

УЛУЧШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ ГЕОЛОКАЦИИ

А. В. Мирончик, П. П. Урбанович

Белорусский государственный технологический университет, Минск

Рассмотрены факторы, влияющие на точность позиционирования динамических объектов в системах геолокации, а также требования и условия, необходимые при проектировании системы позиционирования. Предложен метод адаптации работающей системы позиционирования к новым условиям.

Введение

В настоящее время проблема навигации внутри помещений является актуальной. GPS-технология решает множество задач, связанных с определением местоположения вне помещений, однако ее невозможно использовать для навигации внутри помещений в связи со значительным ослаблением сигнала в стенах и перекрытиях зданий и недостаточной точностью позиционирования (порядка 5–10 м). Поэтому для решения данной проблемы используются системы позиционирования внутри помещений.

1. Факторы, влияющие на точность позиционирования

На точность определения местоположения внутри помещений влияют различные факторы: среда (статична или нестатична), источники помех (другие радиоэлектронные устройства), препятствия.

Улучшения точности позиционирования можно достигнуть различными способами:

- выбором наиболее точного алгоритма определения местоположения;
- увеличением мощности или частоты сигнала маячка;
- расстановкой локаторов (количеством локаторов и их местоположением);
- дополнительными встраиваемыми датчиками в маячки (акселерометр, гироскоп).

2. Требования и условия при проектировании системы позиционирования

При проектировании и внедрении системы позиционирования в помещение необходимо определить требования и условия:

– необходимую точность определения местоположения (не во всех системах и не для всех случаев нужна точность позиционирования с минимальными погрешностями; в зависимости от требований в различных системах допускается точность позиционирования порядка 3 м);

– в каких областях нужна более высокая точность (иногда требуется высокая точность позиционирования только в определенных помещениях (комнатах), например у входной двери);

– статичность среды.

3. Улучшение точности позиционирования

3.1. Факторы снижения точности

Правильная расстановка локаторов влияет на точность позиционирования. DOP (dilution of precision – «снижение точности» – термин, используемый в области систем позиционирования для параметрического описания геометрического взаиморас-

положения локаторов относительно антенны приемника. Когда локаторы в области видимости находятся слишком близко друг к другу, говорят о «слабой» геометрии расположения (высоком значении DOP) и, наоборот, при достаточной удаленности геометрию считают «сильной» (низкое значение DOP). В общем случае его можно представить выражением

$$DOP = \frac{[\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 + \sigma_t^2]}{\sigma_D}, \quad (1)$$

где σ_x – среднее квадратичное отклонение по оси x ; σ_y – среднее квадратичное отклонение по оси y ; σ_z – среднее квадратичное отклонение по оси z ; σ_t – среднее квадратичное отклонение часов приемника; σ_D – среднее квадратичное отклонение ошибок измерения расстояния.

Выражение (1) может быть записано в другом виде:

$$DOP^2 = PDOP^2 + TDOP^2, \quad (2)$$

где $PDOP = \frac{[\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2]^{\frac{1}{2}}}{\sigma_D}$ – пространственный (PDOP – position dilution of precision – снижение точности по местоположению) коэффициент; $TDOP = \frac{\sigma_t}{\sigma_D}$ – временной (TDOP – time dilution of precision – снижение точности по времени).

В свою очередь, пространственный коэффициент может быть разбит на составляющие, характеризующие точность определения координат потребителя в горизонтальной и вертикальной плоскостях:

$$PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2, \quad (3)$$

где $HDOP = \frac{[\sigma_x^2 + \sigma_y^2]^{\frac{1}{2}}}{\sigma_D}$ – горизонтальный (HDOP – horizontal dilution of precision – снижение точности в горизонтальной плоскости) коэффициент; $VDOP = \frac{\sigma_z}{\sigma_D}$ – вертикальный (VDOP – vertical dilution of precision – снижение точности в вертикальной плоскости) коэффициент.

3.2. Мощность и частота сигнала маячка

Для увеличения точности позиционирования и уменьшения задержки определения местоположения маячка конфигурируются такие параметры, как мощность и частота сигнала. Эти параметры напрямую влияют на расход батарей маячка: чем они выше, тем больше расход батареи.

3.3. Фильтрация данных

Практически для любых помещений существует большое количество факторов, влияющих на показатель уровня принимаемого сигнала (RSSI). Поэтому даже в условиях прямой видимости с bluetooth-устройством полученный RSSI хаотично меняется, даже если устройство не меняет свое местоположение [1].

Решение рассматриваемой задачи должно базироваться на соответствующем математическом аппарате. В данном случае можно применить один из самых популярных алгоритмов фильтрации данных – на основе фильтра Калмана [2]. Фильтр убирает шумы (случайные всплески, связанные с измерениями) и выдает результат с учетом текущих измерений, предсказанных результатов на основе предыдущих измерений, а также использует динамическую модель системы (закон движения) и две циклически повторяющиеся стадии: предсказание и корректировку.

На первом этапе (предсказания) рассчитывается состояние системы в следующий момент времени:

1) предсказывается состояние системы:

$$\hat{x}_k^- = A\hat{x}_{k-1} + Bu_{k-1}, \quad (4)$$

где \hat{x}_k^- – предсказание состояния системы в текущий момент времени; A – матрица перехода между состояниями (динамическая модель системы); \hat{x}_{k-1} – предсказание состояния системы в предыдущий момент времени; B – матрица применения управляющего воздействия; u_{k-1} – управляющее воздействие в предыдущий момент времени;

2) предсказывается ошибка ковариации:

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q, \quad (5)$$

где P_k^- – предсказание ошибки; P_{k-1} – ошибка в предыдущий момент времени; Q – ковариация шума процесса.

На втором этапе (корректировки) – корректируется прогноз с помощью результата очередного измерения:

1) вычисляется усиление Калмана:

$$K_k = P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-1}, \quad (6)$$

где K_k – усиление Калмана; H – матрица измерений, отображающая отношение измерений и состояний; R – ковариация шума измерения;

2) обновляется оценка с учетом измерения:

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - H\hat{x}_k^-), \quad (7)$$

где z_k – измерение в текущий момент времени;

3) обновляется ошибка ковариации:

$$P_k = (E - K_k H)P_k^-, \quad (8)$$

где E – матрица идентичности [3, с. 11].

3.4. Встраиваемые датчики

Для уменьшения погрешности в фильтре Калмана имеется возможность учитывать управляющее воздействие. Таким образом, можно применять сразу две системы – кроме основной (определение местоположения) использовать для коррекции данного местоположения инерциальную навигационную систему, состоящую из акселерометра, что значительно улучшает результат.

4. Метод адаптации работающей системы позиционирования к новым условиям

В результате исследований факторов, влияющих на точность позиционирования и увеличение точности, авторами предложен метод адаптации работающей системы позиционирования к новым условиям. Суть метода заключается в анализе накопленного массива данных за выбранный период (семь дней). Массив данных представляет собой позиции маячков и погрешности при определении этих позиций. Карта помещения условно делится на сетку с ячейками по 1 м^2 . Определяется количество вхождений позиций маячков в каждую из ячеек. Также для каждой ячейки определяется средняя по-

грешность в определении позиций. Далее выбираются ячейки с наибольшим вхождением позиций маячков. Для выбранных ячеек сравнивается среднее значение погрешности в измерениях с максимальной допустимой погрешностью (в каждом из помещений может быть определена своя погрешность в измерениях) для данного участка. Если для каких-либо ячеек погрешность в измерениях больше допустимой, создается рекомендация, в которой будут указаны эти области.

Заключение

Наиболее эффективным подходом при проектировании системы позиционирования внутри помещений является проектирование под конкретные требования и условия, что дает более высокую точность позиционирования [4].

Комбинация различных способов и методов улучшения точности позиционирования динамических объектов в системах геолокации также дает лучшие результаты. В частности, предлагается модификация известного метода, особенностью которой являются учет и анализ накопленной и хранящейся информации, что позволяет повысить точность позиционирования объектов.

Список литературы

1. An Indoor Positioning Algorithm Using Bluetooth Low Energy RSSI [Electronic resource] / International Conference on Advanced Material Science and Environmental Engineering (AMSEE 2016). – 2016. – Mode of access: www.atlantispress.com/php/download_paper.php?id=25858154. – Date of access: 27.06.2018.
2. Навигация в помещениях с iBeacon и ИНС [Электронный ресурс]. – Habrahabr, 2017. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/245325/>. – Дата доступа: 30.06.2018.
3. Першин, Д. Ю. Определение местоположения высокой точности для односторонних приемников спутниковой навигации с использованием инерциальных датчиков / Д. Ю. Першин, А. С. Щербаков. – Новосибирск : Институт систем информатики СО РАН, 2013.
4. Мирончик, А. В. Точность позиционирования динамических объектов в системах геолокации / А. В. Мирончик, П. П. Урбанович // Информационные технологии : тезисы 82 науч.-техн. конф. проф.-преп. состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 6–7 февр., 2018 г. – Минск, 2018. – С. 10–11.