



Д. В. Островка, В. М. Теслюк

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

СИНТЕЗ МОДЕЛІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ВБУДОВАНИХ У МОБІЛЬНІ ПРИСТРОЇ СЕНСОРІВ НА ПЛАТФОРМІ iOS

Щорічний випуск мобільних пристроїв дедалі частіше містить оновлення щодо методів і засобів для роботи з доповненою чи віртуальною реальністю, що водночас підштовхує розробників створювати щораз більше корисних продуктів з їх використанням. Саме тому метою цієї роботи є моделювання наперед невідомого навколишнього середовища на мобільній платформі з використанням вбудованих у платформу методів і засобів, а також давачів Lidar. Для досягнення мети роботи визначено основні завдання дослідження. Проаналізовано літературні джерела із розроблення та впровадження SLAM алгоритмів на мобільних пристроях. Опрацьовано наявні рішення синтезу тривимірних середовищ на базі різних SLAM алгоритмів на мобільних операційних системах. Розроблено алгоритм функціонування системи синтезу невідомого навколишнього середовища з використанням вбудованих у мобільні пристрої Lidar сенсорів та монокамер на мобільній платформі iOS. Описано програмні особливості розробленої системи синтезу з використанням високорівневої мови програмування Swift та вбудованих у систему фреймворків для роботи з тривимірною графікою. Проаналізовано отримані результати синтезу та проведено порівняння сканування ідентичного середовища з наявними рішеннями. Сформовано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів дослідження. Зроблено висновок про напями покращення розробленої системи. Результатом цих досліджень є мобільний застосунок під платформу iOS, що дає змогу користувачу сканувати наперед невідоме середовище (як закрите, так і відкрите) та синтезувати отримані дані у тривимірну модель формату .obj, яку можна відображати в розробленому додатку або експортувати на будь-який інший пристрій для подальших взаємодій. Розроблену систему можна використовувати в інтересах виробництва та підготовки нових наукових праць, а також вона є придатною до адаптації згідно з вимогами користувача.

Ключові слова: mobile SLAM; mobile AR; markerless AR; SLAM; visual SLAM; mobile 3D model; obj; Lidar.

Вступ / Introduction

Технології доповненої реальності, що існують на сьогодні, вже позитивно зарекомендували себе в повсякденному житті людей та впроваджуються в нові галузі науки і техніки. Технології доповненої реальності (ДР) започатковано у 1980-ті роки. Важливу роль в їхньому розвитку відіграли мобільні пристрої, обчислювальна потужність котрих зростає щороку, а кількість вбудованих сенсорів і давачів тільки збільшується, також вони мають вищу точність [8].

У технології доповненої реальності використовують напрацювання із суміжних галузей науки та техніки. Для прикладу, для задач відображення тривимірних об'єктів у просторі використовують методи та засоби з комп'ютерної графіки [9, 10].

Напрацювання в галузі автономного керування мобільними робототехнічними системами (МРТС) [16] також активно використовуються в технологіях ДР. Одними з таких є SLAM [14] методи, які використовують для одночасної локалізації та картографування, як наперед відомої, так і невідомої місцевостей. Одним з яскра-

вих прикладів поєднання SLAM та ДР є рішення для навігації, які на основі опрацьованих даних з камер мобільного пристрою будують маршрут або дають підказки відображаючи інформацію в тривимірному просторі на екрані пристрою [2].

SLAM методи вивчають ще з 1960-х років і пройшли вони вже три етапи розвитку від постановки проблем до алгоритмічної розробки [13], але і в сьогоденні досі є ще актуальними, оскільки дедалі більше пристроїв, що оточують людину, стають більш технологічними, а іноді й самокерованими, від маленького робота-пилососа до автомобіля, що самостійно паркується чи навіть виконує переміщення з однієї точки в іншу.

Робота зі SLAM передбачає картографування, або ж візуалізацію, навколишнього середовища вже на етапі розроблення чи відлагодження алгоритму. Оскільки картографування SLAM передбачає генерування хмари виявлених точок у просторі, набагато простіше відстежувати їх позиції візуально в просторі, ніж координатними даними.

Окрім цього, хмару виявлених точок у навколишньому середовищі також можна використовувати і для

Інформація про авторів:

Островка Дмитро Васильович, аспірант, кафедра автоматизованих систем управління. Email: ostrovdi@gmail.com;

<https://orcid.org/0000-0003-4818-3822>

Теслюк Василь Миколайович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматизованих систем управління.

Email: vasyl.m.teslyuk@lpnu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-5974-9310>

Цитування за ДСТУ: Островка Д. В., Теслюк В. М. Синтез моделі навколишнього середовища з використанням вбудованих у мобільні пристрої сенсорів на платформі iOS. Науковий вісник НЛТУ України. 2022, т. 32, № 5. С. 87–91.

Citation APA: Ostrovka, D. V., & Teslyuk, V. M. (2022). Synthesis of an environmental model using sensors embedded in mobile devices on the iOS platform. *Scientific Bulletin of UNFU*, 32(5), 87–91. <https://doi.org/10.36930/40320512>

користувачьких потреб. До прикладу, після прибирання приміщення, робот-пилосос може побудувати 2D карту пройденого маршруту у вигляді звіту про виконану роботу і користувачу зрозуміло, які ділянки робот міг прогавити.

Окрім відлагодження, у процесі розроблення та побудови 2D карт, отримана за допомогою SLAM методів хмара точок є корисною для рішень ДР, тобто в тривимірному просторі. До прикладу, правильне позиціонування інформативних підказок в навігаторі автомобіля.

SALM алгоритми впроваджуються та вивчаються, передусім, в таких МРТС, як автомобілі чи роботи з рухомою колісною базою. З розвитком розумних телефонів, задачі одночасного картографування і позиціонування стали актуальними і для таких повсякденних пристроїв, як смартфони.

Сучасний смартфон – це готовий пристрій введення-виведення з обчислювальними потужностями, оскільки має і графічний, і центральний, а подекуди навіть нейронний процесори. Водночас, прогножуючи тенденції ринку, компанії виробники також розвивають напрями ДР у своїх продуктах [8]. Так, компанії Google та Apple створили та щороку вдосконалюють свої бібліотеки для роботи з ДР на власних платформах ARCore та ARKit відповідно [7, 11]. Окрім програмних інструментів, смартфони останніх поколінь оснащують LiDAR давачами, що дає змогу без додаткового матеріального устаткування створювати програмні рішення кращої точності та якості.

Завдяки цим факторам розробники програмного забезпечення (ПЗ) щодня створюють продуктивні рішення з використанням ДР. Згідно з дослідженнями в роботі [8], індустрія косметичних засобів і нерухомості є лідером серед напрямів впровадження ДР у смартфонах. Незважаючи на значні успіхи та щоденний ріст кількості додатків з використанням ДР, оптимізація, вдосконалення та розроблення нових SLAM методів досі є актуальною темою, як у задачах автономних МРТС, так і в дотичних до продуктивних рішень з використанням ДР.

Покращення та оптимізація SLAM методів – особливо важливі для смартфонів, адже розробники мобільного ПЗ не мають змоги впливати на апаратну складову системи, на відміну від МРТС чи автомобілів, де інженери роблять апаратний продукт разом із програмним і здатні забезпечити необхідні показники продуктивності вже на етапі збирання системи. Під час розроблення ПЗ для мобільних пристроїв, потрібно брати до уваги вже наявні параметри апаратної системи і підлаштовувати під наявне ПЗ.

Реалізація SLAM методів важлива не тільки для прийняття рішення у системі (як до прикладу в МРТС), але й для точнішого відображення й розміщення інформації, особливо для мобільних смартфонів. Оскільки візуальні дані людському оку набагато легше сприймати, аніж текстові, тривимірне графічне доповнення стає новим витком опрацювання даних людиною.

Об'єкт дослідження – генерування 3D середовища з використанням засобів Lidar та вбудованих методів ОС iOS.

Предмет дослідження – методи і засоби побудови тривимірної моделі навколишнього середовища у форматі .obj.

Мета роботи – розробити методи побудови та збереження хмари точок невідомого навколишнього сере-

довища з використанням вбудованих засобів мобільної платформи.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні *завдання дослідження*:

1. Проаналізувати наявні рішення із синтезу наперед невідомого середовища на мобільних ОС.
2. Розробити математичне забезпечення роботи SLAM алгоритму.
3. Розробити алгоритм роботи системи побудови моделі навколишнього середовища з урахуванням вбудованих методів і засобів.
4. Імплементувати розроблений алгоритм мовою програмування Swift з використанням вбудованих фреймворків для роботи з тривимірною графікою та даними з Lidar сенсорів.
5. Обговорити отримані результати та порівняти з наявними рішеннями, отриманими в ході виконання пункту 1.
6. Зробити висновки щодо отриманих результатів і шляхів покращення розробленої системи.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Актуальність напряму оптимізації та покращення SLAM алгоритмів демонструють їх активне впровадження в повсякденні пристрої (навігатор в автомобілі, робот-пилосос, та ін.). Реалізація SLAM алгоритмів залежить від типів сенсорів чи їх комбінації, що використовуються системою. Аналіз різних SLAM методів залежно від типу використовуваних сенсорів (моно- чи стерео), їх переваги та недоліки висвітлено в низці робіт [13, 14].

Ефективність SLAM методів обчислюється відсотком помилок переміщення та обертання для всіх можливих послідовностей на певному наборі даних. Існує багато різних наборів даних і методів їх оцінки, серед яких найпоширенішими описано в роботах [1, 4, 12]. Хоча ця стандартизація є умовною, вона досить популярна серед науковців, а її використання дає змогу уніфіковано порівнювати нові алгоритми з уже наявними [3].

Оскільки в дослідженні SLAM методи розглядаються саме на мобільній платформі, найбільш близькими до цієї роботи є такі публікації. Зокрема, у роботі [15] обрано метод OpenVLSAM для локалізації та картографування на основі даних з монокамери. Алгоритм реалізований на локальному сервері, візуалізація відбувається на мобільній ОС Android за допомогою інструментів побудови тривимірної графіки Unity. Зроблено висновок про те, що для кращої побудови хмари точок варто використовувати LiDAR сенсори та платформу iOS. Використання локального сервера в цій роботі дає змогу швидше побудувати хмару точок, оскільки сервер має кращі показники продуктивності, але таке рішення зменшує мобільність системи.

У роботі [6] розроблений автономний SLAM метод впроваджений на мобільну ОС iOS. Згідно з отриманими результатами, цей метод дає змогу будувати хмару точок невідомого середовища як всередині приміщень так і надворі, навіть на великих ділянках. Проте в ній не було зроблено порівнянь побудови хмари точок вбудованими методами, а також таке рішення використовує тільки інформацію з монокамери, що містить менше інформації про навколишнє середовище порівняно з Lidar камерами, за допомогою яких можна дізнаватися значення відстаней до об'єктів. Результати роботи алгоритму в цих дослідженнях візуалізовані у вигляді пройденого маршруту з точок, що не дає змоги користувачу отримати інформацію про навколишнє середовище, де відбувався рух.

Робота [5] реалізує власний SLAM алгоритм, а також використовує Lidar сенсори в поєднанні з монокамерою для отримання даних, які будуть використовуватися у процесі синтезу навколишнього середовища. Розроблена авторами система показала найкращі візуальні результати порівняно з іншими наявними рішеннями. Проте в роботі [5] не було проведено порівняння швидкості та точності локалізації та картографування між розробленим SLAM алгоритмом та вбудованими в ОС iOS методами.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Основна частина. Для досягнення поставленої в цій роботі мети було розроблено мобільний застосунок під платформу iOS, з використанням вбудованих засобів, таких як фреймворк ARKit для зчитування відстаней до об'єктів навколишнього середовища та Model I/O для створення тривимірної моделі на основі геометричних даних.

Розроблення математичного забезпечення. Задачу формування та відображення тривимірного об'єкта подано таким математичним кортежем даних:

$$S = \langle M_{засобів}, M_{точок}, M_{методів}, M_{ДР} \rangle, \quad (1)$$

де: S – отримана тривимірна модель; $M_{засобів}$ – множина вбудованих сенсорів (монокамери та Lidar давач) за допомогою яких відбувається сканування поверхонь та відстаней; $M_{точок}$ – множина (хмара) точок, отримана за допомогою Lidar сенсору; $M_{методів}$ – множина розроблених методів для формування вершин полігонів (вертексів) тривимірної моделі з множини точок; $M_{ДР}$ – комбінація вбудованих методів фреймворків ARKit та SceneKit для відображення та маніпулювання отриманим тривимірним об'єктом.

Розроблений алгоритм функціонування побудованої системи (рис. 1) містить такі основні кроки:



Рис. 1. Блок-схема алгоритму роботи системи для побудови моделі навколишнього середовища / Block diagram of a system algorithm for building an environmental model

Крок 1. Конфігурування сесії доповненої реальності, за якої відбувається перевірка пристрою на наявність Lidar давачів.

Крок 2. Формування об'єктів-площин (ARMeshAnchor), що представляють певну розпізнану поверхню. Ці об'єкти інкапсульовано створюються із хмари точок на рівні роботи операційної системи.

Крок 3. Конвертування координат вершин кожної площини з локальної у глобальну систему координат. Це зумовлено особливостями структурування об'єктів в експортованому форматі .obj [9].

Крок 4. Наступні кроки полягають у поетапному виділенні пам'яті та її ініціалізації для буферів зберігання вершин конвертованих об'єктів та дескриптора зберігання відображення площини.

Крок 5. Створені в попередніх кроках сутності ініціалізують об'єкт типу MDLAsset, який дає змогу створити тривимірну модель формату .obj та зберегти її у файлової системі додатку.

Результатом роботи розробленої системи є тривимірний об'єкт у форматі .obj, який можна експортувати та відображати у будь-якому середовищі, що підтримує цей формат, зокрема і мобільний пристрій на ОС iOS.

Особливості розроблення програмного забезпечення. Оскільки об'єктом дослідження роботи є синтез 3D середовища, з використанням саме вбудованих методів та засобів в ОС iOS, доцільно описати програмні особливості розробленої системи.

Як можна побачити з розробленої структури системи (рис. 2), для функціонування роботи алгоритму (див. рис. 1) використовується набір вбудованих в ОС iOS фреймворків, MetalKit та ARKit, працюють зі застосуванням графічного ядра для забезпечення швидкодії обчислень, пов'язаних з графікою. Виконання основного коду програми відбувається на центральному процесорі.

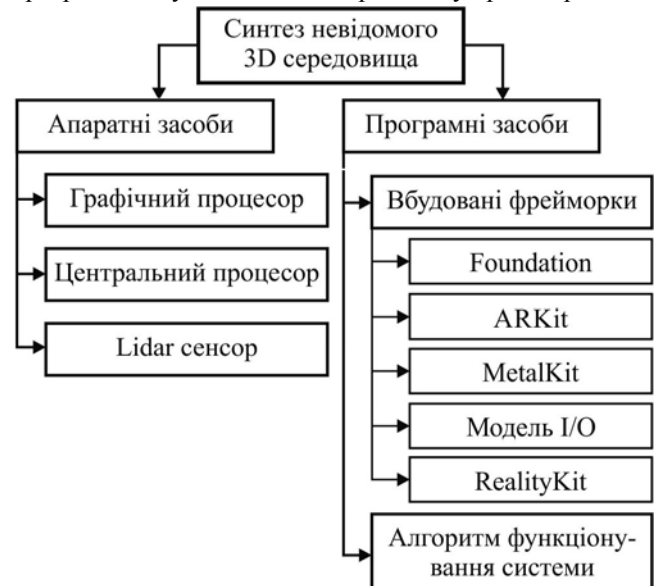


Рис. 2. Структурна схема системи синтезу невідомого середовища / Schematic diagram of the unknown environment synthesis system

Розроблене програмне рішення написано мовою програмування Swift версії 5 та підтримується на всіх пристроях з ОС iOS вище 13.4 та за наявності на пристрої Lidar сенсора.

Результати дослідження. Отриманий результат системи сканування вхідного середовища (рис. 3) подано на рис. 4. Якщо коротко, то 3D сканування об'єктів – це процес перетворення фізичної форми реального об'єкта в цифровий вигляд. При цьому зберігається текстура і навіть колір вихідного зразка. Отже, 3D модель необхідного виробу можна отримати без зайвих зусиль. 3D сканування об'єктів допомагає підготувати необхідну модель до 3D друку і в ряді випадків може зіграти вирішальну роль в побудові цифрового виробу.



Рис. 3. Вхідний об'єкт для сканування / Incoming object to be scanned

Як можна побачити з рис. 4, отримана модель містить надлишкові полігони, але присутня геометрія, що доволі точно передає загальну форму середовища.

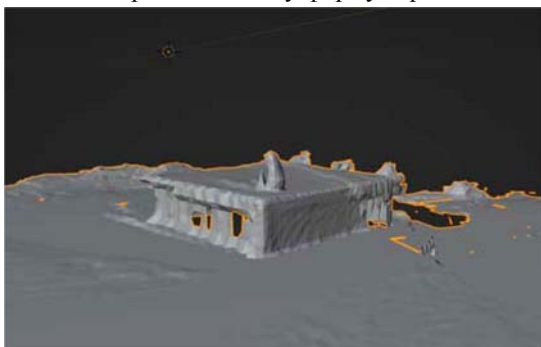


Рис. 4. Синтезована тривимірна модель / Synthesised three-dimensional model

Також можна побачити, що отримана модель низькополігональна (різка). Це зумовлено тим як будуються вертекси моделі, як показано на рис. 5, оскільки реалізований підхід передбачає формування площин. Водночас використання такого підходу дає змогу зберігати тривимірний файл малого розміру, у цьому прикладі модель займає 1.3 Мб. Для згладжування моделі можна використати такі сучасні засоби роботи з 3D графікою, як Blender чи Maya [9]. Вони дають змогу програмно збільшувати кількість полігонів, і як результат – уникати ефекту квадратності.

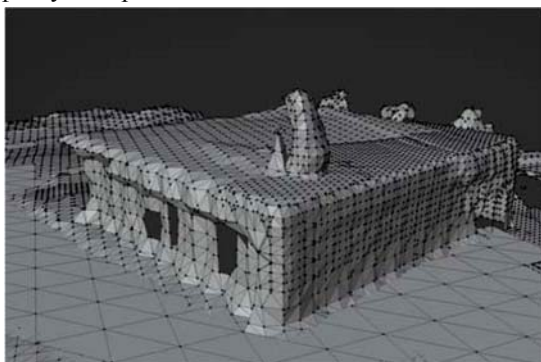


Рис. 5. Візуалізація вершин (веретксів) полігонів отриманої моделі / Visualising the vertices (vertexes) of the polygons of the resulting model

Обговорення результатів дослідження. Розроблена система дає змогу синтезувати тривимірну модель навколишнього середовища безпосередньо на мобільному пристрої, на відміну від клієнт-серверних рішень [15]. Це зберігає мобільність системи та забезпечує швидкий синтез моделі. Також у роботі [15] було використано мобільну ОС Andorid, яка не містить вбудова-

них SLAM засобів, та стороннє середовище для побудови тривимірної графіки – Unity. На відміну від розробленої у цій роботі системи, такий підхід передбачає підключення сторонніх бібліотек і як наслідок – збільшує розмір вихідної програми.

Розроблена в цій роботі система дає змогу синтезувати навколишнє середовище у тривимірному просторі включно з наявними об'єктами та їх реальними розмірами, на відміну від рішень, що за допомогою SLAM алгоритмів будують тільки пройдений маршрут без урахування особливостей сканованого середовища [6].

Також розроблена у цій роботі система використовує дані, отримані з Lidar сенсорів, що дає змогу точніше синтезувати тривимірне середовище порівняно з рішеннями, що опрацьовують дані тільки з моно чи стереокамери [6, 15].

Рішення, розроблене з використанням власних SLAM алгоритмів [5], показало більш згладжений візуальний результат, ніж розроблене в цій роботі. Проте, як наслідок, обсяг вихідного файлу такої моделі більший майже вдвічі (2.4 Мб) порівняно з результатом розробленої системи. Зважаючи на отримані результати, подальший розвиток розробленої системи спрямований на покращення точності полігонів. Така задача передбачає опрацювання точок безпосередньо із хмари, що дасть змогу використати їх у ролі вертексів тривимірної моделі замість трикутних площин. Також робота з даними хмари дасть змогу згенерувати текстуровані карти моделі, щоб наповнити її кольором. У ході дослідження в усіх наявних рішеннях виявлено проблему надлишковості даних при синтезі, як-от підлога на всіх рисунках вище, тому наступним покращенням роботи алгоритму плануємо обмеження сканованої поверхні вже на етапі сканування.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – розроблено тривимірну модель наперед невідомого середовища з використанням вбудованих у мобільну платформу iOS методів і засобів.

Практична значущість результатів дослідження – розроблений мобільний застосунок можна використовувати для сканування невідомого середовища з подальшим опрацюванням отриманої тривимірної моделі в інтересах виробництва чи військової справи.

Висновки / Conclusions

Отже, розглянуто актуальні SLAM алгоритми та наявні рішення візуалізації наперед невідомого середовища.

Розроблено алгоритм опрацювання та синтезу тривимірної моделі невідомого середовища з використанням вбудованих методів і засобів на базі даних з Lidar сенсорів. Запропонований алгоритм реалізовано мовою програмування Swift та створено мобільний додаток під ОС iOS, що дає змогу користувачу сканувати реальні об'єкти чи периметри та синтезувати отримані результати у тривимірну модель формату .obj.

Розроблена система має низку переваг щодо мобільності та швидкодії порівняно з наявними рішеннями, що використовують сторонній сервер для локалізації та картографування. Проте розроблену систему можна покращити при синтезі моделі безпосередньо із хмари

точок, що дасть змогу будувати моделі з меншою кількістю надлишкових полігонів та з текстурванням поверхонь.

Отже, вдосконалено модель, яка на відміну від наявних рішень синтезує модель навколишнього середовища з використанням вбудованих в ОС iOS засобів та даних з Lidar сенсору.

Роботу виконано в межах держбюджетної теми ДБ/Нейроробот "Експериментальна мобільна робототехнічна платформа з інтелектуальною системою управління та захистом передачі даних", Національний університет "Львівська політехніка".

References

1. Blanco-Claraco, J. L., Moreno-Dueñas, F. N., & González-Jiménez, J. (2013). The Málaga urban dataset: High-rate stereo and LiDAR in a realistic urban scenario. *The International Journal of Robotics Research*, 33(2), 207–214. <https://doi.org/10.1177/0278364913507326>
2. Chidsin, W., Gu, Y., & Goncharenko, I. (2021). AR-Based Navigation Using RGB-D Camera and Hybrid Map. *Sustainability*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/su13105585>
3. DESCHAUD, Jean-Emmanuel. IMLS-SLAM: Scan-to-model matching based on 3D data. (2018). In: *2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2480–2485. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2018.8460653>
4. GEIGER, Andreas; LENZ, Philip; URTASUN, Raquel. (2012). Are we ready for autonomous driving? the kitti vision benchmark suite. In: *2012 IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 3354–3361. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2012.6248074>
5. Labbé, M., & Michaud, F. (2019). RTAB – Map as an open – source lidar and visual simultaneous localization and mapping library for large – scale and long – term online operation. *Journal of Field Robotics*, 36(2), 416–446. <https://doi.org/10.1002/rob.21831>
6. Li, Peiliang, et al. (2017). Monocular visual-inertial state estimation for mobile augmented reality. *2017 IEEE international symposium on mixed and augmented reality (ISMAR)*. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2017.18>
7. More to explore with ARKit 6. Retrieved from: <https://developer.apple.com/augmented-reality/arkit/>
8. Ostrovka, D. V., & Teslyuk, V. M. (2021). The current state and prospects of advanced reality technology in smart mobile devices. Selected aspects of digital society development: monograph 45. Katowice: Publishing House of University of Technology, 179–190.
9. Ostrovka, D., & Teslyuk, V. (2020). The Analysis of File Format Conversion Tools for Storing 3D Objects for the iOS Platform. MoMLeT&DS, Ukraine, Lviv.
10. Ostrovka, D., Teslyuk, T., Vesely, P., & Protsko, I. (2019). The Analysis and Comparison of File Formats for Constructions of iOS Three-dimensional Objects for Augmented Reality Systems. DCSmart, Ukraine, Lviv, 325–334.
11. Overview of ARCore and supported development environments. Retrieved from: <https://developers.google.com/ar/develop>
12. PANDEY, Gaurav, MCBRIDE, James, R., EUSTICE, Ryan, M. (2011). Ford campus vision and lidar data set. *The International Journal of Robotics Research*, 30(13), 1543–1552. <https://doi.org/10.1177/0278364911400640>
13. Servières, M., Renaudin, V., Dupuis, A., & Antigny, N. (2021). Visual and Visual-Inertial SLAM: State of the Art, Classification, and Experimental Benchmarking. *J. Sens.*, 1–26. <https://doi.org/10.1155/2021/2054828>
14. SINGANDHUPE, Ashutosh; LA, Hung Manh. (2019). A review of slam techniques and security in autonomous driving. In: *2019 third IEEE international conference on robotic computing (IRC)*. 602–607. <https://doi.org/10.1109/IRC.2019.00122>
15. Song, J., & Kook, J. (2022). Mapping Server Collaboration Architecture Design with OpenVSLAM for Mobile Devices. *Applied Sciences*, 12(7), 3653. <https://doi.org/10.3390/app12073653>
16. Tsmots, I. G., Teslyuk, V. M., Opotiak, Y. V., Parcei, R. V., & Zinko, R. V. (2021). The basic architecture of mobile robotic platform with intelligent motion control system and data transmission protection. *Ukrainian Journal of Information Technology*, 3(2), 74–80. <https://doi.org/10.23939/ujit2021.02.074>

D. V. Ostrovka, V. M. Teslyuk

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

SYNTHESIS OF AN ENVIRONMENTAL MODEL USING SENSORS EMBEDDED IN MOBILE DEVICES ON THE IOS PLATFORM

Augmented reality (AR) technology has already taken its place in the lives of modern people, and its areas of application are growing every day. One such area is the addition of information from simultaneous localization and mapping (SLAM). Another aspect of the development and adoption of AR technology is mobile devices as they are simultaneously input devices having a variety of sensors such as Lidar sensors and mono-cameras and output devices, in the case of AR it is a display. Therefore, the paper presents a developed system that synthesizes SLAM data obtained from Lidar sensors and creates a three-dimensional model of any environment with the ability to view and export it to the mobile platform iOS. In the course of the work, the main objectives of the study were formed and a literature review of actual scientific research on a given topic was carried out. The algorithm of environment synthesis system functioning is developed and program features of the implemented program in Swift programming language are described. The feature of the developed system in comparison with the results in the relevant literature sources is the use of SLAM methods and facilities built into iOS as well as use of system frameworks to create the geometry of the model. The scientific novelty and practical value of the research findings are formed. The result of this research is a mobile iOS application written in the Swift programming language, which allows users to scan any previously unknown environment and produce a 3D model in .obj format. The developed system can be used in the interests of industry and new scientific work, and is also suitable for adaptation according to user requirements.

Keywords: mobile SLAM; mobile AR; markerless AR; SLAM; visual SLAM; mobile 3D model; obj; Lidar.