

ALGORITHMS FOR INDOOR POSITIONING SYSTEMS

TELPU POZICIONĒŠANAS SISTĒMU ALGORITMI

АЛГОРИТМЫ ДЛЯ СИСТЕМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ

И.А. Липлянский

Ключевые слова: позиционирование объектов, беспроводные локальные сети, многолучевой сигнал, распространение, радиоволны, распространение в помещениях, трассировка лучей

Введение

В данной работе рассматриваются алгоритмы для систем локации объектов, основанные на мощности принятого сигнала (МПС). Эти алгоритмы включают в себя традиционные методы, которые уже были описаны ранее, а так же новые, основанные на моделях каналов связи. Системы позиционирования внутри помещений могут быть классифицированы по следующим параметрам: метод распознавания шаблона, алгоритм определения координат, расширяемость алгоритма и другие параметры. Данное систематизирование может быть использовано для определения производительности различных алгоритмов. В данной работе алгоритмы разделяются на основанные на определении псевдодальности и алгоритмы распознавания меток.

Два класса алгоритмов локации

Система позиционирования внутри помещений устанавливает месторасположение объекта используя исходные параметры сигнала от нескольких излучателей (в данном случае – точек доступа (ТД)), расположенных в помещении [1]. Для этих целей используются такие параметры, как мощность принятого сигнала (МПС) либо время прибытия сигнала (ВПС) для вычисления координат (рис. 1).

Алгоритмы локации внутри помещений можно разделить на алгоритмы вычисления псевдодальностей и распознавания меток.

Алгоритмы локации основанные на определении псевдодальности определяют вычисляют расстояние между объектом и как минимум тремя контрольными точками и локализуют объект методом триангуляции.

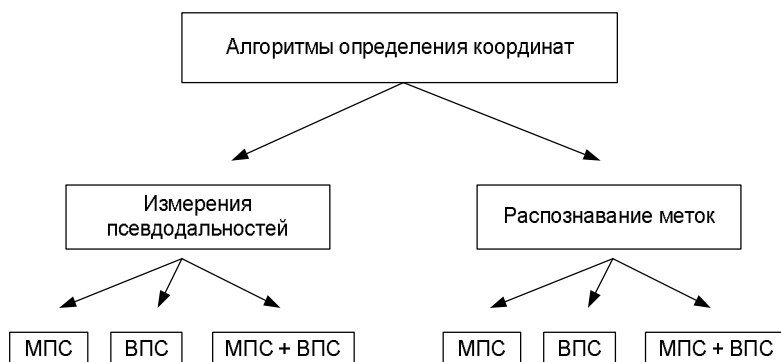


Рис. 1. Классификация алгоритмов локации

Fig. 1. Positioning algorithms classification

Алгоритмы, основанные на распознавании меток, система локации нуждается в предварительном обучении для создания базы возможных месторасположений объекта в помещении с соответствующими им метками уровня принимаемого сигнала. В данной работе рассмотрены алгоритмы использующие МПС.

Существующие алгоритмы распознавания меток используют предварительно созданную карту шаблонов. В данной работе представлен новый алгоритм, объединяющий моделирование многолучевого канала с алгоритмом локации для замены процесса создания карты путём измерений уровня сигнала.

Алгоритмы основанные на вычислении псевдодальностей

Исходя из их импульсной характеристики, широкополосные каналы связи внутри помещений можно классифицировать на три различных типа [5]. Выделяют каналы с доминирующим прямым путём (ДПП), недоминирующим прямым путём (НДПП) и каналы с необнаруженным прямым путём (НПП).

В каналах ДПП прямой луч распространения имеет наибольшую амплитуду (мощность) и может быть детектирован приёмником. В канале НДПП прямой луч распространения не является доминирующим и не имеет наибольшей амплитуды (мощности).

В каналах НПП прямой луч распространения либо отсутствует, либо имеет мощность ниже чувствительности приёмника. В результате, приёмник воспринимает первый пик импульсной характеристики как прямой путь распространения, что приводит к увеличению ошибки измерения дистанции.

Алгоритмы основанные на вычислении псевдодальностей определяют расстояние до объекта и каждой контрольной точкой методом триангуляции (рис. 2). Псевдодальности могут быть вычислены исходя из затухания сигнала в тракте, угла прибытия сигнала (УПС), времени прибытия сигнала (ВПС) и разности времён прибытия сигналов (РВПС). Методы вычисления псевдодальности использующие ВПС, РВПС и УПС широко изучены для систем позиционирования вне помещений [2]. Данные способы подходят для условий канала с доминирующим прямым путём (ДПП). Однако, точность вычислений заметно падает в условиях канала с необнаруженным прямым путём (НПП).

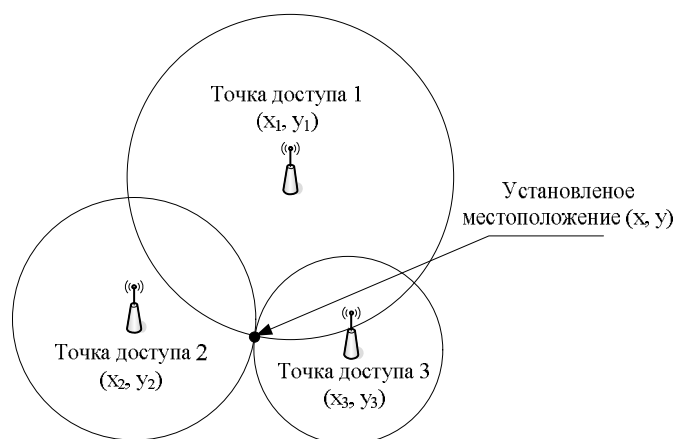


Рис. 2. Метод триангуляции

Fig. 2. Triangulation

В предельном случае многолучевого распространения создается НПП канал, который может породить ошибки широкого диапазона, особенно в системах с узкой полосой пропускания. При измерениях, в которых прямой путь присутствует, ошибка измерения дистанции (ОИД) статистически моделируется как Гауссовская $N(\mu_T, \sigma_T^2)$, с параметрами μ_T и σ_T^2 , среднее значение ОИД и дисперсия соответственно [3]. Однако НПП канал создаёт ошибки, которые не

соответствуют закону распределения Гаусса с нулевым средним. Обычно, алгоритм определения координат объекта методом триангуляции, использует метод наименьших квадратов.

Для установления местоположения объекта (мобильной станции) в двухмерном пространстве необходимо иметь информацию о расположении минимум двух излучателей (точек доступа) и псевдодальностей до них. В данном разделе рассматривается синтез навигационного алгоритма при избыточном числе измерений.

Пусть $[x, y]$ - определяемые координаты объекта, $O = [P_1, P_2, P_3, \dots, P_m]$ - вектор мощностей принятых сигналов наблюдаемых МС от точек доступа $ТД_1, ТД_2, ТД_3, \dots, ТД_m$, расположенных в $[x_1, y_1], [x_2, y_2], \dots, [x_m, y_m]$ соответственно.

$Z(x, y) = [Z_1(x, y), Z_2(x, y), Z_3(x, y), \dots, Z_k(x, y)]$ - вектор ожидаемых мощностей сигнала в точках $[x, y]$. Местоположение объекта может быть установлено как $[x^*, y^*]$, где $Z(x^*, y^*)$ обеспечивает аппроксимацию $O = [P_1, P_2, P_3, \dots, P_m]$ с достаточной точностью.

Расстояние между i – той точкой доступа и объектом будет равно (1):

$$R_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} + e_i \quad (1)$$

где e_i - ошибка координат (ошибка локации) (2).

$$e_i = \sum_{i=1}^m (P_i - Z_i(x, y))^2 \quad (2)$$

Для условий распространения радиоволн в помещениях значение ε_i будет иметь различное распределение в зависимости от типов канала связи (ДПП, НПП).

Основная проблема радионавигационной задачи заключается в нахождении решения для системы нелинейных уравнений [4,5] (3):

$$F[O] = \begin{cases} R_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} \\ \dots \\ R_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \end{cases} \quad (3)$$

Для установления координат объекта необходимо минимизировать ошибку локации (4):

$$\nabla e_i = 0 \quad (4)$$

Подставив (4) в (2), получим (5, 6):

$$\sum_{i=1}^m (P_i - Z_i(x, y))^2 \frac{\partial Z_i(x, y)}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m (P_i - Z_i(x, y))^2 \frac{\partial Z_i(x, y)}{\partial y} = 0 \quad (6)$$

Или в матричной форме (7):

$$\begin{bmatrix} P_1 - Z_1(x, y) \\ P_2 - Z_2(x, y) \\ \dots \\ P_m - Z_m(x, y) \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \frac{\partial Z_1(x, y)}{\partial x} & \frac{\partial Z_1(x, y)}{\partial y} \\ \frac{\partial Z_2(x, y)}{\partial x} & \frac{\partial Z_2(x, y)}{\partial y} \\ \dots & \dots \\ \frac{\partial Z_m(x, y)}{\partial x} & \frac{\partial Z_m(x, y)}{\partial y} \end{bmatrix} = 0 \quad (7)$$

Затухание сигнала в тракте моделируется как [6] (8):

$$Z_i(x, y) = \beta_0 - \beta_1 \log_{10}[(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2] \quad (8)$$

где β_0 и β_1 - коэффициенты, описывающие особенности распространения радиоволн в помещениях. Следовательно (9, 10):

$$\frac{\partial Z_i(x, y)}{\partial x} = \frac{-2\beta_1(x - x_i)^2}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (9)$$

$$\frac{\partial Z_i(x, y)}{\partial y} = \frac{-2\beta_1(y - y_i)^2}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (10)$$

Подставив (8), (9) и (10) в (7) получим (11):

$$\begin{bmatrix} P_1 - \beta_0 - \beta_1 \log_{10}[(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2] \\ P_2 - \beta_0 - \beta_1 \log_{10}[(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2] \\ \dots \\ P_m - \beta_0 - \beta_1 \log_{10}[(x - x_m)^2 + (y - y_m)^2] \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \frac{(x - x_1)^2}{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} & \frac{(y - y_1)^2}{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} \\ \frac{(x - x_2)^2}{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} & \frac{(y - y_2)^2}{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} \\ \dots & \dots \\ \frac{(x - x_m)^2}{(x - x_m)^2 + (y - y_m)^2} & \frac{(y - y_m)^2}{(x - x_m)^2 + (y - y_m)^2} \end{bmatrix} = 0 \quad (11)$$

Для решения навигационной задачи минимально необходимый объем выборки измерений должен быть равен числу оцениваемых параметров. При этом решение навигационной задачи сводится к решению системы нелинейных уравнений. Для построения алгоритмов навигационных определений по выборке минимального объема измерений можно использовать как конечные, так и итерационные методы решения систем уравнений. Следует отметить, что при использовании выборки минимального объема для двухмерного определения координат будет существовать два различных решения системы уравнений [3].

Так же возможно построение алгоритмов навигационных определений по избыточному объёму измерений. Как было отмечено выше, именно этот способ является наиболее удобным, так как имеет более высокую точность и одно решение системы уравнений.

Для решения навигационных задач рекомендуется использовать итерационные методы. Итерационные методы решения системы нелинейных уравнений различаются объемом вычислений и скоростью сходимости процесса итераций. Среди итерационных методов наибольшее распространение получил метод Ньютона, как один из проще всего реализуемых и быстро сходящихся. Исходные системы уравнений можно представить в обобщенном виде (11):

$$R_i = R_i(q, Q_i) \quad (11)$$

где q — вектор оцениваемых параметров объекта; Q - вектор состояния i - той точки доступа. Решение системы (11) для выборки минимального объема методом Ньютона представляет собой процесс многократной обработки результатов навигационных измерений по формуле (12):

$$q_k = q_{k-1} + C_{k-1}^{-1} \cdot R_{k-1} \quad (12)$$

Для выборки избыточного объёма измерений (m измерений) (13):

$$q_k = q_{k-1} + (C_{k-1}^T \cdot C_{k-1})^{-1} \cdot C_{k-1}^T \cdot R_{k-1} \quad (13)$$

где (14)

$$R_{k-1} = R - R_{0(k-1)} \quad (14)$$

- вектор разностей измеренных R и расчетных $R_{0(k-1)}$ величин; C_{k-1} матрица частных производных от измеряемых навигационных функций по определяемым координатам, имеющая (15):

$$C_{k-1}^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{(x - x_1)}{\sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2}} & \frac{(y - y_1)^2}{\sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2}} \\ \frac{(x - x_2)}{\sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2}} & \frac{(y - y_2)^2}{\sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2}} \\ \dots & \dots \\ \frac{(x - x_m)}{\sqrt{(x - x_m)^2 + (y - y_m)^2}} & \frac{(y - y_m)^2}{\sqrt{(x - x_m)^2 + (y - y_m)^2}} \end{bmatrix} \quad (15)$$

где $k = 1, 2, \dots$ — номер итерационного цикла.

Матрица C_{k-1} и вектор невязок R_{k-1} на первой итерации рассчитываются на основании априорных данных, а на последующих итерациях - на основании данных, полученных на предыдущих итерациях. Итерационные циклы повторяются до тех пор, пока отличие последующих уточненных значений определяемых координат по сравнению с предыдущими не окажется меньше заданной погрешности, имеющей смысл остаточной погрешности.

Рассмотрим последовательность итерационного расчета координат объекта.

1. Ввод исходных данных. Исходными данными являются: априорные значения прямоугольных координат объекта $[x_0, y_0]$; координаты точек доступа $[x_1, y_1], [x_2, y_2], \dots, [x_m, y_m]$; значения измеренных навигационных параметров псевдодальностей R .

2. Расчет невязок измерений. Невязки рассчитываются путем вычитания расчетных величин $R_{0(k-1)}$ из измеренных R_i . Для дальномерных измерений невязки вычисляются используя (14).

3. Вычисление матрицы наблюдения C_{k-1} исходя из (15)

4. Оценка прямоугольных координат потребителя. Прямоугольные координаты для выборки минимального объема вычисляются по формуле (12) с выполнением необходимого числа итераций, для выборки избыточного объёма измерений по формуле (13).

При вычислении псевдодальностей необходимо располагать знаниями о затухании сигнала при распространении в тракте. В случае, если тракты распространения сигналов от всех трёх точек доступа определены как ДПП каналы, точность определения координат будет зависеть лишь от мелкомасштабных замираний радиосигнала. В данном случае МПС будут иметь нормальное

распределение. Примеры статистического распределения сигналов от всех трёх точек доступа (ТД1, ТД2 и ТД3) показан на рис. 3 [7].



Рис. 3. Распределение МПС от каждой ТД
Fig. 3. Received signal strength distribution

Как видно из рис. 3, флуктуации передаваемых сигналов распределены в диапазоне, шириной примерно 10 dBm. Именно это приводит к разбросу вычисленных координат объекта (МС). Для случая, в котором тракты распространения сигналов от всех трёх точек доступа определены как ДПП каналы, функция распределения ошибки локации будет иметь вид (рис. 4):

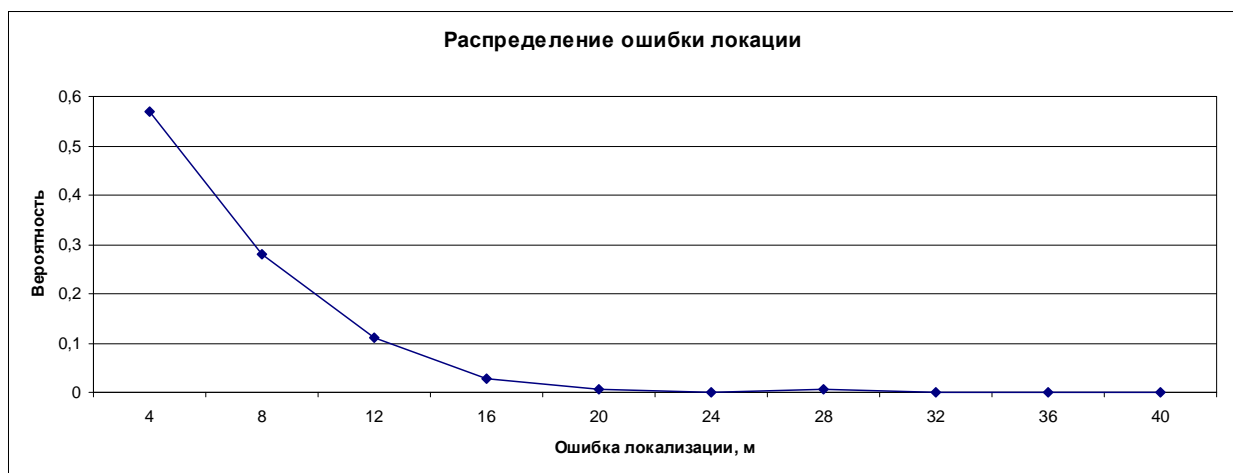


Рис. 4. Распределение ошибки локации
Fig. 4. Location error distribution

Как показали исследования, проводимые в здании Института железнодорожного транспорта Рижского технического университета, потери в тракте могут значительно изменяться, в зависимости от типа канала.

Для ДПП канала средние значения мощности принятого сигнала, в зависимости от расстояния можно аппроксимировать функцией вида (16):

$$P_r = -20 \lg \left(\frac{d}{d_0} \right) - 30 \text{ [дБм]} \quad (16)$$

где P_r - среднее значение мощности принятого сигнала [дБм], d - расстояние между приёмником и передатчиком [м]. P_0 - мощность принятого сигнала на расстоянии в один метр от передатчика равно -30 дБм

Для НПП канала средние значения мощности принятого сигнала, в зависимости от расстояния можно аппроксимировать функцией вида (17):

$$P_r = -35 \lg \left(\frac{d}{d_0} \right) - 30 \text{ [дБм]} \quad (17)$$

Это приводит к тому, что определяемое расстояние между передатчиком и приёмником не будет соответствовать действительности и это вызовет большую ошибку вычисленных псевдодальностей и приведет к неточному определению координат объекта.

В случае, если НПП присутствует как тракт распространения хотя бы от одной точки доступа, пример функция распределения ошибки локации будет иметь вид (рис. 5):

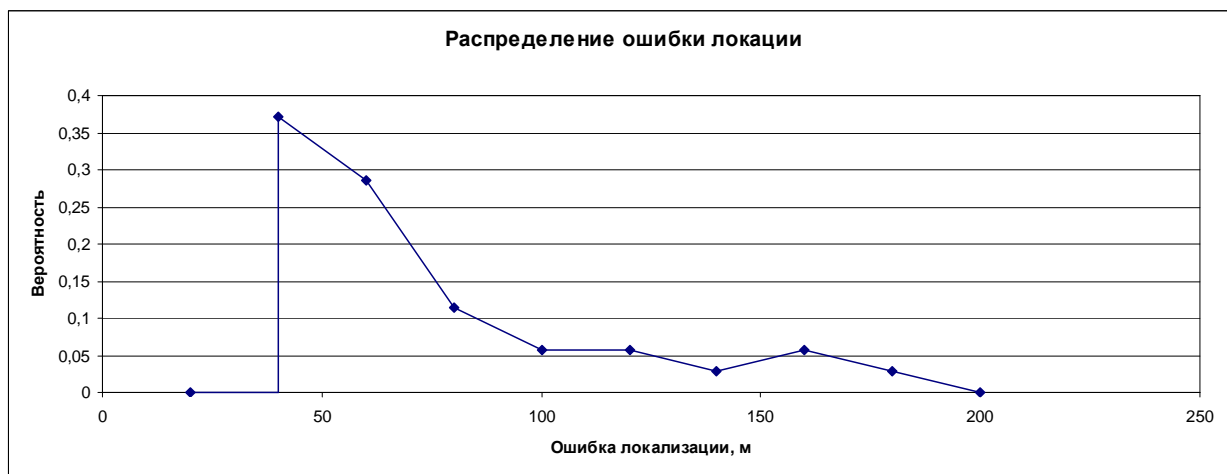


Рис. 5. Распределение ошибки локации
Fig. 5. Location error distribution

Как видно на рис. 5 наиболее вероятно для данного случая определить координаты МС с ошибкой локации от 20 до 40 метров (вероятность равна 0,25). Определение координат, с точностью же до 20 метров невозможно (вероятность равна 0). Столь большое значение ошибки локации можно объяснить неверным вычислением псевдодальности. НПП канал имеет куда больший коэффициент затухания и, следовательно, меньшую псевдодальность.

Алгоритмы на основе распознавания меток

Алгоритмы на основе распознавания меток могут быть использованы для определения координат объектов внутри помещений как альтернативный способ алгоритмам основанным на вычислении псевдодальностей, так как многолучевое распространение и рассеяние радиоволн в помещениях сильно усложняют данную задачу. Метка сигнала это ассоциированный с какими либо координатами вектор принимаемых мощностей сигнала.

В алгоритмах основанных на распознавании меток система локации нуждается в предварительном обучении для создания базы меток всевозможных расположений объекта с соответствующими векторами мощностей наблюдаемых контрольных точек. Данная база меток называется радиокартой. В процессе локации алгоритм сравнивает характеристики принимаемых сигналов с существующими метками на радиокарте и выбирает именно ту точку, которая имеет наибольшую схожесть с принимаемыми сигналами. Затем, координаты объекта ассоциируются с координатами данной метки. На рис представлена система локации, основанная на алгоритме распознавания меток.

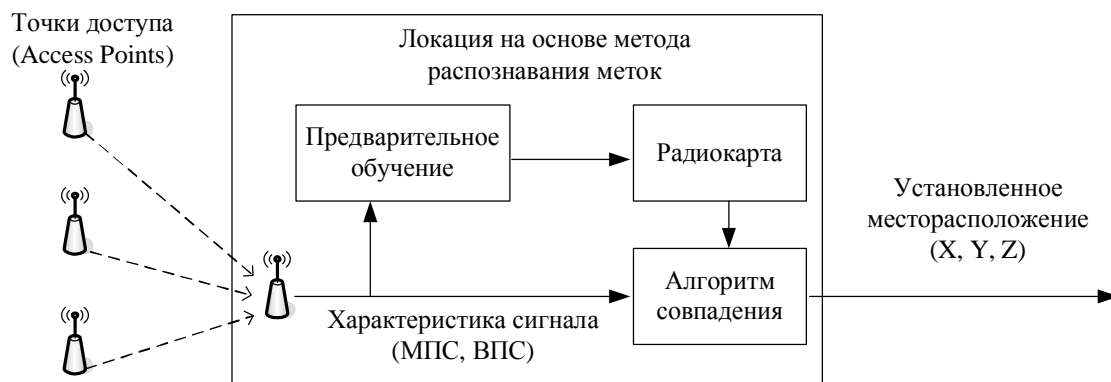


Рис. 6. Локация на основе метода распознавания меток
Fig. 6. Pattern recognition location

Метод распознавания меток не требует знаний о типе канала и затухании сигналов. Для ассоциирования с координатами какой либо точки необходимо получить только информацию о сигнале, такую как МПС или ВПС. Так же метод распознавания меток не требует наличия в зоне приёма объекта минимум 3х точек доступа для полноценного функционирования. Основными недостатками данного способа являются сложность алгоритма совпадения и обширное количество данных, необходимое для обучения системы [8, 9].

Процесс обучения системы локации требует большого количества времени и занятости персонала. Для автоматизации процесса создания радиокарты возможно использование точных моделей распространения радиоволн в помещениях. Достаточную точность может обеспечить метод трассировки лучей.

Алгоритм модели с использованием трассировки лучей предусматривает следующую последовательность расчётов. Анализируются геометрические характеристики здания, определяются прямой и множество отражённых лучей идущих от передатчика к приёмнику. Затем, по траекториям лучей определяются длины лучей и углы падения. После этого вычисляются ослабление каждого луча, исходя из выражения (18):

$$p_r = \frac{p_0}{d^\alpha} \cdot \prod_{i=0}^n \Gamma_i \quad (18)$$

где p_r [Вт] - мощность принятого сигнала,

p_0 [Вт] - мощность принятого сигнала на расстоянии в один метр от передатчика,

d [м] – длина луча, в случае приёма прямого луча - расстояние между приёмником и передатчиком,

α - коэффициент изменения мощности в зависимости от расстояния,

Γ_i - эффективный коэффициент i – го отражения луча от стены, который определяется по формуле (19):

$$\Gamma_i = \left(\frac{\sin \Theta_i - \sqrt{\varepsilon - \cos^2 \Theta_i}}{\sin \Theta_i + \sqrt{\varepsilon - \cos^2 \Theta_i}} \right)^2 \quad (19)$$

где Θ - угол падения луча, ε - относительная диэлектрическая проницаемость стены.

При использовании алгоритмов локации с моделями каналов, возможно не только упростить процесс развёртывания системы, но и создать более детализированную карту меток.

Рассмотрим последовательность расчета координат объекта.

1. Создание радиокарты при помощи модели трассировки лучей. Исходными данными являются геометрические параметры здания, относительная диэлектрическая проницаемость стен.
2. Получение вектора мощностей принятых сигналов.
3. Вычисление Евклидова расстояния до каждой точки. Пусть (x, y) – определяемые координаты МС. Евклидово расстояние между месторасположением объекта и k - той точкой на радиокarte определяется как (20):

$$D_k = \sqrt{\sum_{i=1}^m (P_i - Z_{ki})^2} \quad (20)$$

где $O = [P_1, P_2, P_3, \dots, P_m]$ - вектор мощностей принятых сигналов наблюдаемых МС от точек доступа $TD_1, TD_2, TD_3, \dots, TD_m$.

$Z(x_k, y_k) = [Z_{k1}(x, y), Z_{k2}(x, y), Z_{k3}(x, y), \dots, Z_{km}(x, y)]$ - вектор измеренных мощностей сигнала в точках (x_k, y_k) .

4. Определение точки с наименьшим Евклидовым расстоянием. В дальнейшем координаты объекта (мобильной станции) ассоциируются с данной точкой.

Так же возможно узнать координаты объекта определяя M ближайших точек на радиокarte, затем необходимо ассоциировать местоположение МС с усреднёнными координатами каждой из M точек.

При создании радиокарты с шагом в 5 метров распределение ошибки локации будет иметь вид (рис. 7):

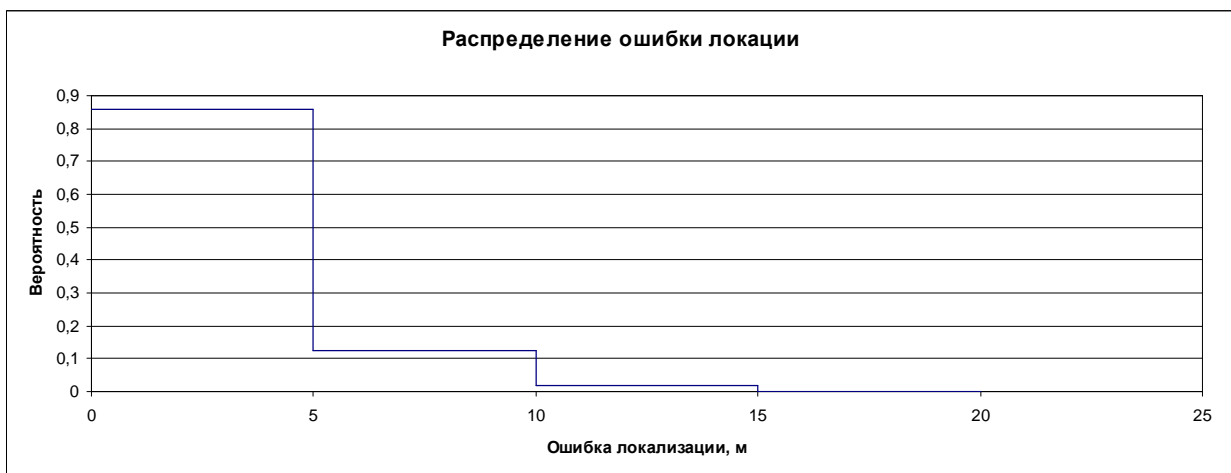


Рис. 7. Распределение ошибки локации
Fig. 7. Location error distribution

Выводы

- 1) Многолучевое распространение радиоволн в помещениях приводит к падению точности вычислений, особенно ярко данный эффект проявляется в каналах связи с необнаруженным прямым путём (НПП).
- 2) Метод триангуляции позволяет вычислить координаты объекта с точностью до 4 метров при 55 % вероятности только в условиях видимости всех излучателей (точек доступа). При иных условиях распространения радиоволн рекомендуется пользоваться иными методами.
- 3) Алгоритмы на основе распознавания меток способны обеспечить высокую точность определения координат в условиях распространения радиоволн в помещениях. Главным их недостатком является сложность создания карты меток.

Литература

1. Popovs V., Golovins J., Sturme A. 802.11 standarta bezvadu lokālie tīkli (WLAN). Lekciju konspēkts. Rīga: RTU Izdevniecība, 2006.
2. T. S. Rappaport, J. H. Reed, and B. D. Woerner, "Position location using wireless communications on highways of the future," IEEE Commun. Mag., vol. 34, no. 10, pp. 33-41, Oct. 1996.
3. Neal Patwari, Joshua N. Ash, Spyros Kuperountas, Alfred O. Hero III, Randolph L. Moses, and Neiyer S. Correal, "Locating the Nodes Cooperative localization in wireless sensor networks," IEEE Signal Proc. Mag., vol. 22, no. 4, pp. 54–69, July 2005.
4. Сетевые спутниковые радионавигационные системы/В. С. Шебшаевич, П. П. Дмитриев, Н. В. Иванцевич и др. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1993.-408 с:
5. S.M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1993.
6. Л.Н. Волков, М.С. Немировский, Ю.С. Шинаков. "Системы цифровой радиосвязи" - Экотрендз. 2005.
7. И.А.Лицпьянский, «Модели каналов для систем позиционирования на основе WLAN», Международная научно – техническая конференция студенчества и молодежи «Мир информации и телекоммуникаций – 2008», материалы конференции, стр. 17, часть 1, апрель 2008.
8. P. Bahl and V.N. Padmanabhan, "RADAR: An in-Building RF-based user location and tracking system," Proc. Of IEEE INFOCOM 2000., vol. 2, pp. 775 - 784 , March 2000.
9. Teemu Roos, Petri Myllymaki, Henry Tirri, Pauli Miskangas, and Juha Sievanen, "A probabilistic approach to WLAN user location estimation," International Journal of Wireless Information Networks, vol. 9, no. 3, pp. 155-164, July 2002.

Igor Liplansky, Master of Engineering Science in Transport Telematics, Ph.D student, Riga Technical University, Faculty of Electronics and Telecommunication, Institute of Railway Transport. Address: Indriķa street No 8, LV-1004, Riga, Latvia. Phone: +371 26487049. E-mail: xlife@inbox.lv

Liplānskis I. Telpu pozicionēšanas sistēmu algoritmi

Darbā ir aplūkoti algoritmi objektu pozicionēšanas sistēmām, kuru pamatā ir pieņemtā signāla jauda. Šie algoritmi ietver sevī tradicionālas metodes, kuras jau tika aprakstītas literatūrā, bet ir arī jauni, izveidoti uz daudzstaru sakaru kanālu modeļiem. Telpu pozicionēšanas sistēmu algoritmi var būt klasificēti pēc sekojošiem parametriem: šablona atpazīšanas metode, koordinātu noteikšanas algoritms, algoritma paplašinājuma iespējas un citi parametri. Dotajā darbā algoritmi klasificēti pēc distances mērījumiem un šablona atpazīšanas. Tāpat ir doti algoritmi, aprēķinu rezultāti un pozicionēšanas kļūdas sadalījumu funkcijas. Ir aplūkoti galvenie pozitīvie un negatīvie raksturojumi katram navigācijas parametru aprēķināšanas veidam.

Liplansky I. Algorithms for indoor positioning systems

In this work algorithms for indoor positioning systems based on received signal strength are presented. These algorithms include some traditional methods which were already described in literature, and similarly new,

based on the models of the multipath channel models. The indoor positioning systems based on received signal strength can be classified by followings parameters: method of Pattern recognition, coordinates determination algorithm, expansibility of algorithm and other parameters. In this work classification it is based on the location algorithm and recognition of template. Algorithms, results of calculations and location error distribution function are similarly resulted. Basic positive and negative parts are considered for each of the presented methods of decision of navigation tasks.

Липлянский И.А. Алгоритмы для систем позиционирования в помещениях

В работе рассматриваются алгоритмы для систем локации объектов, основанные на мощности принятого сигнала (МПС). Эти алгоритмы включают в себя традиционные методы, которые уже были описаны в литературе, а так же новые, основанные на моделях многолучевых каналов связи. Системы позиционирования внутри помещений могут быть классифицированы по следующим параметрам: метод распознавания шаблона, алгоритм определения координат, расширяемость алгоритма и другие параметры. В данной работе классификация основана на алгоритме локации и распознавании шаблона. Так же приведены алгоритмы, результаты расчётов и полученные на их основе функции распределения ошибки локации. Рассмотрены основные положительные и отрицательные стороны каждого из представленных способов решения навигационных задач.