構DC_3 的第1個位元至第50個位元加總(邏輯或)而來。故而，區間510中的位元0的比率V_1 即為動態計數速寫資料結構DC_1 的位元0的比率、動態計數速寫資料結構DC_2 的位元0的比率與動態計數速寫資料結構DC_3 的位元0的比率之乘積。可以推出動態計數速寫資料結構DC_1 的位元0的比率為0.16/0.38。

[0045] 將第5圖中的各V' 值代入於公式(6)，可推出其最終結果如底下式(7)所示：

[0046]

$$\begin{aligned}\hat{n} &= -BI_3*\ln(V_3') - BI_2*\ln(V_2'/V_3') - BI_1*\ln(V_1'/V_2') \\ &= -120\ln(0.6) - 100\ln(0.38/0.6) - 50\ln(0.16/0.38) \\ &= 150 \qquad (7)\end{aligned}$$

[0047] 回估模組會將最終結果回傳予下達查詢之使用者。至此，即可完成資料聚合。基於本方法之加法特性(additive property)，使用者可利用本方法進行諸如平均值、加總等具加法特性之資料聚合查詢。

[0048] 為更說明第一實施例，第6A圖至第6C圖顯示資料聚合之過程，其中，H代表根節點，而N1~N3則代表三個感測器模組。假設感測器模組N1~N3的感測資料分別為3、1與0。如第6A圖所示，感測器模組N1~N2的感測資料3與1可分別表示為動態計數速寫資料結構的計數向量CV_1 與CV_2（為簡化起見，省略定址索引元件BI，而定址索引元件BI亦傳送於節點之間）。

[0049] 在第6B圖中，感測器模組N1將計數向量CV_1 向上傳送(廣播)給上層的感測器模組N2與N3。在感測器模組N2接收

到計數向量CV_1 後，其將計數向量CV_1 與CV_2 進行資料聚合(加法)，並得到計數向量CV_3 。亦即，在本實施例中，下層的感測器模組(或可稱為子節點)可擁有一個以上的上層感測器模組(或可稱為父節點)，並傳輸相同資料給所有父節點。

[0050] 在第6C圖中，感測器模組N2與N3分別將計數向量CV_3 與CV_1 向上傳送給根節點H。而根節點H接收到計數向量CV_3 與CV_1 後，其將計數向量CV_3 與CV_1 進行資料聚合(加法)，並得到計數向量CV_4 。利用上述公式，根節點可回估出最終結果約為4.15。實際上，三個感測器模組的數值總和為4(3+1+0=4)，故而，可得知，本實施例所回估(預估)出的結果相近於實際總和。

[0051] 此外，(1)即使感測器模組N1與N3間(或是感測器模組N3與根節點H)間的連線中斷，根節點H所接收的計數向量CV_3 仍相同於第6C圖所示的CV_3 。雖然計數向量CV_1 為0(或是接收不到計數向量CV_1)，聚合CV_3 與CV_1 後的計數向量CV_4 仍相同於第6C圖所示的CV_4 ，也就是說，在此情況下，最終結果仍不受感測器模組N1與N3(或是感測器模組N3與根節點H)間的連線中斷的影響。(2)即使感測器模組N1與N2間的連線中斷，根節點H所接收的計數向量CV_1 仍相同於第6C圖所示的CV_1 ，而感測器模組N2則傳送計數向量CV_2 給根節點H。聚合CV_1 與CV_2 後的計數向量CV_4 仍相同於第6C圖所示的CV_4 ，也就是說，在此情況下，最終結果仍不受感測器模組N1與N2間的連線中斷的影響。

[0052] 以上實施例以加法性資料聚合為例做說明，習知此技術者當知本發明實施例以加法當基礎原理延伸，並不受限於此。本發明實施例所提之資料聚合方法亦不僅適用兩層，感測資料在層層聚合後，亦可層層還原(回估)各節點產生之感測值。此外，在整個無線感測系統中，如果使用者不需要某(或某些)感測器模組的感測資料的話，則這(或這些)感測器模組將不會產生感測資料，或不需將感測資料向上傳送(廣播)。

[0053] 現有感測器資料聚合技術多著眼於戶外資料收集與科學應用，故而，感測器資料之隱私權保障並非主要設計考量重點。然而，當無線感測系統應用到居家應用或者社區管理，感測資料可能牽涉比較敏感的個人隱私或者安全考量。但是，系統的管理者依然可能需要感測器的聚合資料，以應用於資源規劃或節能。因此，本發明第二實施例提出，在兼顧感測資料的隱私權下，進行感測資料的聚合查詢處理。

[0054] 現請參考第7圖，其顯示根據本發明第二實施例的無線感測系統的操作流程圖。原則上，步驟710與720相同或相似於第2圖中的步驟710與720，故其細節在此省略。

[0055] 在步驟723中，依照步驟710中的使用者設定參數來決定是否要對感測資料進行隱私權保護。如果要，則流程接續至步驟726；否則流程接續至步驟730。

[0056] 在步驟726中，依感測資料，隨機產生亂數，並根據亂數與感測資料以得到新的感測資料，其細節於後說明之。所以，在第二實施例中，感測器模組更包括一隨機亂數產生單元。

[0057] 於步驟730中，感測器模組依使用者參數，以“動態計數速寫資料結構”來儲存感測值(不啟動隱私權保護，則儲存原感測資料；如果啟動隱私權保護，則儲存新感測資料)。步驟740與750相同或相似於步驟740與750，故其細節在此省略。

[0058] 於隨機產生亂數時，假設第i個感測器模組所感測的感測資料表示為Vi，而其相關亂數為ri，則ri為一隨機亂數，且其均勻取自[0,Vi]區間。故新的感測資料Vi”=Vi+ri。也就是說，由下層感測器模組傳給上層感測器模組的資料(與其資料結構)不再是原始的感測資料，而是加上隨機亂數的新感測資料。故而，即使加上隨機亂數的新感測資料有意或無意被非授權使用者所得知，非授權使用者也無法了解/推出原始的感測資料為何，故而，原始感測資料已獲得隱私權保護。

[0059] 此外，由於新的感測資料已包含亂數，故而，其計數向量之長度可表示如下式(8)：

[0060]

$$m_i = \left\lceil \frac{Max(k*(v_i+r)/t, G(k*(v_i+r), \varepsilon_{new}, \delta))}{5*e^t/t} \right\rceil * 5*e^t/t \qquad (8)$$

[0061] 其中，各參數之定義可由公式(1)得知。將隨機亂數導入於上述中，可以動態調節因隨機亂數所可能導致的誤差。此外，根據使用者設定之信心水準，可保證或幾乎保證原始感測資料的聚合結果的正確性能符合使用者的誤差容忍。

[0062] 第二實施例的資料聚合可相同或相似於第一實施例之資料，故其細節在此省略。

[0063] 最後，回估模組在回報結果給使用者時，必需去除將隨機亂數。令所有新的感測資料Vi”之總合(經過資料聚合，亦即以上述公式(6)所得到的結果)為n’，則n’可表示如下式(9)：

[0064]

$$n' = \sum_{i=1}^{k} Vi'' = n + E(\sum_{i=1}^{k} ri) \quad (9)$$

[0065] 其中，n代表原感測資料Vi之預測總合(亦即要回報給使用者的值)，而$E(\sum_{i=1}^{k} ri)$則代表所有亂數ri的期望值。

[0066] 由於各亂數彼此獨立，故而，$E(\sum_{i=1}^{k} ri)$可表示如下式_10：

[0067]

$$E(\sum_{i=1}^{k} ri) = \sum_{i=1}^{k} E(ri) \qquad (10)$$

[0068] 而由於各亂數乃是隨機且均勻取自[0,Vi]區間，故公式(10)可表示如下式(11)：

[0069]

$$\sum_{i=1}^{k} E(ri) = \sum_{i=1}^{k} \frac{Vi-0}{2} = \frac{n}{2} \qquad (11)$$

[0070] 將公式(11)代入公式(9)可得到：

[0071] n’=n+n/2 (12)

[0072]亦即，n可表示如下：

[0073]n=0.66n’　(13)

[0074]故而，回估模組可依公式(13)來回報n值給使用者。

[0075]此外，在第二實施例中，在某些情況下，並非所有的感測器模組都需要被隱私權保護，亦即，某些感測資料會加上隨機亂數，而其他的感測資料則不需加上隨機亂數。而在進行資料聚合時，可一起計算，而不需要分開運算。

[0076]綜上所述，本發明上述實施例所揭露之無線感測系統與其方法，具有多項技術特徵，諸如：

[0077](1)可變動長度的動態速寫資料結構：在上述實施例中，動態計數速寫資料結構(亦即傳送於節點間的封包)之長度有關於感測資料的數值；也就是說，數值愈大者，其資料結構愈長；反之亦然。而且，因為動態計數速寫資料結構之長度是可變動的，故而，在同一時刻下，每個感測器模組所送出的資料長度(亦即封包長度)可能不一(因為每個感測器模組所測得的感測資料數值不同)，或同一感測模組於不同週期所送出的資料長度可能不一(因為在不同週期，同一感測模組所感測到的感測資料數值可能不同)。此外，在本發明實施例中，於下層感測器模組所廣播出的資料結構可不需要感測器模組的辨別碼(ID)。

[0078](2)利用動態計數速寫資料結構於感測資料之表示與感測資料的聚合計算：在上述實施例中，利用動態計數速寫資料結構來表示欲進行聚合計算之感測資料，如此，即使某些感測資料被重複計算，也不會對最終結果(感測資料聚合值)有所影響。如第6A圖~第6C圖所示，感測器模組的感測資料(感測值3)被重複加總，但最終結果仍十分相近於原感測資料的加總。

[0079](3)感測資料的隱私權保護：在上述第二實施例中，以動態計數速寫資料結構為基礎，輔以隨機亂數產生，動態且可靠地隱藏所需保護的感測資料。此外，更可根據使用者所給定的資料聚合準確度需求，動態地調整資料聚合準確度，並同時保證或幾乎保證(根據使用者需求)所有的感測資料的聚合值都在使用者的資料聚合準確度需求之內。故而，本發明上述實施例所提出的感測資料隱私權保護技術可不需使用任何安全性加密技術，不囿於任意感測器模組被攻陷(被駭客入侵)，以及無視於節點竊聽技術。此外，被設定隱私權保護的感測資料與未設定隱私權保護的感測資料在資料聚合時，可一起計算，而不需要分開運算。

[0080](4)於應用層(application layer)上開發：在本發明上述實施例中，並非對於感測器模組的硬體架構或其通訊協定進行改善與增強，而是在應用層上對於資料聚合演算法之改進，與感測器模組所使用的通訊底層架構無關。亦即，本實施例所提出之技術將可相容於現有或更先進可靠的感測器通訊協定與硬體。

[0081]綜上所述，雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明。本發明所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾。因此，本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

[0097]第1A圖顯示根據本發明第一實施例的無線感測系統的示意圖。

[0098]第1B圖顯示應用於本發明第一實施例的訊息處理中心的功能示意圖。

[0099]第1C圖顯示應用於本發明第一實施例的感測器模組的功能示意圖。

[0100]第2圖顯示根據本發明第一實施例的無線感測系統的操作流程圖。

[0101]第3A圖與第3B圖顯示根據本發明第一實施例的動態計數速寫資料結構DC(BI,CV)。

[0102]第4圖顯示根據本發明第一實施例的資料聚合。

[0103]第5圖顯示根據本發明第一實施例的最終動態計數速寫資料結構DC_{final}的一例。

[0104]第6A圖至第6C圖顯示根據本發明第一實施例的資料聚合之過程。

[0105]第7圖顯示根據本發明第二實施例的無線感測系統的操作流程圖。

【主要元件符號說明】

[0082]100・・・無線感測系統

[0083]110・・・訊息處理中心

[0084]120、120a~120e・・・感測器模組

[0085]111・・・處理單元

[0086]112・・・回估模組

[0087]113・・・資料庫

[0088]114・・・通訊模組

[0089]121・・・處理單元

[0090]122・・・感測單元

[0091]123・・・執行模組

[0092]124・・・通訊模組

[0093]210~250・・・步驟

[0094]H・・・根節點

[0095]N1~N3・・・感測器模組

[0096]710~750・・・步驟

七、申請專利範圍：

1.一種無線感測系統，包括：一訊息處理中心；一第一感測器模組，感測一第一原始資料，該第一感測器模組將一第一原始資料處理成一第一動態計數速寫資料結構，並傳送給該訊息處理中心，其中，該第一動態計數速寫資料結構之一長度取決於該第一原始資料；以及一第二感測器模組，感測一第二原始資料，該第二感測器模組將該第二原始資料處理成一第二動態計數速寫資料結構以傳送給該第一感測器模組，其中，該第二動態計數速寫資料結構之一長度取決於該第二原始資料；在該第一感測器模組接收到該第二動態計數速寫資料結構後，

該第一感測器模組聚合該第一與該第二動態計數速寫資料結構以成為一第三動態計數速寫資料結構，並傳送給該訊息處理中心；該訊息處理中心根據所接收到的該第三動態計數速寫資料結構，來回估該第一原始資料與該第二原始資料；以及該第一動態計數速寫資料結構包括一第一定址索引元件與一第一計數向量，該第一計數向量之一長度取決於該第一原始資料，該第一定址索引元件指示該第一計數向量的該長度。

2.如申請專利範圍第1項所述之無線感測系統，其中，該第一感測器模組隨機設定最多x個位元1於該第一計數向量之中，x為該第一原始資料之數值，其中x為自 然數。

3.如申請專利範圍第2項所述之無線感測系統，其中，該第一動態計數速寫資料結構之長度有關於一相對誤差比例、一信心水準、一資料聚合函式與該無線感測系統中的感測器模組個數。

4.如申請專利範圍第2項所述之無線感測系統，其中，該第二動態計數速寫資料結構包括一第二定址索引元件與一第二計數向量，該第三動態計數速寫資料結構之一第三定址索引元件有關於該第一動態計數速寫資料結構之該第一定址索引元件與該第二動態計數速寫資料結構之該第二定址索引元件之一邏輯運算結果；以及該第三動態計數速寫資料結構之一第三計數向量有關於該第一動態計數速寫資料結構之該第一計數向量與該第二動態計數速寫資料結構之該第二計數向量之一邏輯運算結果。

5.如申請專利範圍第4項所述之無線感測系統，其中：該第三計數向量包含複數個區間；該訊息處理中心根據該第三動態計數速寫資料結構之該第三計數向量各區間的位元0的比率、該第一與該第二定址索引元件，回估該第一原始資料與該第二原始資料；以及該第一原始資料與該第二原始資料之該些回估資料不受該些感測器模組間之一連線之中斷的影響。

6.如申請專利範圍第1項所述之無線感測系統，其 中，回應一隱私權保護需求，該第一感測器模組依照該第一原始資料而隨機產生一第一亂數，並根據該第一亂數與該第一原始資料之一運算結果而得到該第一動態計數速寫資料結構。

7.如申請專利範圍第6項所述之無線感測系統，其中：該第一感測器模組隨機自一[0,Vi]區間取出該第一亂數，Vi為該第一原始資料，其中Vi為自然數。

8.如申請專利範圍第7項所述之無線感測系統，其中，該第一動態計數速寫資料結構之該長度有關於一相對誤差比例、一信心水準、一資料聚合函式、該第一亂數與該無線感測系統中的感測器模組個數。

9.一種無線感測方法，應用於一無線感測系統中，該無線感測系統包括一訊息處理中心、一第一感測器模組及一第二感測器模組，該方法包括：該第一感測器模組及該第二感測器模組分別接收一使用者命令以分別感測一第一原始資料與一第二原始資料；該第一感測器模組及該第二感測器模組將該第一原始資料與該第二原始資料分別處理成一第一與一第二動態計數速寫資料結構，其中，該第一與該第二動態計數速寫資料結構之長度分別取決於該第一與該第二原始資料；該第一感測器模組對該第一與該第二動態計數速寫資料結構進行一內網路資料聚合以成為一第三動態計數速寫資料結構，並傳送給該訊息處理中心；以及 該訊息處理中心根據該第三動態計數速寫資料結構以回估出該第一原始資料與該第二原始資料；其中該第一動態計數速寫資料結構包括一第一定址索引元件與一第一計數向量，該第一計數向量之一長度取決於該第一原始資料，該第一定址索引元件指示該第一計數向量的該長度。

10.如申請專利範圍第9項所述之無線感測方法，其中，該第一感測器模組隨機設定最多x個位元1於該第一計數向量之中，x為該第一原始資料之數值，其中x為自然數。

11.如申請專利範圍第9項所述之無線感測方法，其中，該第一動態計數速寫資料結構之長度有關於一相對誤差比例、一信心水準、一資料聚合函式與該無線感測系統中的感測器模組個數。

12.如申請專利範圍第10項所述之無線感測方法，其中，該第二動態計數速寫資料結構包括一第二定址索引元件與一第二計數向量，該第三動態計數速寫資料結構包括一第三定址索引元件與一第三計數向量，該第一感測器模組聚合該第一與該第二動態計數速寫資料結構以成為該第三動態計數速寫資料結構之該步驟包括：根據該第一動態計數速寫資料結構之該第一定址索引元件與該第二動態計數速寫資料結構之該第二定址索引元件之一邏輯運算結果而得到該第三動態計數速寫資料結構之該第三定址索引元件；以及根據該第一動態計數速寫資料結構之該第一計數向 量與該第二動態計數速寫資料結構之該第二計數向量之一邏輯運算結果而得到該第三動態計數速寫資料結構之該第三計數向量。

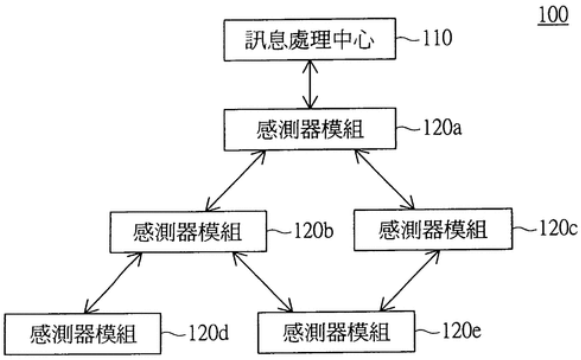
13.如申請專利範圍第12項所述之無線感測方法，其中，該訊息處理中心根據該第三動態計數速寫資料結構以回估出該第一與第二原始資料之該步驟包括：根據該第三動態計數速寫資料結構之該第三計數向量各區間的位元0的比率、該第一定址索引元件與該第二定址索引元件，回估該第一原始資料與該第二原始資料，其中，該第一原始資料與該第二原始資料之該些回估資料不受傳送該第一原始資料與該第二原始資料之一連線之中斷的影響。

14.如申請專利範圍第9項所述之無線感測方法，更包括：回應一隱私權保護需求，依照該第一原始資料而隨機產生一第一亂數，並根據該第一亂數與該第一原始資料之一運算結果而得到該第一動態計數速寫資料結構。

15.如申請專利範圍第14項所述之無線感測方法，更包括：隨機自一[0,Vi]區間取出該第一亂數，Vi為該第一原始資料，其中Vi為自然數。

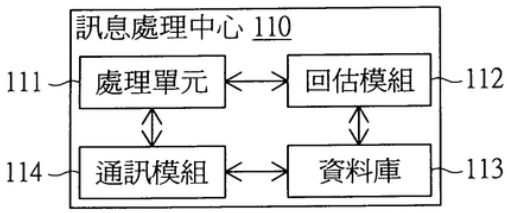
16.如申請專利範圍第15項所述之無線感測方法，其中：該第一動態計數速寫資料結構之該長度有關於一相對誤差比例、一信心水準、一資料聚合函式、該第一亂數 與該無線感測系統中的感測器模組個數。

八、圖式：



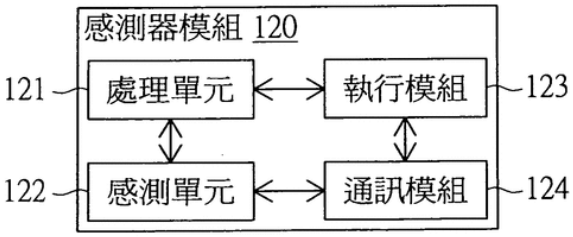
第 1A 圖

第1A圖



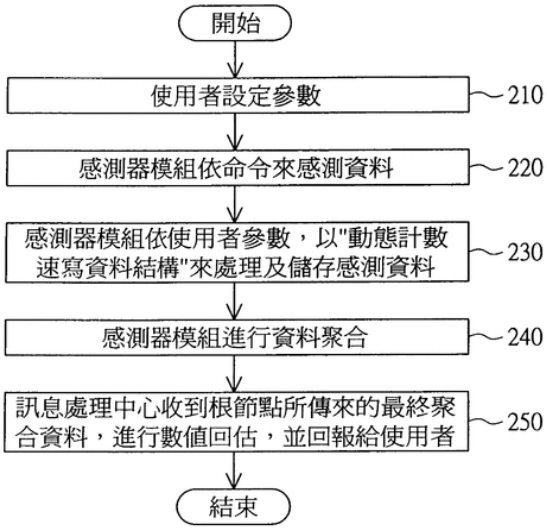
第 1B 圖

第1B圖



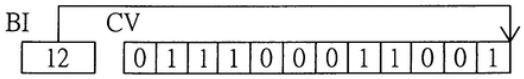
第 1C 圖

第1C圖



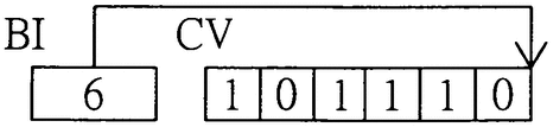
第 2 圖

第2圖



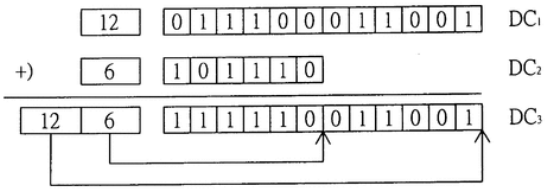
第 3A 圖

第3A圖



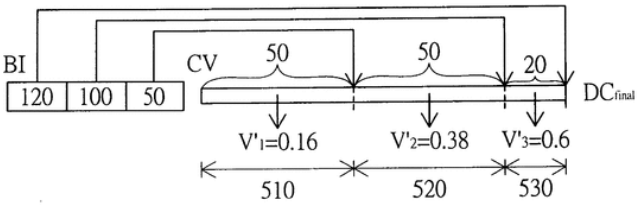
第 3B 圖

第3B圖



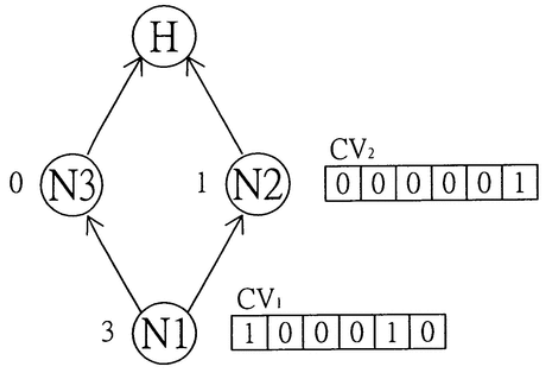
第 4 圖

第4圖



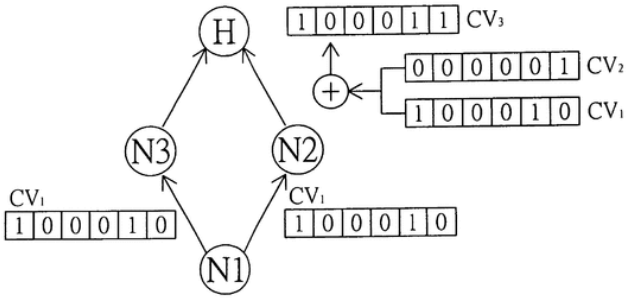
第 5 圖

第5圖



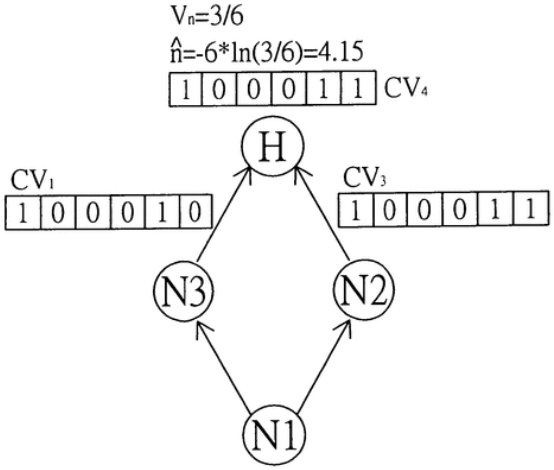
第 6A 圖

第6A圖



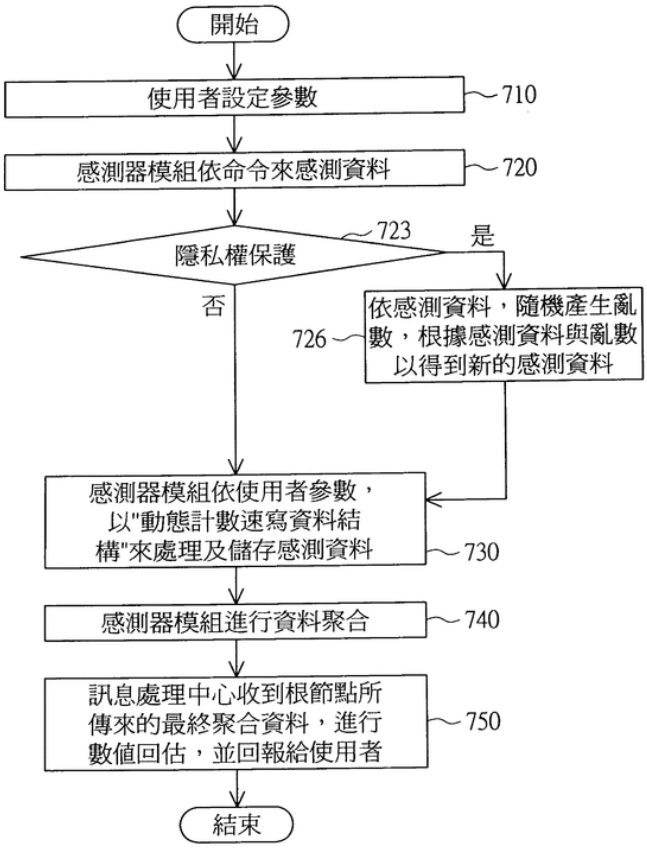
第 6B 圖

第6B圖



第 6C 圖

第6C圖



第 7 圖

第7圖