УДК 658.012; 681.3.06; 621.396.6.001.66(075); 621.001.2(031)
ББК 2+3
Н 34

Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. Тезисы докладов. - М. ~: МИЭМ, 2011. - 420.

ISBN 978-5-94506-257-3

В сборнике представлены тезисы докладов студентов, аспирантов и молодых специалистов.

Структура сборника включает разделы соответствующих научных направлений: прикладная математика; информационно-коммуникационные технологии; автоматизация проектирования, банки данных и знаний, интеллектуальные системы; компьютерные образовательные продукты; информационная безопасность; электроника и приборостроение; производственные технологии, нанотехнологии и новые материалы; гуманитарные и экономические науки, web-технологии и компьютерный дизайн.

Сборник тезисов представляет интерес для преподавателей, студентов, научных работников и специалистов, специализирующихся в области информационно-коммуникационных технологий, электроники, математики и экономики.

Издание осуществлено с авторских оригиналов.

ISBN 978-5-94506-257-3

ББК 2+3

Следствие 3. Для двух случайных величин имеющих нормальное или равномерное распределение выполняется условие, что $\forall \lambda : x + \lambda \cdot x^2 \in F_<$.

Последние утверждения и следствия показывают, что данный подход может быть использован в качестве анализа влияния функции искажения наблюдаемых величин на их корреляцию. В общем случае, если вместо случайных величин ξ и η наблюдаются искаженные случайные величины $f(\xi)$ и $f(\eta)$, то корреляция может наблюдаться как заниженная так и завышенная по сравнению с корреляцией ξ и η.

Существуют модели и классы функций f для которых будет наблюдаться только заниженная корреляция.

Рассмотрим совместную функцию плотности ξ и η как функцию $p(x, y) = e^{\ln \rho(x, y)} = e^{\sum_{i,j} \alpha_{i,j} x^i y^j}$ (при таком представлении случай независимости ξ и η эквивалентен тому, что $\alpha_{i,j} = 0$, когда $i \neq 0$ и $j \neq 0$).

Аналогично разложим в ряд функцию одного из множеств $F_<, F_=, F_>$: $f = \sum_k \gamma_k x^k$. Тогда условием того, что функция f принадлежит соответствующему классу будет являться условие: $\sum_{k,n} \gamma_k \gamma_n (E\xi^k \eta^n - E\xi^{k+n}) \vee 0$, где $\vee$-одно из трех отношений $<, =, >$ соответственно.

Утверждение 7. В случае конечности разложения в ряд функций множеств $F_<, F_=, F_>$, эти множества однозначно задают значения выражений $E\xi^k \eta^n - E\xi^{k+n}$ с точностью до домножения на константу.

Утверждение 8. При ограничениях Утверждения 7. и условии разложимости в конечный ряд функции $\ln \rho(x, y)$ и f до степени $N-1$ и N соответственно, множества $F_<, F_=, F_>$ однозначно определяют $p(x, y)$.

Следствие 4. В случае неразложимости в конечный ряд функции f и $\ln \rho(x, y)$, а также возможности их приближения разложением в конечный ряд как в Утверждении 8 с некоторой точностью, получим, что множества $F_<, F_=, F_>$ определяют плотность распределения с такой же точностью, как и изначальное приближение конечным рядом.

Таким образом эти утверждения позволяют строить доверительные множества для $F_<, F_=, F_>$ для некоторых моделей зависимых случайных величин. Например, для любой плотности $p(x, y)$, при условиях утверждений 7. и 8. можно определить множество плотностей $\{\tilde{p}(x, y)\}$, для которых выполняется условие $F_>(\tilde{p}) \subset F_>(\rho)$ и как следствие появляется возможность проверять гипотезу о принадлежности плотности распределения такому множеству плотностей $\{\tilde{p}(x, y)\}$.

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА С ПОМОЩЬЮ СИГНАЛА GSM

М.М. Ковалев
факультет Автоматики и вычислительной техники

Задача мониторинга положения и скорости наземного общественного транспорта зачастую встаёт перед городскими властями; её решение также может быть интересно для создания мобильного сервиса, помогающего пассажирам выбирать маршрут с учётом реального движения транспорта.

Эта задача успешно решается с помощью маяков, принимающих сигнал спутниковых навигационных систем и отдающих данные о своём положении через системы мобильной связи. Однако, такие системы дороги: один маяк стоит около 10 тысяч рублей, что затрудняет внедрение подобных систем в крупных городах, где из-за пробок, они особенно актуальны.

Решением проблемы может являться отказ от спутникового позиционирования в пользу позиционирования по сигналу от базовых станций мобильных операторов. Поскольку модуль мобильной связи в подобных системах присутствует в любом случае, это позволит удешевить систему на стоимость всех систем, связанных со спутниковым позиционированием, ничего при этом не поставив на их место.

Однако, точность позиционирования в таких системах составляет минимум десятки метров, чего может быть достаточно для, собственно, позиционирования, но не достаточно для отслеживания скорости.

В данной работе предложен алгоритм, позволяющий снизить погрешность позиционирования до единиц метров и менее, чего будет достаточно для точного и быстрого определения скорости.

Причиной низкой точности позиционирования в мобильных системах является интерполяция данных, неадекватно работающая в городских условиях. В её основе лежит предположение о том, что сигнал от базовых станций распространяется как в вакууме, а качество приёма не зависит от типа устройства и его ориентации в пространстве. Эти предположения являются вынужденными, поскольку никаких априорных данных, позволяющих от них отказаться, в общем случае, нет. По данным от устройств со спутниковым позиционированием, строится карта предположительного расположения базовых станций — и уже на этом этапе возникает ошибка — а затем, на основе этой карты, осуществляется триангуляция. Это позволяет осуществлять позиционирование практически в любой точке города, на основе сравнительно небольшого числа априорных данных об уровне сигнала в разных его местах, но ведёт к потере точности.

Задача позиционирования маршрутного транспорта носит совершенно иной характер: все точки, в которых может находиться маяк — это фиксированный маршрут — известны заранее, и не является проблемой составление полной карты уровней сигнала от базовых станций во всех возможных точках. Однако это не избавляет от проблем изменчивости характера прохождения сигнала из-за изменения погодных условий, уровня в зависимости от загруженности сети, а также погрешности измерения уровня: стандартами сотовой связи предусматривается всего 32 возможных значения уровня сигнала. Предложенный алгоритм позволяет минимизировать влияние этих факторов.

Все маяки, устанавливаемые на транспорт, делятся на два вида: имеющие только GSM-модуль и имеющие GPS/GSM-модуль. Данные об уровнях сигнала в разных точках маршрута собираются с помощью маяков второго типа. На основе данных о транспортной сети города Москвы, был сделан вывод, что всего 10% маяков такого типа от общего числа будет достаточно для практически ежедневного обновления всех данных. На остальные 90% вагонов можно ставить дешёвые GSM-маяки.

На основе информации о маршруте, все координаты, получаемые от GPS/GSM-маяков, преобразуются в одно число: путь по маршруту от некоторой точки на нём (например, конечной остановки) до текущей. Это сводит задачу к одномерному случаю и упрощает все расчёты. Сам маршрут при этом может быть задан кривой Безье или же набором отрезков. Если GPS показывает точку, не находящуюся на маршруте, выбирается ближайшая к ней из находящихся.

$$(< long, lat >, B(x), x_0) \rightarrow x, \tag{1}$$

где long и lat - координаты

Когда данные собраны, можно осуществлять, собственно, позиционирование. Маяк посылает серверу данные об уровнях сигнала видимых ему базовых станций (БС). Из базы данных делается выборка участка, где видны базовые станции, данные о которых передал маяк. Таким образом, для каждой k-той БС составляется массив пар «точка на маршруте — уровень сигнала». Плюс, для каждой из них дан реальный уровень принятого сигнала.

$$\begin{cases} S_k \\ R_k = \{< x_1, r_1 >, < x_2, r_2 >, \ldots, < x_n, r_n >\} \end{cases} \tag{2}$$

Далее, делается предположение о том, что уровни сигнала от разных БС независимы, и последующие расчёты ведутся для каждой из них параллельно.

Рассмотрим расчёты, осуществляемые для одной БС. Для удобства дальнейших расчётов, априорные данные об уровнях сигнала в разных точках нужно перевести в аналитический вид, построив полиномиальную интерполяцию, например, с помощью многочлена Лагранжа.

$$L_k = L(R_k) \tag{3}$$

После этого, нужно посчитать некую функцию M — назовём её обратной метрикой — от полученного многочлена и реального уровня сигнала. Требования к обратной метрике следующие: если значение L(x) равно S, то для этого x обратная метрика равна 1. Для всех остальных случаев, чем больше разность между L(x) и S, тем меньше значение обратной метрики, но не меньше 0.

$$M_k(x) = \begin{cases} 1, \text{если } L_k(x) = S_k \\ f(|L_k(x) - S_k|), f \in (0,1), f \text{ убывает} \end{cases} \tag{4}$$

Целесообразно использовать в качестве обратной метрики рациональную функцию, поскольку тогда легко вывести её общий вид для любых L и S, причём M тогда также будет рациональной функцией. Примером такой функции может быть (5).

$$M_k(x) = \frac{1}{1 + (L_k(x) - S_k)^2} \tag{5}$$

Правильно подобранная обратная метрика близка или равна плотности вероятности нахождения маяка в каждой точке выбранного участка маршрута. Перемножив обратные метрики, рассчитанные для разных БС, мы получим результирующую функцию плотности вероятности положения маяка с учётом всех БС, причём она тоже будет рациональной функцией.

$$M(x) = \prod_k M_k(x) \tag{6}$$

Для рациональной функции на известной области определения мы легко можем дать в общем виде верхнюю и нижнюю оценки её производной. А это значит, что для любой такой функции можно определить шаг, с которым нужно разбивать её область определения, чтобы ни на одном из полученных участков не могло быть более одного максимума. Таким образом, мы можем гарантированно найти её глобальный максимум. Точка, в которой он достигается и будет ответом алгоритма на вопрос о положении маяка.

$$x_f = \max(M(x)) \tag{7}$$

$$(x_f, B(x), x_0) \rightarrow < long, lat > \tag{8}$$

Проанализируем данный алгоритм и сравним его с существующими алгоритмами триангуляции по БС. Триангуляция на плоскости требует наличия сигналов от трёх БС, причём третья нужна только для выбора из двух возможных точек, которые определяются всего по двум БС. Таким образом, в фазовом пространстве уровней сигнала БС строится двухмерная гиперплоскость, базис которой считается линейно независимым, и на которую строится лучшая проекция точки в линейно зависимом многомерном пространстве.

В предложенном же алгоритме вид двухмерной поверхности в фазовом пространстве определяется на основе фактических данных об уровнях сигнала, а потому в общем случае, мы можем считать весь базис независимым.

В реальности полная независимость, скорее всего, недостижима, несмотря ни на какую застройку, но алгоритм способен обработать даже такую ситуацию.

Оценку точности сложно дать без экспериментальных данных о реальной размерности независимого базиса в условиях города, но можно сказать, что для точности в полметра даже при средней погрешности измерения уровня сигнала на два пункта, достаточно того, чтобы на участке маршрута в 4 км нашёлся хотя бы четырёхмерный линейно независимый базис. Для сравнения, алгоритм триангуляции в тех же условиях дал бы погрешность в 15 метров, что вполне соответствует реальным значениям и говорит в пользу такой оценки.

Стоит также отметить, что описанный алгоритм хорошо позволяет учитывать метрологические параметры измерений уровня сигнала. Так, если известно, что отсчёты уровня сигнала от данной БС в данной точке имеют большую дисперсию, можно разделить на неё значения обратной метрики для данной станции, и уменьшить её влияние на конечный результат.

$$M(x) = \prod_k \frac{M_k(x)}{D_k(x)} \tag{9}$$

Если есть данные о средней и максимальной скорости движения маяка, можно построить ещё одну обратную метрику, которая будет характеризовать плотность вероятности нахождения маяка в разных точках, в зависимости от его положения в предыдущие моменты времени. Это позволит нивелировать влияние неожиданных скачков уровня сигнала, например, из-за погодных условий. Ещё одним путём уточнения данных может явиться ввод коэффициентов, которые повышают вес обратных метрик, рассчитанных для БС с большим уровнем сигнала, поскольку точность приёма сигнала с большим уровнем больше, чем с малым.

Таким образом, показано, что качество позиционирования в мобильных сетях может быть сильно улучшено, если использовать алгоритм, учитывающий априорные данные о возможном положении искомой точки, в частности — если речь идёт о позиционировании наземного маршрутного транспорта.