



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201432621 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 08 月 16 日

(21)申請案號：102134369

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 09 月 24 日

(51)Int. Cl. : G06T7/00 (2006.01)

G06T5/00 (2006.01)

(30)優先權：2013/02/14 俄羅斯聯邦

2013106513

(71)申請人：L S I 公司 (美國) LSI CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：帕芬諾福 丹尼斯 偉西樂維克 PARFENOV, DENIS VASILEVICH (RU)；帕何門哥 丹尼司 法丁米羅維克 PARKHOMENKO, DENIS VLADIMIROVICH (RU)；馬姿倫科 愛凡 李奧尼多維克 MAZURENKO, IVAN LEONIDOVICH (RU)；札瑟夫 丹尼司 法丁米羅維克 ZAYTSEV, DENIS VLADIMIROVICH (LV)；巴貝迪米崔 尼可拉維克 BABIN, DMITRY NIKOLAEVICH (RU)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：3 共 32 頁

(54)名稱

用於使用至少一額外影像之影像增強及邊緣驗證之方法及設備

METHOD AND APPARATUS FOR IMAGE ENHANCEMENT AND EDGE VERIFICATION USING AT LEAST ONE ADDITIONAL IMAGE

(57)摘要

一種影像處理系統包含一影像處理器，該影像處理器經組態以：對各別第一影像及第二影像執行第一邊緣偵測操作及第二邊緣偵測操作，以獲得各別第一邊緣影像及第二邊緣影像；使用來自該第一邊緣影像及該第二邊緣影像之邊緣，應用一聯合邊緣加權運算；基於該邊緣加權運算之結果，產生一邊緣遮罩；利用該邊緣遮罩以獲得一第三邊緣影像；及基於該第三邊緣影像產生一第三影像。僅舉例而言，在一給定之實施例中，該第一影像可包含由一深度成像器所產生之一第一深度影像，該第二影像可包含實質上與該第一影像同一場景之一二維影像，且該第三影像可包含相對於該第一深度影像具有增強之邊緣品質之一增強之深度影像。

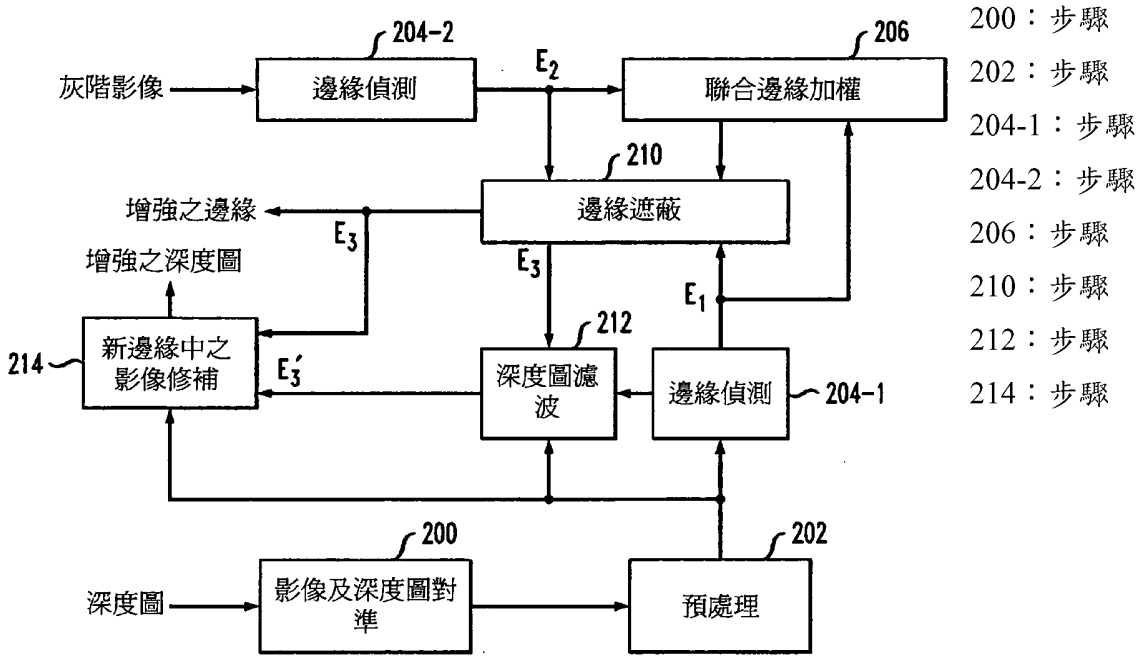


圖2



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201432621 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 08 月 16 日

(21)申請案號：102134369

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 09 月 24 日

(51)Int. Cl. : G06T7/00 (2006.01)

G06T5/00 (2006.01)

(30)優先權：2013/02/14 俄羅斯聯邦

2013106513

(71)申請人：L S I 公司 (美國) LSI CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：帕芬諾福 丹尼斯 偉西樂維克 PARFENOV, DENIS VASILEVICH (RU)；帕何門哥 丹尼司 法丁米羅維克 PARKHOMENKO, DENIS VLADIMIROVICH (RU)；馬姿倫科 愛凡 李奧尼多維克 MAZURENKO, IVAN LEONIDOVICH (RU)；札瑟夫 丹尼司 法丁米羅維克 ZAYTSEV, DENIS VLADIMIROVICH (LV)；巴貝迪米崔 尼可拉維克 BABIN, DMITRY NIKOLAEVICH (RU)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：3 共 32 頁

(54)名稱

用於使用至少一額外影像之影像增強及邊緣驗證之方法及設備

METHOD AND APPARATUS FOR IMAGE ENHANCEMENT AND EDGE VERIFICATION USING AT LEAST ONE ADDITIONAL IMAGE

(57)摘要

一種影像處理系統包含一影像處理器，該影像處理器經組態以：對各別第一影像及第二影像執行第一邊緣偵測操作及第二邊緣偵測操作，以獲得各別第一邊緣影像及第二邊緣影像；使用來自該第一邊緣影像及該第二邊緣影像之邊緣，應用一聯合邊緣加權運算；基於該邊緣加權運算之結果，產生一邊緣遮罩；利用該邊緣遮罩以獲得一第三邊緣影像；及基於該第三邊緣影像產生一第三影像。僅舉例而言，在一給定之實施例中，該第一影像可包含由一深度成像器所產生之一第一深度影像，該第二影像可包含實質上與該第一影像同一場景之一二維影像，且該第三影像可包含相對於該第一深度影像具有增強之邊緣品質之一增強之深度影像。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

用於使用至少一額外影像之影像增強及邊緣驗證之方法及設備
METHOD AND APPARATUS FOR IMAGE ENHANCEMENT AND
EDGE VERIFICATION USING AT LEAST ONE ADDITIONAL
IMAGE

【技術領域】

本領域大體上係關於影像處理，且更特定而言，係關於處理諸如深度圖及其他類型之深度影像之影像。

【先前技術】

已知用於偵測影像中之邊緣的廣泛多種不同技術。當應用至高解析度之影像(諸如，相片或由數位攝影機產生的其他二維(2D)影像)時，此等技術大體上產生可接受之結果。然而，許多重要之機器視覺應用利用由深度成像器(諸如，結構光(SL)攝影機或飛行時間(ToF)攝影機)產生的三維(3D)影像。此等深度影像常常為低解析度之影像，且通常包括雜訊很大及模糊之邊緣。

當應用於深度影像時，習知之邊緣偵測技術大體上沒有良好的表現。舉例而言，此等習知之技術可遺漏給定深度影像中之重要邊緣，抑或將多個亂真邊緣與重要邊緣定位在一起。所得的所偵測之邊緣品質較差，且因此削弱後續影像處理操作(諸如特徵提取、型樣識別、示意動作辨識、物件辨識及追蹤)之有效性。

【發明內容】

在一實施例中，一種影像處理系統包含一影像處理器，該影像處理器經組態以：對各別第一影像及第二影像執行第一邊緣偵測操作

及第二邊緣偵測操作，以獲得各別第一邊緣影像及第二邊緣影像；使用來自該第一邊緣影像及該第二邊緣影像之邊緣，應用一聯合邊緣加權運算；基於該邊緣加權運算之結果，產生一邊緣遮罩；利用該邊緣遮罩以獲得一第三邊緣影像；及基於該第三邊緣影像產生一第三影像。

僅舉例而言，在一給定之實施例中，該第一影像可包含由一深度成像器所產生的一第一深度影像，該第二影像可包含實質上與該第一影像同一場景的一二維影像，且該第三影像可包含相對於該第一深度影像具有增強之邊緣品質的一增強之深度影像。

本發明之其他實施例包括(但不限於)方法、設備、系統、處理裝置、積體電路及其中體現有電腦程式碼的電腦可讀儲存媒體。

【圖式簡單說明】

圖1為一實施例中的包含經組態以用於影像增強及邊緣驗證之影像處理器的影像處理系統的方塊圖。

圖2為用於在圖1之系統的影像處理器中使用灰階影像產生經增強之深度影像的例示性程序之流程圖。

圖3說明可在圖2之程序之聯合邊緣加權運算中使用的不同之像素附近區。

【實施方式】

本文中將結合包括影像處理器或其他類型之處理裝置，且實施用於產生具有可靠邊緣的經增強之深度影像的技術的例示性影像處理系統來說明本發明之實施例。然而，應理解，本發明之實施例更一般地適用於涉及藉由利用一或多個額外影像來增強一影像中之邊緣品質的任何影像處理系統或相關聯之裝置或技術。

圖1展示本發明之一實施例中的影像處理系統100。影像處理系統100包含影像處理器102，其自一或多個影像源105接收影像，且將

經處理之影像提供至一或多個影像目的地107。影像處理器102亦經由網路104而與複數個處理裝置106通信。

儘管在圖1中將影像源105及影像目的地107展示為與處理裝置106分離，但可至少部分地利用處理裝置106中之一或多者而實施此等源與目的地之至少一子集。因此，可將影像自處理裝置106中之一或多者經由網路104而提供至影像處理器102以用於處理。類似地，可由影像處理器102經由網路104而將經處理之影像遞送至處理裝置106中之一或多者。因此，此等處理裝置可被視作影像源或影像目的地之實例。

給定之影像源可包含(例如)經組態以產生深度影像之3D成像器(諸如SL攝影機或ToF攝影機)，或經組態以產生灰階影像、彩色影像、紅外線影像或其他類型之2D影像的2D成像器。單一成像器或其他影像源可提供深度影像及對應之2D影像(諸如，灰階影像、彩色影像或紅外線影像)兩者亦係可能的。舉例而言，某些類型之現存3D攝影機能夠產生給定場景的深度圖，以及同一場景的2D影像。替代性地，可將提供給定場景之深度圖的3D成像器配置成接近提供實質上同一場景之2D影像的單獨之高解析度視訊攝影機或其他2D成像器。

影像源之另一實例為將影像提供至影像處理器102以用於處理的儲存裝置或伺服器。

給定之影像目的地可包含(例如)電腦或行動電話之人機介面的一或多個顯示螢幕，或自影像處理器102接收經處理之影像的至少一儲存裝置或伺服器。

又，儘管在圖1中將影像源105及影像目的地107展示為與影像處理器102分離，但影像處理器102可至少部分地與在共同處理裝置上的一或多個影像源及一或多個影像目的地之至少一子集組合。因此，例如，給定之影像源及影像處理器102可集體地實施於同一處理裝置

上。類似地，給定之影像目的地及影像處理器102可集體地實施於同一處理裝置上。

在當前實施例中，影像處理器102經組態以：對各別第一影像及第二影像執行第一邊緣偵測操作及第二邊緣偵測操作，以獲得各別第一邊緣影像及第二邊緣影像；使用來自第一邊緣影像及第二邊緣影像之邊緣，應用聯合邊緣加權運算；基於邊緣加權運算之結果，產生邊緣遮罩；利用邊緣遮罩以獲得第三邊緣影像；及基於第三邊緣影像產生第三影像。

如圖1中所說明之影像處理器102包括預處理模組110、邊緣偵測模組112、聯合邊緣加權模組114、邊緣遮蔽模組115、邊緣影像修補模組116及後處理模組118。

作為上文所提到之第一影像、第二影像及第三影像之一可能實例，給定實施例中之第一影像可包含由諸如SL攝影機或ToF攝影機之深度成像器所產生的深度影像，第二影像可包含實質上與第一影像同一場景之2D影像，及第三影像可包含相對於第一深度影像具有增強之邊緣品質的增強之深度影像。上文指示，單一成像器或其他影像源可提供深度影像及對應之2D影像(諸如，灰階影像、彩色影像或紅外線影像)兩者。替代性地，可由單獨之3D成像器及2D成像器分別提供第一影像及第二影像。又，與在一些實施例中僅使用第二影像相反，可使用多個額外影像以增強第一影像。在其他實施例中，可接收、處理及產生其他類型及配置之影像。

在圖1之實施例中之影像處理器102中所展示的特定數目及配置之模組可在其他實施例中變化。舉例而言，在其他實施例中，此等模組中之兩者或兩者以上可組合成較少數目之模組。經合適修改以執行如本文中所揭示之處理操作的在其他方面習知之影像處理積體電路或其他類型之影像處理電路可用於實施影像處理器102之模組110、

112、114、115、116及118中的一或多者的至少一部分。可在本發明之一或多個實施例中使用的影像處理電路之一可能實例為經合適之重新組態以執行與模組110、112、114、115、116及118中的一或多者相關聯之功能性的在其他方面習知之圖形處理器。

以下將結合圖2之流程圖較詳細地描述影像處理器102之操作。此流程圖說明用於使用至少一額外影像之影像增強及邊緣驗證的例示性程序，在此狀況下，上文所提到之第二影像包含實質上與輸入深度影像同一場景之2D影像。

由影像處理器102所產生的第三影像包含相對於輸入深度影像具有增強之邊緣品質的增強之深度影像。如由影像處理器102所產生的此增強之深度影像可經受影像處理器102中的額外處理操作，諸如，特徵提取、型樣識別、示意動作辨識、物件辨識及追蹤。

替代性地，可將如由影像處理器102所產生的增強之深度影像經由網路104而提供至處理裝置106中的一或多者。一或多個此等處理裝置可包含經組態以執行上文所提到的諸如特徵提取、型樣識別、示意動作辨識、物件辨識及追蹤之後續操作的各別影像處理器。

處理裝置106可包含(例如)呈任何組合的電腦、行動電話、伺服器或儲存裝置。一或多個此等裝置亦可包括(例如)顯示螢幕或經利用以呈現由影像處理器102所產生之影像的其他使用者介面。因此，處理裝置106可包含廣泛多種不同之經由網路104接收來自影像處理器102的經處理之影像流的目的地裝置，包括(例如)接收來自影像處理器102的一或多個經處理之影像流的至少一伺服器或儲存裝置。

儘管在當前實施例中展示為與處理裝置106分離，但影像處理器102可至少部分地與處理裝置106中之一或多者組合。因此，例如，可至少部分地使用處理裝置106中之給定者實施影像處理器102。舉例而言，電腦或行動電話可經組態以併入有影像處理器102且可能地併入

有給定之影像源。因此，影像源105可包含攝影機或與電腦、行動電話或其他處理裝置相關聯之其他成像器。如先前所指示，影像處理器102可至少部分地與一或多個影像源或影像目的地組合於共同的處理裝置上。

假設使用至少一處理裝置而實施當前實施例中之影像處理器102，且該影像處理器包含耦接至記憶體122的處理器120。處理器120執行儲存於記憶體122中之軟體程式碼，以便控制影像處理操作的執行。影像處理器102亦包含支援經由網路104之通信的網路介面124。

處理器120可包含(例如)呈任何組合的微處理器、特殊應用積體電路(ASIC)、場可程式化閘陣列(FPGA)、中央處理單元(CPU)、算術邏輯單元(ALU)、數位信號處理器(DSP)或其他類似之處理裝置組件，以及其他類型及配置之影像處理電路。

記憶體122儲存用於供處理器120在實施影像處理器102之功能性的部分(諸如，模組110、112、114、115、116及118之部分)時執行的軟體程式碼。儲存供對應處理器執行之軟體程式碼的給定之此記憶體為本文中更一般地稱作電腦可讀媒體或其中體現有電腦程式碼的其他類型之電腦程式產品的實例，且此記憶體可包含(例如)呈任何組合的電子記憶體(諸如隨機存取記憶體(RAM)或唯讀記憶體(ROM))、磁性記憶體、光學記憶體或其他類型之儲存裝置。如上文所指示，處理器可包含微處理器、ASIC、FPGA、CPU、ALU、DSP或其他影像處理電路之部分或組合。

亦應瞭解，本發明之實施例可以積體電路之形式實施。在給定之此積體電路實施中，相同晶粒通常以重複之型樣形成於半導體晶圓的表面上。每一晶粒包括如本文中所描述的影像處理器或其他影像處理電路，且可包括其他結構或電路。自晶圓切割或分割個別晶粒，隨後將其封裝為積體電路。熟習此項技術者應知道如何分割晶圓及封裝

晶粒以產生積體電路。如此製造之積體電路被視作本發明之實施例。

如圖1中所展示的影像處理系統100之特定組態僅係例示性的，且在其他實施例中系統100可包括除了所具體展示之彼等以外或替代所具體展示之彼等的其他元件，包括在此系統之習知實施中常見之類型之一或多個元件。

舉例而言，在一些實施例中，影像處理系統100被實施為視訊遊戲系統或處理影像流以便辨識使用者示意動作之其他類型之基於示意動作的系統。所揭示之技術可被類似地調適以用於在要求基於示意動作之人機介面的廣泛多種其他系統中使用，且該等技術亦可應用於不同於示意動作辨識之應用中，諸如機器人中之機器視覺系統或其他工業應用。

現參看圖2，展示用於圖1之影像處理系統100中之影像增強及邊緣驗證的例示性程序。假設由影像處理器102使用其預處理模組110、邊緣偵測模組112、聯合邊緣加權模組114、邊緣遮蔽模組115、邊緣影像修補模組116及後處理模組118而實施圖2之程序。在此實施例中該程序包括步驟200至214。

在此實施例中，假設影像處理器102中的自一或多個影像源105接收的第一影像及第二影像分別包含輸入深度圖及灰階影像，且使用第一影像及第二影像所產生的第三影像包含增強之深度圖。

待描述的程序藉由自灰階影像而非自輸入深度圖取得在輸入深度圖及灰階影像兩者中皆彼此充分接近之邊緣而增強深度圖品質，此係因為灰階影像邊緣大體上比輸入深度圖邊緣輪廓更分明。又，自增強之深度圖消除存在於灰階影像中但不存在於輸入深度圖中的邊緣，且在增強之深度圖中包括存在於輸入深度圖中但不存在於灰階影像中的充分強之邊緣。

在步驟200中，對準第一影像及第二影像(假設彼等影像並非起源

於共同之影像感測器)。又，在其他實施例中，可完全消除此對準步驟200。

作為包括步驟200之實施例中的此步驟200之一可能實施的一實例，若將單獨之深度成像器及2D成像器用於產生各別第一影像及第二影像，則可應用各種類型之對準操作，諸如仿射變換或其他類型之變換。

更特定而言，若深度成像器及2D成像器實質上被置放於同一位置，則可使用具有一個縮放係數之簡單線性變換以匹配解析度。若深度成像器及2D成像器被置放於不同位置且皆不具有光柵失真，則可使用具有6個係數之2D仿射變換。若深度成像器及2D成像器被置放於不同位置，且3D成像器具有取決於沿著z軸之值的線性光柵失真，則可使用具有8個係數之3D至2D線性變換。最後，若深度成像器及2D成像器被置放於不同位置，且至少一者具有非線性光柵失真，則可使用非線性校正器(可能結合線性變換)。可使用眾多其他類型及組合之變換或其他對準技術。

舉例而言，假設輸入深度圖之解析度為 (d_x, d_y) ，及輸入灰階影像之解析度為 (g_x, g_y) ，且進一步假設深度圖及灰階影像具有同一縱橫比，使得 $d_x/g_x=d_y/g_y=k$ ，其中 k 為常數。若深度圖及灰階影像不具有同一縱橫比，則可切割此等影像中之一者或另一者沿著一維度延伸。

在當前實施例中，通常 $k \leq 1$ ，此係因為諸如SL攝影機或ToF攝影機之深度成像器通常具有比諸如相機或視訊攝影機之2D成像器顯著較低之解析度。在步驟200之輸出處，經對準之第一影像及第二影像應具有同一座標系統，及實質上同一解析度 (f_x, f_y) ，其中 $f_x/f_y=k$ 且 $d_x \leq f_x \leq g_x$ 。因此，步驟200中之對準可涉及(例如)重新縮放2D影像： $(g_x, g_y) \rightarrow (f_x, f_y)$ 。如先前所提及，(例如)在由同一影像感測器提供深度圖及灰階影像或當自一或多個影像源105供應至影像處理器102時深

度圖及灰階影像已以其他方式實質上對準之實施例中，可消除該對準。

在步驟202中，對經對準之深度圖應用預處理。預處理可涉及諸如去雜訊、等化等之操作。在其他實施例中，可在對準步驟200之前應用預處理。又，預處理可另外或替代地應用於輸入灰階影像，或被完全消除。

在步驟204-1中，對深度圖執行邊緣偵測操作以便獲得第一邊緣影像 E_1 。

在步驟204-2中，在灰階影像中執行邊緣偵測操作以便獲得第二邊緣影像 E_2 。

可應用廣泛多種已知之邊緣偵測技術中之任一者以在步驟204-1及204-2中產生邊緣影像 E_1 及 E_2 。此等邊緣偵測技術之實例揭示於(例如)IEEE型樣分析及機器智能匯刊，第PAMI-8卷1986年11月第6期第679至698頁的J. Canny之「A computational approach to edge detection」；國際電腦視覺期刊，2003年53(3):225-243的R.Kimmel and A.M. Bruckstein之「On regularized Laplacian zero crossings and other optimal edge integrators」；及W.K. Pratt之「Digital Image Processing」2001年第三版(John Wiley & Sons出版)中，以上各者以引用之方式併入於本文中。在於步驟204-1或步驟204-2中應用給定之邊緣偵測操作時，應將任何相關聯之邊緣偵測臨限值設定成充分小，以便確保保留重要邊緣，此係因為待描述之後續處理將確保排除不可靠之邊緣。又，可在步驟104-1及104-2中使用潛在地使用不同邊緣偵測臨限值及其他參數的不同類型之邊緣偵測操作。

應注意，如本文中所使用之術語「影像」意欲被廣泛地解釋，且在邊緣影像 E_1 及 E_2 之上下文中，其可包含(例如)邊緣圖或表徵所偵測之邊緣的像素資訊之其他集合。術語「邊緣」亦意欲被廣泛地解

釋，以便涵蓋(例如)給定影像中之相關聯於經成像物件之周邊的部分與影像之其他部分之間的轉變的像素的集合。

在邊緣影像 E_1 或 E_2 中之給定者中，可用特定二進位像素值指示邊緣像素。因此，為邊緣之部分的邊緣影像像素在邊緣影像中具有二進位值「1」，而並非邊緣之部分的另一邊緣影像像素在邊緣影像中具有二進位值「0」。本文中亦可使用術語「白色」及「黑色」以表示邊緣影像之各別邊緣像素及非邊緣像素。

步驟204-1及204-2中所應用的邊緣偵測技術可涉及諸如排除大小不足之邊緣，以及各種類型之邊緣分段的技術。舉例而言，可使用邊緣分段以識別複數個相異之邊緣區段 ES_n , $n=1, \dots, N$ ，其中給定邊緣區段之每一像素對應於邊緣影像 E_1 或 E_2 中之一者的特定像素，且假設所有邊緣為一像素厚。每一此邊緣區段具有開始像素 s_n 及結束像素 e_n ，且可包括填充或未填充之拐角位置，或其組合。可在步驟204-1及204-2中產生眾多其他類型之邊緣區段。舉例而言，其他實施例中之邊緣區段的厚度可大於一像素。

在步驟206中，使用來自第一邊緣影像 E_1 及第二邊緣影像 E_2 之邊緣而應用聯合邊緣加權運算。當前實施例中的聯合邊緣加權運算大體上涉及判定第一邊緣影像 E_1 中之邊緣與第二邊緣影像 E_2 中之邊緣之間的接近度之度量。

舉例而言，當前實施例中的聯合邊緣加權運算可更特定而言包含定義像素附近區，及針對第一邊緣影像 E_1 及第二邊緣影像 E_2 中之一者中的複數個邊緣像素中之每一者，判定位於彼邊緣像素之所定義附近區內的第一邊緣影像 E_1 及第二邊緣影像 E_2 中之另一者的邊緣像素之計數。針對第一邊緣影像及第二邊緣影像中之一者中的複數個邊緣像素中之當前邊緣像素所定義的附近區可包含位於當前邊緣像素之指定半徑距離內的所有像素，如以下將較詳細地描述。可出於聯合邊緣加

權之目的，使用其他類型之距離度量以定義給定附近區。

通常，自輸入灰階影像所導出的第二邊緣影像 E_2 將具有比自輸入深度圖所導出之第一邊緣影像 E_1 更加可靠及輪廓分明之邊緣。因此，在當前實施例中，上文所提到的對邊緣像素之計數的判定可包含針對第二邊緣影像 E_2 之邊緣像素中之每一者，判定位於第二邊緣影像 E_2 之邊緣像素的所定義附近區內的第一邊緣影像 E_1 之邊緣像素的計數。然而，在其他實施例中，第一邊緣影像 E_1 及第二邊緣影像 E_2 在此例示性聯合邊緣加權運算中之角色可顛倒。

在當前實施例中，使用曼哈坦距離量度 (Manhattan distance metric) 定義附近區，圖3中展示其實例。在此處，展示針對附近區半徑 r 的不同值的圍繞給定像素的例示性附近區，其中 r 表示自給定像素至附近區之周界的最大曼哈坦距離。在圖中，展示三個不同附近區半徑 r 值的附近區，其包括 $r=0$ 之值，其中附近區僅由給定像素組成； $r=1$ 之值，其中附近區由環繞給定像素之8個像素組成，及 $r=2$ 之值，其中附近區由環繞給定像素之24個像素組成。此實例中之附近區的大小按指數律隨著附近區半徑 r 增大。在聯合邊緣加權運算之上下文中，可使用附近區半徑 r 之其他值以定義附近區。又，如上文所指示，可使用其他距離度量，包括歐幾里德距離、棋盤距離等。

第一邊緣影像 E_1 中之邊緣像素為 $E_1(i,j)=1$ 之像素，其中 E_1 之所有其他像素等於0。類似地，第二邊緣影像 E_2 中之邊緣像素為 $E_2(i,j)=1$ 之像素，其中 E_2 之所有其他像素等於0。

在第一實例中，步驟210中之聯合邊緣加權運算涉及針對 E_2 中之每一邊緣像素執行以下偽碼：

```
for (vote(i,j) = 0, r = 0; r <= r_max; r = r + 1)
{
    consider vicinity of radius r around  $E_2(i,j)$ 
```

```

    (which due to image alignment corresponds to  $E_1(i,j)$ );
    if  $E_2(i,j)$  is closer to image border than  $r$ ,
    vicinity size can be smaller than  $(1+2*r)^2$ ;
     $N$  = number of all  $E_1(k,l) = 1$  that fall within this vicinity;
     $vote(i,j) = vote(i,j) + N * gamma^r$ ; where  $gamma > 1$  is a predefined
    constant (for example  $gamma = 2$  can be very efficiently implemented
    with operand arithmetical shifting in fixed-point number
    representation);
}

```

在第二實例中，步驟210中之聯合邊緣加權運算涉及執行以下偽碼：

```

for (i = 1, i ≤ fx; i = i + 1)
  for (j = 1, j ≤ fy; j = j + 1)
     $dt(i,j) = gamma^{(-distance\_transform(E_1(i,j)) * distance\_transform(E_2(i,j)))}$  ;
for (i = 1, i ≤ fx; i = i + 1)
  for (j = 1, j ≤ fy; j = j + 1)
  {
    consider vicinity of radius  $r$  around  $E_2(i,j)$ ;
    if  $E_2(i,j)$  is closer to image border than  $r$ ,
    vicinity size can be smaller than  $(1+2*r)^2$ ;
     $vote(i,j) = \text{sum of all } dt(l,k) \text{ over vicinity}$ 
  }

```

上文之第二實例利用距離變換以針對 E_2 中之每一像素判定至 E_1 中之最近邊緣像素的距離，且反之亦然。

在第三實例中，步驟210中之聯合邊緣加權運算涉及執行以下偽碼：

```

for (i = 1, i ≤ fx; i = i + 1)
  for (j = 1, j ≤ fy; j = j + 1)
    dt(i,j)=
distance_transform(E1(i,j))*distance_transform(E2(i,j));
for (i = 1, i ≤ fx; i = i + 1)
  for (j = 1, j ≤ fy; j = j + 1)
    {
consider vicinity of radius r around E2(i,j);
if E2(i,j) is closer to image border than r,
vicinity size can be smaller than (1+2*r)2;
vote(i,j)=number of pixels within the vicinity such that
dt(i,j)<thresholdd
    }

```

值 $threshold_d$ 為設定為聯合邊緣加權運算之參數的整數常數。

上文之偽碼中的值 $vote(i,j)$ 為本文中更一般地稱作一邊緣影像中的屬於另一邊緣影像中之特定像素之附近區內的某些類型之像素的「計數」。如先前所提到，在此等實例中，關於第二邊緣影像 E_2 中之像素定義附近區，但在其他實施例中，可顛倒 E_2 及 E_1 之角色，使得關於第一邊緣影像 E_1 中之像素定義附近區。

在步驟210中，基於步驟206中所執行之邊緣加權運算的結果產生邊緣遮罩。至少部分地基於使用上文所描述的關於各別像素附近區所判定之計數，產生邊緣遮罩，及應用該邊緣遮罩以獲得第三邊緣影像 E_3 。舉例而言，可在步驟210中藉由根據以下方程式將邊緣遮罩逐像素地應用至第二邊緣影像 E_2 來獲得第三邊緣影像：

$$E_3(i,j)=(E_2(i,j) \text{ and } \text{mask}(i,j)),$$

其中， $E_3(i,j)$ 表示第三邊緣影像之像素， $E_2(i,j)$ 表示第二邊緣影

像之像素，*and*表示邏輯及運算子，且 $\text{mask}(i,j)$ 表示邊緣遮罩之像素。

在此實例中， $\text{mask}(i,j)$ 為基於表示為 $\text{vote}(i,j)$ 之對應計數是否大於指定臨限值而判定的二進位值，其中根據先前所描述的聯合邊緣加權實例中之給定者，計數 $\text{vote}(i,j)$ 表示第一邊緣影像 E_1 之位於第二邊緣影像之像素 $E_2(i,j)$ 的所定義之附近區內的邊緣像素的計數。

此等計數指示 E_2 中之邊緣至 E_1 中之邊緣的接近度。 E_2 中的並不具有在 E_1 中的充分接近之對應物的邊緣被視作不可能與實際物件邊界相關聯的不可靠邊緣，且因此藉由應用邊緣遮罩而被消除。更特定而言，邊緣遮蔽程序可被表徵如下：

$$E_3(i,j) = (E_2(i,j) \text{ and } \text{vrai}(\text{vote}(i,j) > \text{threshold}_v)) ,$$

其中 threshold_v 為正常數，且 vrai 為提供二進位輸出值 $\text{vrai}(\text{true})=1$ 及 $\text{vrai}(\text{false})=0$ 的真值函數。 threshold_v 之較小值將傾向保留在 E_1 中並不具有緊密相鄰之邊緣的較多的 E_2 之邊緣，而 threshold_v 之較高值將導致使用 E_1 中之邊緣較嚴格地驗證 E_2 中之邊緣。在其他實施例中，可使用基於來自步驟206中之聯合邊緣加權運算之計數的其他類型之邊緣遮蔽。

邊緣遮蔽步驟210之輸出第三邊緣影像 E_3 表示增強之邊緣的集合，如圖中所指示。此等邊緣中之每一者可具有可在由影像處理器102執行之後續處理操作中使用的相關聯之信賴估計值。此等信賴估計值之產生被視作一類「邊緣驗證」(如本文中廣泛使用的該術語)。又，在給定邊緣影像中實質上僅包括具有指定之可靠性等級的彼等邊緣為如本文中使用的術語邊緣驗證的另一實例。

在步驟212中，使用深度圖濾波執行邊緣彙總操作。圖中將深度圖濾波展示為說明性地應用於第三邊緣影像 E_3 ，以便產生經修改之第三邊緣影像 E_3' 。涉及步驟212中之深度圖濾波的此操作可用於確保所

得的經修改之第三邊緣影像 E_3' 包括在 E_2 中不具有對應物之來自 E_1 的強邊緣，此情況可在輸入灰階影像包括位於距成像器不同距離處之相等灰階亮度物件的情形下發生。作為一實例，可如下將邊緣彙總操作應用於第三邊緣影像 E_3 ：

$$E_3'(i,j) = (E_3(i,j) \text{ or } (\text{vrai}(\text{vote}(i,j) < \text{threshold}_c) \text{ and } \text{edge_importance}(D(i,j)) > \text{threshold}_i))) ,$$

其中 $D(i,j)$ 表示經對準及預處理之輸入深度圖的像素，*or*表示邏輯或運算子， threshold_c 為確保不會發生雙邊緣的相對小之臨限值，及 threshold_i 為保證來自 E_1 之強邊緣將包括於 E_3' 中的相對大之臨限值。

可以多種不同方式定義上文之函數 edge_importance 。舉例而言，可將此函數說明性地定義為藉由2D高斯低通濾波器 $LPF(\cdot)$ 而平滑之梯度量值：

$$\text{edge_importance}(D) = \text{thinning} \left(LPF \left(\sqrt{(\partial D / \partial x)^2 + (\partial D / \partial y)^2} \right) \right) ,$$

其中函數 $\text{thinning}(\cdot)$ 使得邊緣為一像素厚。可使用眾多其他函數來定義輸入深度圖 D 中之特定邊緣的重要性，以用於步驟212中的藉由深度圖濾波之邊緣彙總。可在深度圖濾波步驟212中利用步驟204-1中之邊緣偵測操作的邊緣影像輸出，如圖中所指示。

在步驟214中，使用來自第三邊緣影像 E_3 或經修改之第三邊緣影像 E_3' 的邊緣而執行邊緣影像修補操作，以便產生相對於輸入深度圖具有增強之邊緣品質的增強之深度圖。邊緣影像 E_3 及邊緣影像 E_3' 兩者皆被視為本文中更一般地稱作「第三邊緣影像」的實例。在以下之實例中，使用來自 E_3 的邊緣應用邊緣影像修補，但可改為使用來自 E_3' 之邊緣而應用此操作。

假設在由 E_3 之可靠邊緣所定界的區域內部，深度不會依據 (x,y) 位

置而突然地改變。因此，步驟214可涉及(例如)將2D平滑濾波器應用至經對準及預處理的輸入深度圖的位於由 E_3 之邊緣定義之邊界內的部分。在步驟214中所應用的此等及其他類型之邊緣影像修補可用於抑制雜訊，諸如深度圖中的經成像物件之內部的斑點雜訊，以及移除其他奇異點及均勻地填充邊緣附近的輪廓不清之區域。

計算成本低廉之例示性邊緣影像修補操作包括以下步驟：

1.排除 E_3 中之邊緣附近的具有不可靠深度值之深度圖像素。此步驟可涉及(例如)消除所有滿足如下條件的深度圖像素

$$\text{distance_transform}(E_3(i, j)) < \text{reliability_threshold} ,$$

其中 $\text{reliability_threshold}$ 為判定深度圖像素必須距 E_3 中之邊緣多近才能被視作可靠的常數。此參數係相對獨立於場景的，且可針對給定類型之深度成像器而最佳化。

2.使用來自給定邊緣之同一側上的鄰近可靠像素之深度值而對由步驟1產生的空位進行影像修補。舉例而言，可使用中值濾波法，其中將由對應邊緣之同一側上的多個鄰近可靠像素之中間深度值給出的深度值指派給來自步驟1的每一所排除之像素。

3.將平滑濾波器應用至經影像修補之區域。舉例而言，可使用一次覆蓋 M^2 個像素的滑動2D正方形短支援中值濾波器。若 M^2 個像素之經濾波區域的部分與邊緣重疊，則不在濾波中利用對應之深度值。

在必要時可重複上文之邊緣影像修補程序，以處理不具有經指派之深度值的任何剩餘邊緣像素。舉例而言，出於此目的，可使用局部 3×3 2D中值濾波器。在某些應用中，諸如空缺邊緣像素並非有問題之示意動作辨識中，可消除邊緣影像修補程序的此額外重複。又，在其他實施例中，可使用其他類型之邊緣影像修補操作，或可完全消除邊緣影像修補。

圖2之程序可直接管線化。舉例而言，可並行執行該等步驟中之

至少一部分，藉此減少用於給定輸入深度圖及灰階影像之程序的總潛時，及促進所描述之技術在即時影像處理應用中的實施。

在步驟214之輸出處所產生的增強之深度圖可在影像處理器102中經進一步處理，或供應至另一處理裝置106或影像目的地107，如先前所提及。

應瞭解，圖2之實施例中所使用的特定程序步驟僅係例示性的，且其他實施例可利用不同類型及配置之影像處理操作。舉例而言，增強給定影像之邊緣之特定方式，及產生包含增強之邊緣的經修改影像的特定方式可在其他實施例中發生變化。又，如上文所提到，被指示為在圖中串行執行之步驟可在其他實施例中至少部分地與一或多個其他步驟並行執行。因此，應將如圖2中所說明的特定步驟及其互連視作一實施例中的程序步驟之一可能配置，且其他實施例可包括以不同處理次序配置的額外或替代性程序步驟。

本發明之實施例提供用於使用一或多個額外影像之影像增強及邊緣驗證的尤其有效之技術。舉例而言，相對於尤其對於諸如來自SL攝影機或ToF攝影機或其他類型之深度成像器之深度影像的某些類型之影像大體上產生品質較差的所偵測邊緣的習知之邊緣偵測技術，所揭示之技術可提供顯著改良之邊緣影像。此外，使用本文中所揭示之技術提供具有可靠邊緣之影像，而無習知之邊緣偵測操作常常要求的過多參數整定之成本及複雜性。

因此，如本發明之實施例中所產生的具有可靠邊緣的增強之深度圖及其他類型之影像可顯著增強利用此等邊緣之後續影像處理操作(包括(例如)特徵提取、型樣識別、示意動作辨識、物件辨識及追蹤)的有效性。

應再次強調如本文中所描述的本發明之實施例僅意欲為說明性的。舉例而言，可利用不同於本文中所描述之特定實施例中所利用的

彼等影像處理電路、模組及處理操作的廣泛多種類型及配置之影像處理電路、模組及處理操作而實施本發明之其他實施例。另外，本文中在描述某些實施例之上下文中所作出的特定假設無需適用於其他實施例中。對於熟習此項技術者而言，屬於以下申請專利範圍之範疇內的此等及眾多其他替代性實施例將係易於顯而易見的。

【符號說明】

100	影像處理系統
102	影像處理器
104	網路
105	影像源
106	處理裝置
107	影像目的地
110	預處理模組
112	邊緣偵測模組
114	聯合邊緣加權模組
115	邊緣遮蔽模組
116	邊緣影像修補模組
118	後處理模組
120	處理器
122	記憶體
124	網路介面
200	步驟
202	步驟
204-1	步驟
204-2	步驟
206	步驟

201432621

210	步驟
212	步驟
214	步驟

發明摘要

※ 申請案號： 102134369

※ 申請日： 102. 9. 24

※IPC 分類：G06T 7/00

(2006.01)

G06T 5/00

(2006.01)

【發明名稱】

用於使用至少一額外影像之影像增強及邊緣驗證之方法及設備

METHOD AND APPARATUS FOR IMAGE ENHANCEMENT AND

EDGE VERIFICATION USING AT LEAST ONE ADDITIONAL

IMAGE

【中文】

一種影像處理系統包含一影像處理器，該影像處理器經組態以：對各別第一影像及第二影像執行第一邊緣偵測操作及第二邊緣偵測操作，以獲得各別第一邊緣影像及第二邊緣影像；使用來自該第一邊緣影像及該第二邊緣影像之邊緣，應用一聯合邊緣加權運算；基於該邊緣加權運算之結果，產生一邊緣遮罩；利用該邊緣遮罩以獲得一第三邊緣影像；及基於該第三邊緣影像產生一第三影像。僅舉例而言，在一給定之實施例中，該第一影像可包含由一深度成像器所產生的一第一深度影像，該第二影像可包含實質上與該第一影像同一場景的一二維影像，且該第三影像可包含相對於該第一深度影像具有增強之邊緣品質的一增強之深度影像。

【英文】

An image processing system comprises an image processor configured to perform first and second edge detection operations on respective first and second images to obtain respective first and second edge images, to apply a joint edge weighting operation using edges from the first and second edge images, to generate an edge mask based on results of the edge weighting operation, to utilize the edge mask to obtain a third edge image, and to generate a third image based on the third edge image. By way of example only, in a given embodiment the first image may comprise a first depth image generated by a depth imager, the second image may comprise a two-dimensional image of substantially the same scene as the first image, and the third image may comprise an enhanced depth image having enhanced edge quality relative to the first depth image.

申請專利範圍

1. 一種方法，其包含：

對各別第一影像及第二影像執行第一邊緣偵測操作及第二邊緣偵測操作，以獲得各別第一邊緣影像及第二邊緣影像；

使用來自該第一邊緣影像及該第二邊緣影像的邊緣，應用一聯合邊緣加權運算；

基於該邊緣加權運算之結果，產生一邊緣遮罩；

利用該邊緣遮罩以獲得一第三邊緣影像；及

基於該第三邊緣影像，產生一第三影像；

其中該執行該第一邊緣偵測操作及該第二邊緣偵測操作、應用該聯合邊緣加權運算、產生該邊緣遮罩，利用該邊緣遮罩及產生該第三影像係在包含耦接至一記憶體之一處理器的至少一處理裝置中實施。

2. 如請求項1之方法，其中該第一影像包含由一深度成像器所產生的一第一深度影像，該第二影像包含實質上與該第一影像同一場景的一二維影像，且該第三影像包含相對於該第一深度影像具有增強之邊緣品質的一增強之深度影像。

3. 如請求項1之方法，其中該第三邊緣影像包含：

各自充分緊密接近地出現於該第一邊緣影像及該第二邊緣影像兩者中，但係僅自彼等邊緣影像中之一特定者取得的一或多個邊緣；及

各自出現於該第一邊緣影像中而非該第二邊緣影像中的一或多個邊緣；

其中該第三邊緣影像不包括各自出現於該第二邊緣影像中而非該第一邊緣影像中的一或多個邊緣；及

其中該聯合邊緣加權運算判定該第一邊緣影像中之邊緣與該第二邊緣影像中之邊緣之間的接近度之度量。

4. 如請求項1之方法，其中該聯合邊緣加權運算包含：

定義一像素附近區；及

對於該第一邊緣影像及該第二邊緣影像中之一者中的複數個邊緣像素中之每一者，判定位於彼邊緣像素之所定義附近區內的該第一邊緣影像及該第二邊緣影像中之另一者中的邊緣像素之一計數；

其中至少部分地基於針對該複數個邊緣像素中之該等各別者所判定的邊緣像素之該等計數，產生該邊緣遮罩；

其中針對該第一邊緣影像及該第二邊緣影像中之一者中的該複數個邊緣像素中之一當前邊緣像素定義之該附近區包含位於該當前邊緣像素之一指定半徑距離內的所有像素；及

其中判定邊緣像素之該等計數包含針對該第二邊緣影像之複數個邊緣像素中的每一者，判定該第一邊緣影像之位於該第二邊緣影像之該邊緣像素的該所定義之附近區內的邊緣像素之一計數。

5. 如請求項1之方法，其中利用該邊緣遮罩以獲得一第三邊緣影像包含根據以下方程式將該邊緣遮罩逐像素地應用至該第二邊緣影像：

$$E_3(i,j)=(E_2(i,j) \text{ and } \text{mask}(i,j)),$$

其中， $E_3(i,j)$ 表示該第三邊緣影像之一像素， $E_2(i,j)$ 表示該第二邊緣影像之一像素，*and*表示一邏輯運算子，且 $\text{mask}(i,j)$ 表示該邊緣遮罩之一像素；及

其中， $\text{mask}(i,j)$ 為一基於一表示為 $\text{vote}(i,j)$ 之計數是否大於一指定臨限值而判定的二進位值，其中該計數 $\text{vote}(i,j)$ 表示位

於該第二邊緣影像之像素 $E_2(i,j)$ 的一所定義附近區內的該第一邊緣影像之邊緣像素的一計數。

6. 如請求項1之方法，其中產生該第三影像進一步包含對由該第三邊緣影像中之邊緣定界的該第一影像之部分執行一邊緣影像修補操作。
7. 一種體現有電腦程式碼的電腦可讀儲存媒體，其中該電腦程式碼當在處理裝置中執行時會使得該處理裝置執行如請求項1之方法。

8. 一種設備，其包含：

至少一處理裝置，其包含耦接至一記憶體的一處理器；

其中該至少一處理裝置經組態以：對各別第一影像及第二影像執行第一邊緣偵測操作及第二邊緣偵測操作，以獲得各別第一邊緣影像及第二邊緣影像；使用來自該第一邊緣影像及該第二邊緣影像之邊緣，應用一聯合邊緣加權運算；基於該邊緣加權運算之結果，產生一邊緣遮罩；利用該邊緣遮罩以獲得一第三邊緣影像；及基於該第三邊緣影像產生一第三影像。

9. 一積體電路，其包含如請求項8之設備。

10. 一種影像處理系統，其包含：

一或多個影像源，其提供第一影像及第二影像；

一或多個影像目的地；及

一影像處理器，其耦接於該一或多個影像源與該一或多個影像目的地之間；

其中該影像處理器經組態以：對各別第一影像及第二影像執行第一邊緣偵測操作及第二邊緣偵測操作，以獲得各別第一邊緣影像及第二邊緣影像；使用來自該第一邊緣影像及該第二邊緣影像之邊緣，應用一聯合邊緣加權運算；基於該邊緣加權運

201432621

算之結果，產生一邊緣遮罩；利用該邊緣遮罩以獲得一第三邊緣影像；及基於該第三邊緣影像產生一第三影像。

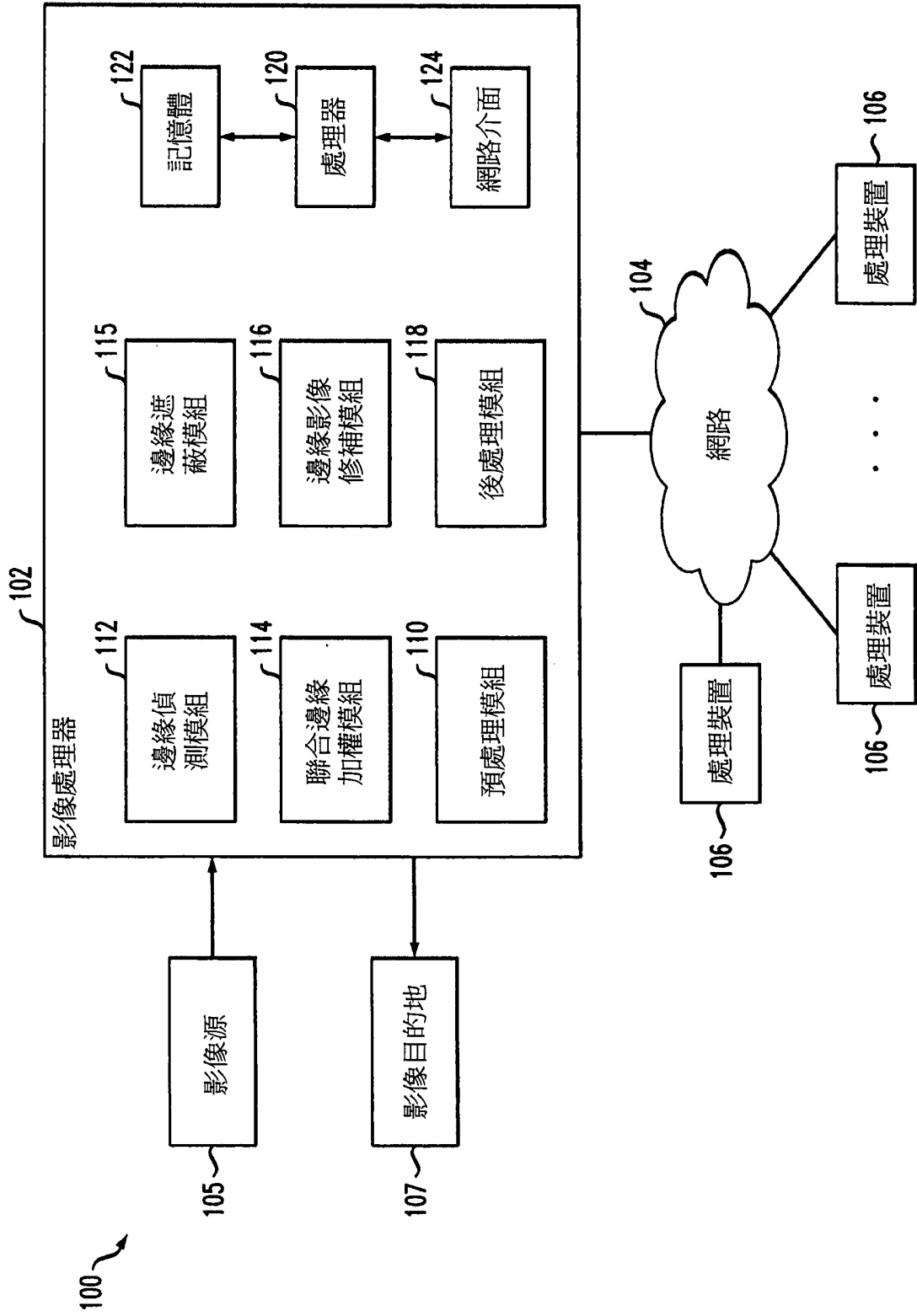


圖1

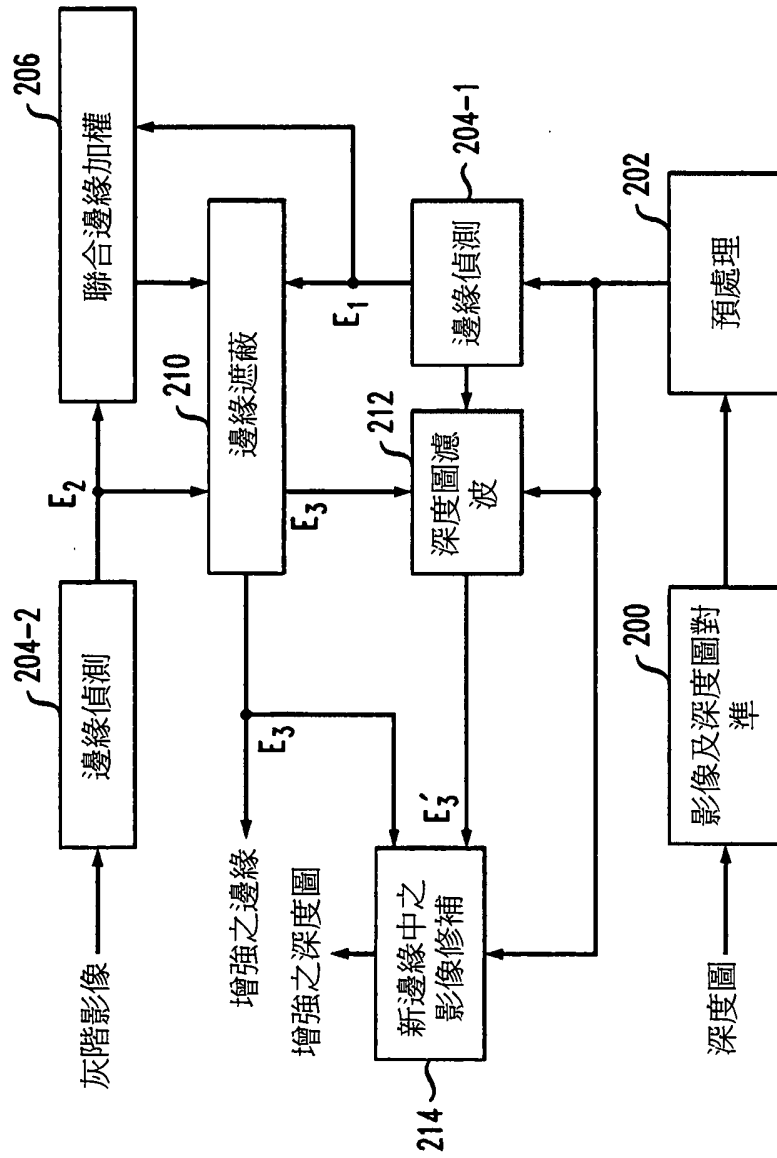


圖2

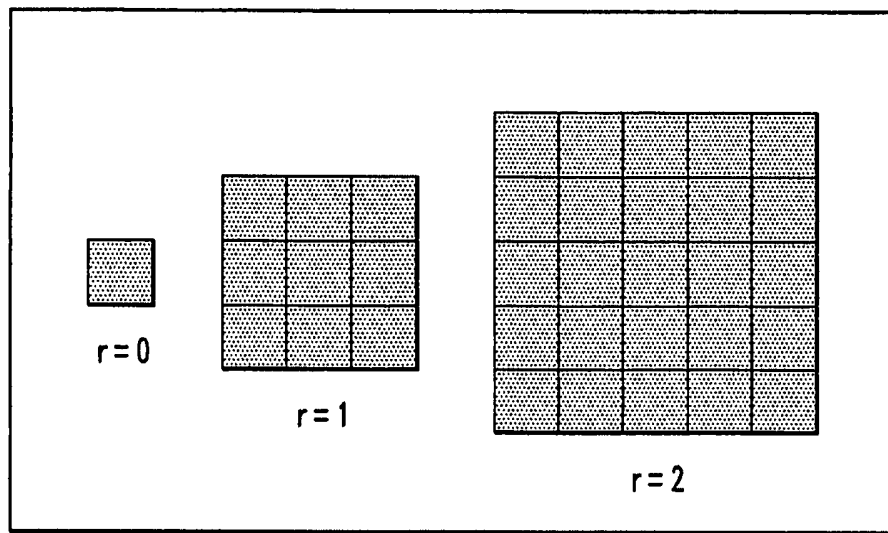


圖3

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（2）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

200 步驟

202 步驟

204-1 步驟

204-2 步驟

206 步驟

210 步驟

212 步驟

214 步驟

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）