

Методы корректировки местоположения в задаче автономной навигации в закрытых помещениях*

М.П. Осипов, А.О. Патрушев

osipovmp@mail.ru, andry_patrushev@mail.ru

Россия, Центр информатики и интеллектуальных информационных технологий
Нижегородский Государственный Университет имени Н.И.Лобачевского

В работе предложены методы и алгоритмы корректировки местоположения пользователя в задаче автономной навигации в закрытых помещениях на основе поиска и распознавания «информационных объектов» в помещении при использовании поэтажных планов здания, микромеханических инерционных датчиков, моделирования и 3D визуализации.

Ключевые слова: навигация в закрытых помещениях, компьютерное зрение, анализ изображений, микромеханические инерционные датчики (MEMS сенсоры), поэтажные планы

1. Введение

Внутренняя структура зданий нередко представляют собой лабиринт с множеством этажей, коридоров и комнат. И довольно часто возникают ситуации, когда обычный человек уже не в состоянии ориентироваться внутри больших комплексов без поддержки. Разработкой систем навигации внутри зданий занимаются множество технологических компаний по всему миру. В развитие этой темы уже вложено сотни миллионов долларов. Но доступного и надежного решения до сих пор нет. Поэтому проблема навигации внутри зданий остается одной из актуальных задач на сегодняшний день.

Современные подходы к навигации внутри помещений предполагают создание сети маяков, сигналы которых могут воспринимать сенсоры телефона (или другой мобильной платформы). Сюда относятся WiFi, Bluetooth и даже ультразвуковые маяки. Они потребляют мало энергии, просты в массовом изготовлении и способны на длительную автономную работу. На основе данных о мощности сигналов маяков можно определить свое положение внутри здания. Недостатками такого подхода являются необходимость поддержки сети маяков в активном состоянии, техническое обслуживание. Также сеть маяков нужно грамотно спланировать, неудачное расположение маяков в многоэтажном комплексе может привести к неустойчивому определению положения или сделать его неоднозначным.

Также существуют подходы, использующие информацию магнитного поля Земли для позиционирования в зданиях, микромеханических инерционных датчиков (MEMS), RFID-меток, QR-кодов. Однако, указанные подходы имеют существенные ограничения по точности и надежности [1].

В работах [2-6] был развит новый подход решения задачи автономной навигации в закрытых помеще-

ниях, основанный на использовании информации цифровых поэтажных планов зданий и сооружений, моделирования и 3D визуализации, микромеханических инерционных датчиков, а также автоматических и интерактивных способов коррекции местоположения.

2. Постановка задачи

Работа посвящена дальнейшему развитию подхода, основанного на технологии инерциальной навигации и 3D визуализации [2-6]. Рассмотрены проблемы повышения точности и расширения возможностей автоматической коррекции местоположения в задаче автономной навигации в закрытых помещениях. Предлагаются методы корректировки местоположения пользователя при решении задачи навигации в закрытых помещениях на основе технологии компьютерного зрения при использовании поэтажных планов здания, моделирования и 3D визуализации.

3. Способы решения поставленной задачи

Самым доступным и «дешевым» способом контроля движения в задаче навигации является использование микромеханических инерционных датчиков. В этом случае, для оценки местоположения, нет необходимости в дополнительном оборудовании, установленном в помещении. Но точность измерения бытовых MEMS-сенсоров не велика. Также, при таком способе, вычисление новой позиции основывается на значении предыдущей и тем самым вызывает рост накопительной ошибки измерения датчиков. Поэтому необходимы методы, позволяющие регулярно корректировать местоположение пользователя, чтобы не допустить рост накопительной ошибки измерения.

Планировочные структуры зданий превращают путь движения в ломаную линию. Момент поворота во время движения автоматически определяется по данным гироскопа и магнитометра. Поэтажный

Работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ гранты № 16-07-01214 А, № 16-07-01198 А. Работа опубликована по гранту РФФИ №16-07-20482

план здания содержит в себе информацию о структуре здания. В момент фиксации поворота, на поэтажном плане здания происходит поиск близлежащего к текущему местоположению поворота в указанном направлении. Найденный поворот используется для корректировки текущего местоположения. Таким образом, при прохождении поворота ошибка измерений MEMS-сенсоров, накопленная в процессе движения, будет постоянно «обнуляться» [5].

Участки маршрута между поворотами находятся в зоне прямой видимости. В этом случае, корректировку местоположения может осуществлять сам пользователь путем сопоставления окружающей его обстановки с изображением окружающей обстановки рассчитываемого (предполагаемого) местоположения. Поскольку фотореалистичная 3D модель объекта близка к фотографии этого объекта [7], для синтеза такого изображения было предложено использовать 3D модель объектов внутренней структуры зданий и сооружений. Процесс создания 3D моделей поэтажных планов и объектов внутренней инфраструктуры зданий и сооружений производится автоматически с помощью определенных правил пространственного моделирования, опирающихся на атрибутивную информацию, содержащуюся в базе данных (поэтажный план здания) [6]. В случае, когда указанные методы корректировки местоположения затруднительны, предлагается использовать для определения местоположения методы компьютерного зрения [8].

В общественных зданиях на стенах и дверях часто размещаются объекты, содержащие информацию указывающего и предупреждающего характера. Это могут быть названия и номера помещений, планы эвакуации, знаки пожарной безопасности и т.д. Также на стенах могут быть размещены картины и фотографии. Такие объекты можно объединить под одним названием - "информационные объекты".

«Информационные объекты» легко заметить из-за яркой окантовки, выделяющей их из общего фона. Также они расположены, как правило, в узловых точках здания, таких как пресечения коридоров, лестничные клетки, повороты и т.д. (рис. 1).

Соответственно, если найти такие «информационные объекты» в кадре с камеры мобильной навигационной системы и распознать их, то зная расположение каждого «информационного объекта» в здании, можно получить надежную информацию о местоположении пользователя.

Первым этапом работы метода будет выделение «информационных объектов» из фона в кадре. Для этого изображение с камеры необходимо сегментировать по цветовому признаку, поскольку «информационные объекты» обладают ярко выделяющимися цветами, и разделение по яркости в некоторых



Рис. 1: «Информационные объекты» помещения.

ситуациях может работать нестабильно.

В случае поиска объектов обладающих яркими цветовыми отличиями от фона подойдет максимально простой алгоритм, сливающий точки, близкие по цвету в единую область, опираясь на заранее заданный порог. Для увеличения скорости работы и уменьшения чувствительности к шумам на изображении, можно уменьшить кадр в несколько раз. Это повлечет за собой уменьшение точности локализации «информационного объекта» на изображении. Но, так как в худшем случае будет потеряна небольшая рамка, не содержащая в себе структурных элементов «информационного объекта», подобным ухудшением точности можно пренебречь.

Следующий этап поиска «информационных объектов» - выделение четырехугольных контуров. На этапе сегментации получено несколько отдельных областей, внутри которых цвет считается однородным. С большой долей вероятности внешняя граница «информационного объекта» будет полностью определяться одним сегментом. Внешний контур такого сегмента находится алгоритмом Сузуки [9] и аппроксимируется методом Дугласа-Пекера [10]. Затем проводятся дополнительные проверки, контур должен быть четырехугольным, выпуклым, и обладать площадью, достаточной для стабильной работы алгоритма распознавания.

Необнаруженными останутся только «информационные объекты», чья внешняя граница распалась на несколько цветовых сегментов, или же объекты, чья граница прерывается посторонними объектами.

Для выделения таких объектов контуры, найденные после сегментации, объединяются в единую структуру граф. При этом точки различных контуров расположенные близко друг к другу сливаются в одну, а точки расположенные близко к линиям контуров прикрепляются к ним.

На полученном графе производится поиск четырехугольных структур. Алгоритм учитывает, что

на линиях четырёхугольника могут быть промежуточные точки, причем эти точки могут отклоняться от линий искомого четырёхугольника. Поиск производится в глубину, начиная от каждой вершины графа, обладающей двумя и более связями. Для ускорения работы из поиска исключаются вершины расположенные внутри уже найденных «информационных объектов», это позволяет избежать повторного выделения уже найденных объектов. В процессе работы алгоритм сразу проверяет углы между ребрами предполагаемого четырёхугольника отсеивая невыпуклые и маленькие контуры.

После нахождения областей содержащих «информационные объекты» для каждой области производится отдельно распознавание. Для этого используется алгоритм SIFT [11]. Он обладает высоким уровнем распознавания, при этом инвариантен к преобразованиям перспективы. Поиск предлагается производить по библиотеке шаблонов содержащей все «информационные объекты» здания. В случае успешного распознавания на основе соответствий найденных алгоритмом SIFT по методу RANSAC [12] производится оценка положения «информационного объекта» в пространстве относительно камеры (фактически находится преобразование перспективы, приводящее «информационный объект» из найденного соответствия в библиотеке шаблонов к тому, как он выглядит на изображении).

Определив положение относительно всех «информационных объектов» на изображении, программа определяет положение камеры внутри здания. Каждый «информационный объект» предлагается хранить в базе, где указаны его метоположение и размеры. Соответственно для всевозможных «информационных объектов» и их местоположений определяется область, в которой может находиться камера. Такие области получают несколько голосов, также дополнительные голоса получают области, находящиеся рядом с предыдущими определенными местоположениями, находящиеся на пути следования (если осуществляется навигация пользователя до определенного места). Область, набравшая наибольшее количество голосов, считается новым текущим местоположением.

4. Заключение

Экспериментальная апробация предложенных алгоритмов подтвердила их эффективность и работоспособность.

Литература

[1] C.Lukianto and H.Sternberg, "Overview of Current Indoor Navigation Techniques and Implementation Studies" // Bridging the Gap between Cultures, Marrakech. - 2011, 14 p.

- [2] Yu.G. Vasin, M.P. Osipov, R.K. Mukhutdinov, S.V. Muntyan, and E.A. Kustov, "Automated 3D modeling and 3D visualization of internal structure objects of buildings and facilities", in Proc. 11th Int. Conf. "Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies" (Samara, 2013), Vol. 2, pp. 473–475.
- [3] Yu.G. Vasin, M.P. Osipov, A.A. Egorov, E.A. Kustov, Yu.V. Yasakov, "Autonomous indoor navigation based on 3D-modeling", in Proc. 11th Int. Conf. "Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies" (Samara, 2013), Vol. 2, pp. 476–478.
- [4] Yu.G. Vasin, A.A. Egorov, Yu.V. Yasakov, "Client-server data acquisition subsystem for 3D modeling and subsequent 3D visualization on handheld computers", in Proc. 11th Int. Conf. "Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies" (Samara, 2013), Vol. 2, pp. 754–756.
- [5] Yu.G. Vasin, M.P. Osipov, A.A. Egorov, Yu.V. Yasakov, "Autonomous Indoor 3D Navigation" // Pattern Recognition and Image Analysis, 2015, Vol. 25, No. 3, pp. 373–377.
- [6] Yu.G. Vasin, M.P. Osipov, S.V. Muntyan, E.A. Kustov, "Procedural Modeling and Interactive 3D Visualization of Objects of the Internal Structure of Buildings and Facilities" // Pattern Recognition and Image Analysis, 2015, Vol. 25, No. 2, pp. 278–280.
- [7] Yu.G. Vasin, M.P. Osipov, T.N. Tomchinskaya, "Development of Interactive Virtual Models of the Urban Landscape of the Historical Center of Nizhni Novgorod" // Pattern Recognition and Image Analysis, 2011, Vol. 21, No. 2, pp. 351–353.
- [8] Serrão, M., Shahrabadi, S., Moreno, M., José, J. T., Rodrigues, J. I. Rodrigues, J. M. F., du Buf, J. M. H., Computer vision and GIS for the navigation of blind persons in buildings. Universal Access in the Information Society, 14(1), pp. 67-80, 2014
- [9] Suzuki, S. and Abe, K., Topological Structural Analysis of Digitized Binary Images by Border Following. CVGIP 30 1, pp 32-46 (1985).
- [10] David Douglas & Thomas Peucker, «Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature», The Canadian Cartographer 10(2), 112–122 (1973).
- [11] Lowe, David G. (1999). "Object recognition from local scale-invariant features". Proceedings of the International Conference on Computer Vision. pp. 1150–1157.
- [12] Martin A. Fischler and Robert C. Bolles (June 1981). «Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography». Comm. Of the ACM 24: 381–395.