

從2012谷歌眼鏡推出的Google Glass到2016火爆全球的遊戲Pokémon GO，VR和AR技術在消費級產品上大放異彩。一種虛擬現實(VR)加增強現實(AR)的合成品混合現實(Mixed Reality)近年也孕育而生。

混合現實結合了真實和虛擬世界，通過不同程度的合併物理現實和虛擬世界產生新的人機交互和可視化環境從而為用戶提供沉浸式的交互體驗計算平台。採用先進的傳感器、高清晰度3D光學頭戴式全角度透鏡顯示器以及環繞音效，支持眼球跟蹤、語音和手勢識別的微軟(Microsoft)公司的HoloLens是目前最具有代表性的混合現實終端設備。

混合現實平台的核心技術包括了用於全息顯示的光波導顯示技術和用於實時定位與構建地圖的SLAM技術。同時SLAM技術又是MR平台中最重要的核心直接影響MR平台的精度。

劉政

## 深度攝像機

基於3D超感應技術的紅外相機用以手勢跟蹤／面部結構重建／物品定位

## 四個環境感知攝像頭

灰度攝像機用以構建房間內部圖

## 微軟公司的HoloLens

## 環境光傳感器

## 兩百萬像素相機／高畫質攝像機

## 實時定位與建圖技術(SLAM)

在20世紀80年代，人們已經開始提出SLAM的概念。SLAM技術從提出到現在的30多年歷程中，隨着傳感器的不斷擴展和理論知識的不斷完善，目前已經形成了一套完善的多傳感融合的理論模型。

SLAM技術是MR平台的靈魂，為MR平台提供了三維視覺，場景理解和定位的解決方案。SLAM技術通過構建運動模型和現代的狀態估計方法來解決定位問題，通過多視圖幾何關係和與深度學習結合提供三維重建和語義場景信息。

現在現實生活中MR平台的大部分應用場景為室內環境，目前基於視覺和慣性導航單元的SLAM算法已基本能滿足定位精度需求。

## SLAM的技術特點

SLAM技術基本的原理是通過當前圖像與構建的局部地圖點進行匹配計算出攝像頭位姿的剛體變換，在兩個視角上進行三角測距又可以得出對應點的深度信息。就這樣實時實現定位及構建地圖。但是由於傳感器的觀察誤差和位置估計會隨着時間飄移的問題，這就造成了SLAM技術的不確定性的，因此SLAM算法其本質是解決不確定性，將其轉換一個多傳感器融合的優化的問題。

## SLAM在MR平台上的硬件基礎

目前在MR上部署的SLAM模組多以雙目相機，深度相機和慣性導航單元(Inertial Measurement Unit，簡稱IMU)的搭配為主。以微軟的HoloLens為例，其搭配有4個環境感知攝像頭、1個深度攝像頭、1個IMU。SLAM算法通過從IMU和4個環境感知攝像頭得到的數據將原始數據計算出狀態估計也就是定位，再加上深度攝像頭得到的深度數據後進行3D模型重構。同時SLAM技術中的閉環檢測模塊為多終端協同提供了一個初步的解決方案。SLAM技術就是這樣讓HoloLens獲得了環境三維立體數據和實現定位。

## SLAM技術在MR平台的優化方法

解決傳感器的噪聲和誤差的累積帶來的不確定性問題，SLAM技術的核心是一個優化問題。

早期的解決方案是通過構建貝葉斯概率論模型來優化。在該框架下主要有兩種計算方案：利用拓展卡爾曼濾波器對機器人位置進行估計，利用粒子濾波器進行位置的估計。

隨着今年的計算水平提升，以構建最小二乘法的圖優化成為了目前MR平台上SLAM技術採用的優化方法。基於圖優化的模型不像濾波法僅考慮最近的兩個狀態，進行局部優化，而是對之前的所有優化的狀態作為頂點將誤差項構建成圖中的邊來一起做優化，相當於一個全局優化。

▼ MR技術有望提升人民生活便利程度

## 模糊虛實界限

## 混合現實中的實時定位與建圖



## 實時定位與建圖技術(SLAM)

在20世紀80年代，人們已經開始提出SLAM的概念。SLAM技術從提出到現在的30多年歷程中，隨着傳感器的不斷擴展和理論知識的不斷完善，目前已經形成了一套完善的多傳感融合的理論模型。

SLAM技術是MR平台的靈魂，為MR平台提供了三維視覺，場景理解和定位的解決方案。SLAM技術通過構建運動模型和現代的狀態估計方法來解決定位問題，通過多視圖幾何關係和與深度學習結合提供三維重建和語義場景信息。

現在現實生活中MR平台的大部分應用場景為室內環境，目前基於視覺和慣性導航單元的SLAM算法已基本能滿足定位精度需求。

## SLAM的技術特點

SLAM技術基本的原理是通過當前圖像與構建的局部地圖點進行匹配計算出攝像頭位姿的剛體變換，在兩個視角上進行三角測距又可以得出對應點的深度信息。就這樣實時實現定位及構建地圖。但是由於傳感器的觀察誤差和位置估計會隨着時間飄移的問題，這就造成了SLAM技術的不確定性的，因此SLAM算法其本質是解決不確定性，將其轉換一個多傳感器融合的優化的問題。

## SLAM在MR平台上的硬件基礎

目前在MR上部署的SLAM模組多以雙目相機，深度相機和慣性導航單元(Inertial Measurement Unit，簡稱IMU)的搭配為主。以微軟的HoloLens為例，其搭配有4個環境感知攝像頭、1個深度攝像頭、1個IMU。SLAM算法通過從IMU和4個環境感知攝像頭得到的數據將原始數據計算出狀態估計也就是定位，再加上深度攝像頭得到的深度數據後進行3D模型重構。同時SLAM技術中的閉環檢測模塊為多終端協同提供了一個初步的解決方案。SLAM技術就是這樣讓HoloLens獲得了環境三維立體數據和實現定位。

## SLAM技術在MR平台的優化方法

解決傳感器的噪聲和誤差的累積帶來的不確定性問題，SLAM技術的核心是一個優化問題。

早期的解決方案是通過構建貝葉斯概率論模型來優化。在該框架下主要有兩種計算方案：利用拓展卡爾曼濾波器對機器人位置進行估計，利用粒子濾波器進行位置的估計。

隨着今年的計算水平提升，以構建最小二乘法的圖優化成為了目前MR平台上SLAM技術採用的優化方法。基於圖優化的模型不像濾波法僅考慮最近的兩個狀態，進行局部優化，而是對之前的所有優化的狀態作為頂點將誤差項構建成圖中的邊來一起做優化，相當於一個全局優化。

## 混合現實概念淺析



## 混合現實(Mixed Reality)

下面簡稱MR)，是一種新的計算平台。MR通過使用前沿的組合光學硬件和計算機視覺算法將現實世界和虛擬世界融合到同一個空間。並且結合了虛擬現實的沉浸式優點和增強現實技術實現了將數據轉換成物理世界的能力。這種將數字信息和虛擬世界無縫融合到我們的物理世界中的能力將會給我們使用計算機的方式帶來了巨大的變化。

同時MR將改變我們合作的方式。目前我們交流合作傳遞數字信息只通過2D屏幕和視頻會議。由於缺乏對數字信息，模型的描述和可視化，在實際溝通和合作中造成了一定的理解影響。隨着MR平台的出現，將徹底改變這種交流合作方式。MR允許我們一起操作可視化的數字模型和數據進行本地和遠程協作。

當今MR設備的佼佼者是微軟旗下的HoloLens。HoloLens能夠將完整的三維物體和數據渲染成全息圖，並能夠理解周圍的世界提供語義信息。

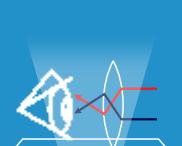
未來，得利於混合現實的平台的上述優勢，將會在交通、醫療保健、工業設計和教育等各行各業大放異彩。

## 全息顯示



全息顯示是混合現實中採用的光學顯示屬於MR平台的硬件部分。光波導顯示技術是目前近眼顯示主要採用的技術同時也是目前巨頭們都在採用的光學顯示方案。

## 光波導技術



光波導技術主要分為兩種：幾何光波導(Geometric Waveguide)和衍射光波導(Diffractive Waveguide)。其中幾何光波導就是所謂的陣列光波導，其通過陣列反射鏡堆疊實現圖像的輸出和動眼框的擴大。而衍射光波導主要有利用光刻技術製造的表面浮雕光柵波導(Surface Relief Grating)和基於全息干涉技術製造的全息光柵波導(Volumetric Holographic Grating)。目前世界上主流的明星級混合現實產品採用後者衍射光波導技術，代表作品就是美國微軟的HoloLens和Magic Leap旗下的Magic Leap One產品。

## SLAM在其他方面的應用

## 掃地機器人

iRobot公司在2015推出全新只搭載了一個攝像頭的掃地機器人——Roomba 980。機器人使用SLAM技術進行導航和避障。通過更有效地移動，機器人現在可以覆蓋一個有多個房間的整層房子。

## 無人駕駛

SLAM技術另一個廣泛運用的領域便是無人駕駛。Google、Uber、特斯拉，百度等企業都在加速研發無人駕駛相關技術。無人駕駛搭載了不同的傳感器如激光雷達傳感器、紅外攝像頭、深度攝像頭，GPS作為工具，獲取地圖數據，並構建地圖，規避路途中遇到的障礙物，實現路徑規劃。跟SLAM技術在機器人領域的應用類似，只是相比較於SLAM在機器人中的應用，無人駕駛的要求和成本要明顯高於機器人。

## AR遊戲—Pokémon GO

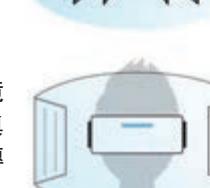
任天堂2016推出的Pokémon GO將虛擬的寶可夢圖像應用到真實世界，真實的物理環境和虛擬的寶可夢實時地疊加到了同一個真實的空間中同時存在。這一畫面的實現，離不開SLAM技術的實時定位。



## VR



完全將環境數字化



全封閉環境，無對應真實環境的傳感器

## AR

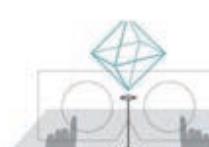


用數字化信息覆蓋真實世界



除部分虛擬數據外，真實世界的畫面仍是核心

## MR



真實與虛擬世界交織在一起



可以同時交互和操作真實與虛擬環境

## SLAM技術的未來發展

SLAM技術不僅僅是MR平台的核心算法，由於其強大和實用的運用能力，使其變得更重要導致各個大廠都想擁有。國內外頂尖公司紛紛開展部署自己的SLAM產品。

在AR運用方面，Google將SLAM技術運用在其增強現實項目Tango，配合其獨特的移動設備和SDK可以方便的在應用中使用AR技術，以及蘋果的ARKit，Facebook的Oculus和華為的AR Engine。

大疆公司為主的無人機和機器人公司將SLAM

運用在其消費級產品上面，為無人機和機器人提供實時的3D環境信息用於導航避障。

以特斯拉為主的無人車公司，使用SLAM技術幫助車輛感知周圍環境，更好的完成導航、避障、路徑規劃等高級任務。

未來SLAM仍會在機器人、無人駕駛、AR和MR平台上大放異彩。

同時隨著SLAM技術不斷進步，將會在智能玩具、醫療、教育更多領域為更多消費級產品提供支持。

同時隨着5G時代的到來，展望未來的MR平台上的SLAM技術也將會發展成終端和雲端協同工作的端雲協同的混合現實網絡架構。

作者來自南方科技大學未來網絡研究院

下期3C科技將於9月17日見報