



### Литература

1. Зотеев В.Е. Параметрическая идентификация диссипативных механических систем на основе разностных уравнений / Под ред. Радченко В.П. – М.: Машиностроение, 2009. – 344 с.
2. В. Е. Зотеев. “О сходимости итерационной процедуры среднеквадратичного оценивания коэффициентов линейно параметрической дискретной модели”, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 1(18)(2009), 133–141.
3. В. П. Радченко, А. В. Симонов, Разработка автоматизированной системы построения моделей неупругого деформирования металлов на основе методов непараметрического выравнивания экспериментальных данных, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 1999, выпуск 7, 51–62.
4. Самарин Ю.П. Построение экспоненциальных аппроксимаций для кривых ползучести методом последовательного выделения экспоненциальных слагаемых // *Проблемы прочности*. 1974. №9. С. 24-27
5. S.G.R. Brown, R.W. Evans and B. Wilshire. Exponential descriptions of normal creep curves. Department of Metallurgy and Materials Technology .University College, Singleton Park, Swansea, SA2 8PP, UK
6. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессия. –М.: Финансы и статистика, 1981. –302 С.

Д.О. Маркин, В.В. Комашинский

### МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ СИГНАЛОВ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ДОСТУПА

(Академия ФСО России, г. Орёл)

Различные системы навигации и определения местоположения известны уже достаточно давно, однако в последнее время активно проводятся исследования способов определения местоположения внутри помещений и зданий. В отличие от определения местоположения на открытой местности, внутри зданий и помещений нет возможности использовать спутниковую навигацию из-за очень слабого сигнала, а также требования приложений использующих данные о местоположении субъекта внутри здания зачастую требуют высокой точности, соизмеримой с точностью определения местоположения, достигаемой в спутниковых системах навигации.

Достаточно детальный обзор беспроводных технологий и систем определения местоположения внутри помещений представлен в работе [1]. Все известных технологии и системы определения местоположения основываются на достаточно ограниченном наборе базовых принципов и алгоритмов, которые представлены на рисунке 1.

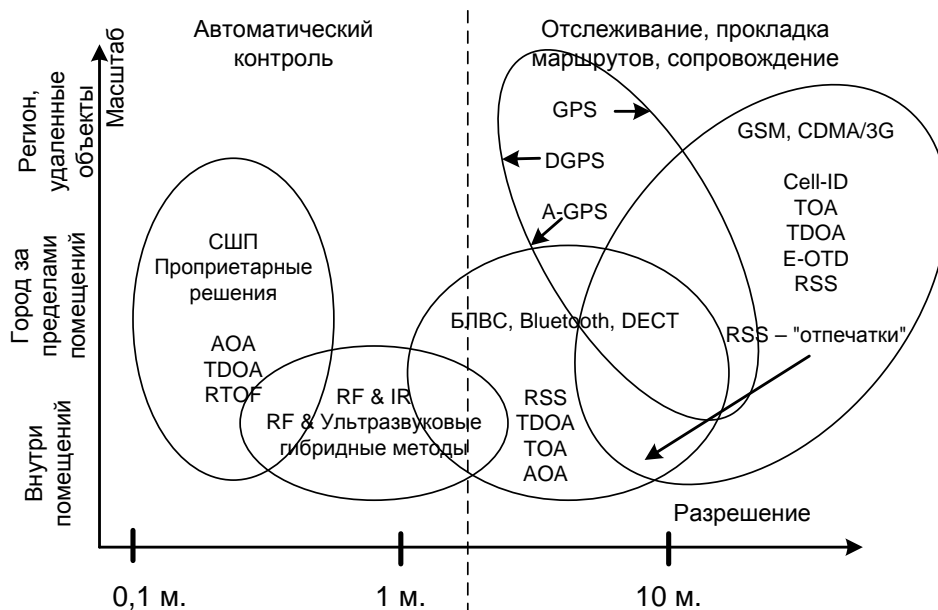


Рис. 1. Базовые принципы и алгоритмы определения местоположения

Для исследования и проверки эффективности ряда известных способов определения местоположения была разработана имитационная модель в среде AnyLogic, позволяющая: 1) проверить эффективность используемых математических методов определения местоположения внутри помещений; 2) определить параметры применяемых моделей, позволяющих получить наибольшую точность определения местоположения и наименьшую погрешность;

– получить наглядную демонстрацию в динамическом режиме технологии определения местоположения.

В разработанной имитационной модели использованы два подхода по определению местоположения:

– метод триангуляции на основе сигналов беспроводной сети доступа от нескольких точек доступа;

– метод k-ближайших соседей в сигнальном пространстве беспроводной сети доступа.

Для моделирования распространения сигналов использована модель, представленная следующим выражением

$$\frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi R)^2}{\lambda^2}, \quad (1)$$

где  $P_t$  – мощность сигнала передающей антенны;  $P_r$  – мощность сигнала, поступающего на антенну;  $R$  – расстояние, пройденное сигналом между двумя антеннами;  $\lambda$  – длина волны несущей.

Мощность передатчика  $P_t$ , а также длина волны несущей  $\lambda$  известны, в соответствии с техническими характеристиками точки доступа. Расстояние  $R$  в имитационной модели известно на основе карты расположения помещений и их координат. Таким образом, для осуществления моделирования необходимо к



рассчитанной на основе выражения (1) мощности принимаемого сигнала добавить ошибку:

$$\tilde{P}_t = P_t + e(t). \quad (2)$$

В имитационной модели были заданы следующие статистические параметры ошибки  $e(t)$ : нормальный закон распределения вероятно, нулевое математическое ожидание –  $M e(t) = 0$  и дисперсия  $D e(t) = 1, 2, 3$ .

Как показали результаты моделирования, при значении дисперсии ошибки измерения –  $D e(t) = 3$  – получаемые значения мощности измерения сигнала соответствуют эмпирически полученным значениям, а также результатам, представленным в работе [2].

Для определения местоположения методом триангуляции сигналов от нескольких точек доступа использовались выражения:

$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = R_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = R_2^2 \\ \dots \end{cases} \quad (3)$$

Для определения местоположения по методу k-ближайших соседей в сигнальном пространстве беспроводной сети доступа в имитационной модели: 1) была создана сетка измерений (карта измерений) на карте расположения помещений с изменяемым шагом (в исследовании использовался шаг измерений в 1 м., 2 м. и 3 м.); 2) каждой точке сетки измерений соответствовал набор измерений от нескольких точек доступа, полученный в соответствии с выражением (2); 3) местоположение пользователя мобильного устройство определялось на основе метрики Евклида. Расположение точек доступа беспроводной сети задавалось в соответствии с положением значка "Wi-Fi".

Таким образом, в используемой модели регулируемые параметрами являются: уровень сигнала передающей антенны; длина волны несущей; статистические характеристики ошибки измерения (закон распределения, математическое ожидание, дисперсия); расположение точек доступа; идентификаторы точек доступа, используемых для метода триангуляции; шаг сетки измерений в карте измерений сигналов от точек доступа для метода k-ближайших соседей.

На рисунке 2 представлен пример работы модели в режиме сравнения точности используемых методов.

Сравнительный анализ функций плотности распределения и функций распределения вероятности ошибки определения местоположения для методов k-ближайших соседей и триангуляции представлен на рисунке 6. Из данного рисунка видно, что более точный метод из используемых – метод k-ближайших соседей, поскольку его функция распределения вероятности ошибки измерения местоположения для данного метода возрастает более медленно, чем для метода триангуляции.

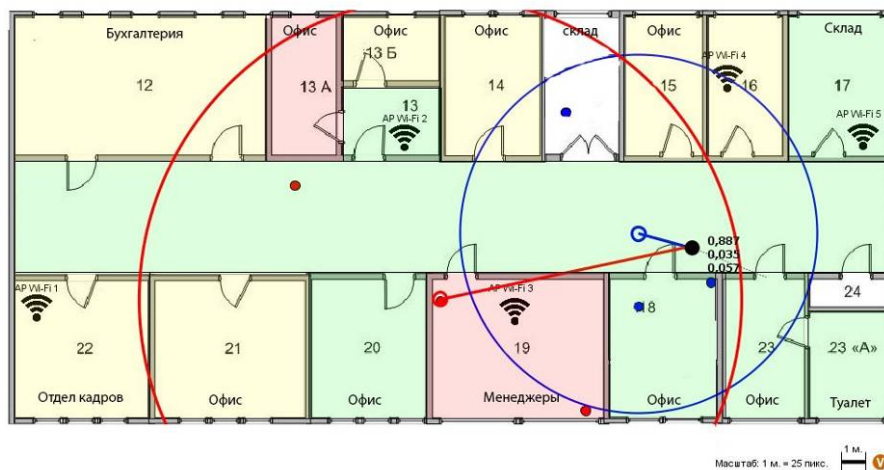


Рис. 2. Определение местоположения пользователя в имитационной модели

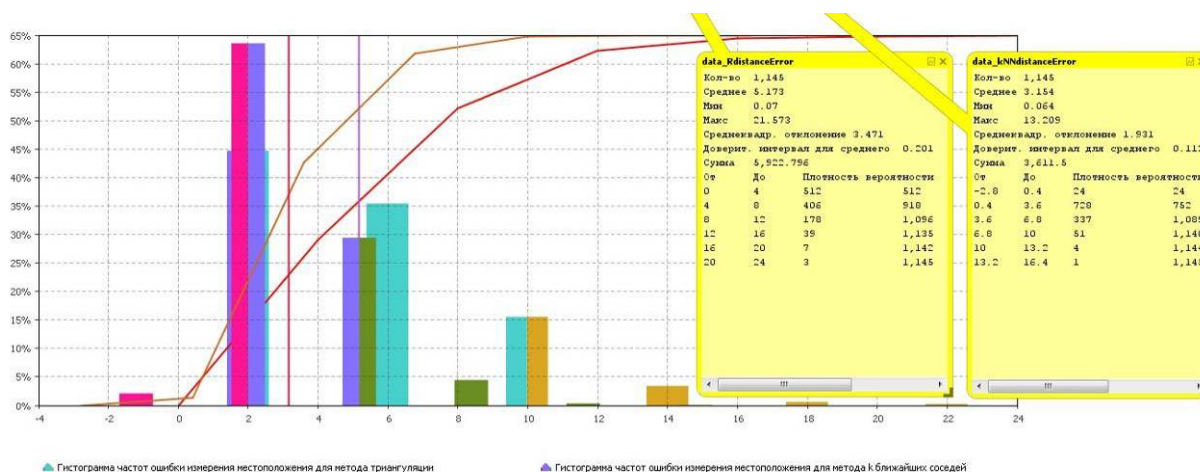


Рис. 3. Сравнительный анализ функций плотности распределения и функций распределения вероятности ошибки определения местоположения

В процессе имитационного моделирования задавались различные параметры модели и были получены следующие результаты:

- наиболее точный метод определения местоположения среди исследуемых – метод k-ближайших соседей;
- точность метода триангуляции существенно зависит от расположения точек доступа беспроводной сети и их количества;
- наибольшая точность определения местоположения методом триангуляции при использовании 3-х точек доступа;
- точность метода k-ближайших соседей существенно зависит от количества соседей и шага сетки измерений, при этом наибольшая точность определения местоположения методом k-ближайших соседей – при использовании 3-х ближайших соседей и шага сетки измерений в 1 метр.

Результаты проведенного имитационного моделирования соответствуют полученным результатам, представленным в работах [1-4], что свидетельствует об адекватности разработанной модели.



В процессе моделирования задавались различные параметры модели, в результате чего были получены такие значения модели, при которых достигалась наименьшая погрешность определения местоположения пользователя мобильного устройства, что свидетельствует о чувствительности и точности представленной модели.

Разработанную модель целесообразно использовать в качестве инструмента для проведения исследований по использованию данных о местоположении пользователей мобильного устройства в практических приложениях.

### Литература

1. Liu, H. Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems / H. Lui, H. Darabi, P. Banerjee, J. Lui // IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics, part C: Applications And Reveiws, vol. 37, No. 6, Nov. 2007.
2. Bahl, P. RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system / P. Bahl, V. N. Padmanabhan : Proc. IEEE INFOCOM 2000, Mar., vol. 2, pp. 775–784.
3. Bahl, P. Enhancements to the RADAR user location and tracking system / P. Bahl, V. N. Padmanabhan Microsoft Corp., Tech. Rep. MSR-TR-2000–12, Feb. 2000.
4. Youssef, M. Handling samples correlation in the Horus system / M. Youssef, A. K. Agrawala : IEEE INFOCOM 2004, Hong Kong, vol. 2, pp. 1023–1031, Mar. 2004.
5. Real Time Location System (RTLS) RFID-over-Wi-Fi Technology | EkaHau / Inc. EkaHau // EkaHau [Электронный ресурс] : сайт. – Электрон. дан. – 2014. Режим доступа: <http://www.ekahau.com/real-time-location-system/technology>. Дата обращения: 05.09.2014.

А.И. Пугачев

## СТРАТЕГИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ СЫРЬЯ В СИСТЕМЕ ХРАНЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

(Самарский государственный технический университет)

В условиях, когда параметры качества партий перерабатываемого сырья отличаются друг от друга, сырье требуемого базисного качества получают путем смешивания сырья из разных партий [1, 2]. С этой целью сырье с разными показателями качества размещают в разных звеньях подсистемы хранения. Однако число их всегда ограничено, что заставляет размещать в каждом звене сырье из нескольких исходных партий с разным составом показателей качества. Это приводит к естественному смешиванию сырья с усреднением показателей качества.

В отсутствии стратегии оптимального размещения сырья возможности получения сырья базисного качества сильно ограничиваются. В качестве крите-