



基於 ROS Gazebo 之室內 SLAM 的分析研究

組別：電磁晶片組

指導教授：張盛富 教授 學生：鄧立杰、徐崇皓

摘要

SLAM技術作為機器人自主導航的關鍵技術之一，尤其是在無GPS環境下的室內應用中，發揮著重要作用。SLAM技術需要同時解決機器人的定位與環境地圖的生成問題，這使得其在處理多變、動態且複雜的室內環境時面臨巨大的挑戰。本研究旨在通過使用ROS Gazebo模擬平台，對三種常用的SLAM算法進行深入分析與比較，以確定其在室內環境中的性能優劣，並為未來的實際應用提供參考依據。

不同系統間的差異性

SLAM技術的核心是讓機器人在未知環境中實現定位和地圖同步生成。根據不同的數據處理方式，SLAM技術可以分為基於特徵的SLAM和直接法SLAM：

基於特徵的SLAM：這類算法（如ORB-SLAM）通過提取影像中的關鍵點或特徵來進行定位和建圖，適合於特徵豐富的場景，但在光線變化或特徵稀少的環境中性能會下降。

直接法SLAM：這類算法（如LSD-SLAM）不依賴明確的特徵點，而是利用影像中的像素值進行匹配與追蹤，適合於動態場景，但計算資源需求較高。

RTAB-Map：這是一種結合激光雷達和相機數據的SLAM方法，能在大範圍環境中提供良好的地圖精度，但在高動態場景中會出現精度下降的情況。

TABLE I: DESCRIPTION OF FEATURES FOR VISUAL SLAM SYSTEMS INVESTIGATED IN THIS RESEARCH

System	Method	Feature type	Feature descriptor	Map density	Loop Closure
PTAM	feature	FAST	local patch of pixels	sparse	none
SVO	semi-direct	FAST	local patch of pixels	sparse	none
DPPTAM	direct	intensity gradient	local patch of pixels	dense	none
LSD SLAM	direct	intensity gradient	local patch of pixels	dense	Bag of Words place recognition
ORB SLAM	feature	FAST	ORB	semi-dense	FabMap
DSD	direct	intensity gradient	local patch of pixels	dense	none
RTAB map	feature	GFTT, FAST, ...	SIFT, ORB, ...	sparse	Bag of Words place recognition
S-PTAM	feature	GFTT, FAST, ...	SIFT, ORB, ...	sparse	Bag of Words place recognition

評估指標

定位精度：通過比較SLAM算法生成的軌跡與預設路徑之間的偏差，計算均方根誤差（RMSE）。

地圖構建能力：分析地圖的稠密度和完整性，評估各種方法生成的地圖質量。

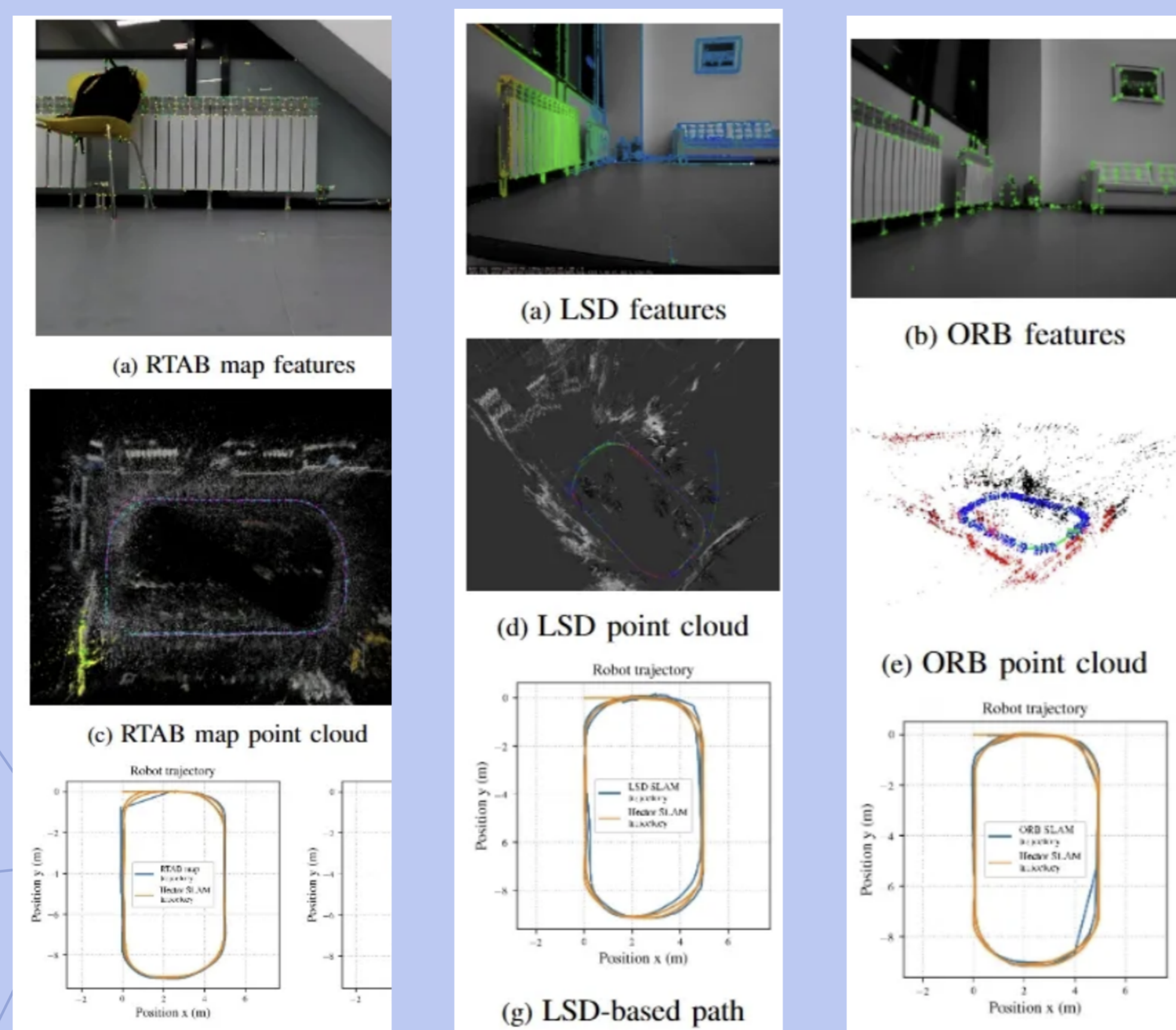
功耗測試：測量每種算法在不同場景下的功耗，並比較其能量效率。

模擬結果

ORB-SLAM：在簡單場景中定位精度高，但在動態環境中受限於特徵點的檢測，地圖精度有所下降。

LSD-SLAM：在動態環境中的穩定性高，能夠生成稠密地圖，但消耗的計算資源較多，功耗也相對較高。

RTAB-Map：在大範圍場景中表現優秀，特別是在地圖完整性上表現突出，但在動態環境中的定位精度稍低。



結論與改善

本研究基於ROS Gazebo模擬平台，對多種SLAM算法在室內環境中的表現進行了深入分析。實驗表明，不同的SLAM算法在不同場景下的表現差異顯著，應根據具體的應用需求進行選擇。未來的研究方向可聚焦於進一步優化SLAM算法的功耗，並提升其在動態場景中的精度與穩定性。