

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ RFID-ЛОКАЛИЗАЦИЯ НА БАЗЕ КОМБИНАЦИИ ТОЧЕЧНЫХ И ЗОННЫХ АЛГОРИТМОВ

Д.А. САВОЧКИН, Ю.Б. ГИМПЛЕВИЧ

*Севастопольский национальный технический университет
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 99053, Украина
sllord@mail.ru*

Разработан комбинированный алгоритм пространственной локализации объектов для использования в RFID-системах, позволяющий выполнять обработку различной измерительной информации несколькими точечными и зонными алгоритмами. При его реализации экспериментально отмечено уменьшение средней ошибки локализации на 9% по сравнению с наилучшим базовым алгоритмом.

Ключевые слова: радиочастотная идентификация, RFID, локализация, позиционирование, измерительная информация, объединение оценок.

Эффективным решением задачи бесконтактной двумерной локализации объектов в закрытых пространствах является применение технологии радиочастотной идентификации (RFID). При ее использовании на локализуемые объекты помещаются RFID-метки, местоположение которых определяется RFID-системой. Местоопределение меток выполняется путем реализации алгоритма локализации, в ходе которой обрабатывается измерительная информация (ИИ), получаемая от меток. Для повышения точности локализации мы предлагаем выполнять объединение результатов, сформированных несколькими различными алгоритмами локализации путем обработки ИИ различных видов, полученной при различных условиях мощности запросных сигналов антенн.

Будем использовать в работе ИИ следующих видов [1]: факт наличия ответа метки (proximity); уровень сигнала от метки (received signal strength, RSS); отношение числа принятых ответов метки к общему числу запросов (read rate, RR). В качестве базовых алгоритмов локализации воспользуемся рядом точечных (выдающих оценку координат местоположения метки) и зонных (выдающих вероятность нахождения метки в каждой из зон локализации) алгоритмов. В качестве точечных алгоритмов будем использовать алгоритм k ближайших соседей (k БС) [1], трилатерацию [1] и алгоритм пересечений [2], а в качестве зонных алгоритмов – машину опорных векторов [3], многослойный персептрон [3] и наивный байесовский классификатор [3].

Обозначим в виде $l_{i,j,m}$ оценку местоположения некоторой RFID-метки, сформированную m -м точечным алгоритмом путем обработки ИИ i -го вида, полученной при излучении запросных сигналов j -й мощности. Также обозначим в виде $p_{i,j,n,z}$ вероятность нахождения метки в z -й зоне, вычисленную n -м зонным алгоритмом путем обработки ИИ i -го вида, полученной при излучении запросных сигналов j -й мощности. Результирующую вероятность нахождения метки в z -й зоне можно вычислить, перемножив вероятности, полученные различными алгоритмами при обработке различной ИИ:

$$p_z = \prod_{i=1}^I \prod_{j=1}^J \prod_{n=1}^N p_{i,j,n,z}, \quad (1)$$

где I – число используемых видов ИИ; J – число мощностей, на которых выполнялось излучение запросных сигналов; N – число используемых зонных алгоритмов.

После этого можно вычислить комбинированную оценку l местоположения метки путем нахождения среднего всех точечных оценок $l_{i,j,m}$ с учетом вероятностей p_z :

$$l = \frac{1}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M p(l_{i,j,m})} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M p(l_{i,j,m}) l_{i,j,m}, \quad (2)$$

где M – число точечных алгоритмов; $p(l_{i,j,m})$ – вероятность нахождения метки в точке $l_{i,j,m}$, рассчитываемая путем интерполяции значений p_z , вычисленных по формуле (1).

Для экспериментального исследования предложенной методики мы использовали RFID-систему из 16 антенн, которые размещались в 4 ряда по 4 на потолке помещения на высоте 2,6 м, и 144 пассивных RFID-меток, которые размещались в 12 рядов по 12 над полом помещения. Измерения проводились в области локализации размером 5 м × 5 м при использовании полосы частот 902...928 МГц. Мощность запросных сигналов, излучаемых антеннами, изменялась от 20 дБм до 22 дБм с шагом в 1 дБм.

В ходе эксперимента для каждой метки проводилась процедура ее локализации различными алгоритмами с использованием различной ИИ, полученной при излучении запросных сигналов различной мощности. В результате этого формировались оценки местоположения меток, которые затем использовались для расчета комбинированных оценок по формуле (2). Для каждой оценки местоположения определялось значение ошибки локализации в виде расстояния между полученной оценкой и точкой реального положения метки. После этого рассчитывались среднее и максимальное значения ошибки локализации для различных вариантов процедуры локализации (табл. 1).

Табл. 1. Экспериментальные результаты пространственной локализации RFID-меток

Алгоритм локализации	Вид ИИ	Ошибка локализации, см	
		средняя	максимальная
кБС	RSS	40,2	139,1
	RR	45,5	218,0
трилатерация	RSS	49,0	157,7
	RR	49,4	150,8
пересечений	proximity	49,1	145,9
комбинированный (без учета вероятностей p)	RSS, RR, proximity	37,7	110,8
комбинированный (с учетом вероятностей p)	RSS, RR, proximity	36,6	97,2

По результатам табл. 1 видно, что наименьшие значения ошибки получены для комбинированного алгоритма, выполняющего обработку всей ИИ как точечными, так и зонными алгоритмами. По сравнению с наилучшим базовым алгоритмом (кБС при использовании RSS ИИ) средняя ошибка уменьшилась на 9%, а максимальная – на 30 %.

Список литературы

1. Гимпилевич Ю.Б., Левин Э.А., Савочкин Д.А. // Радиотехника. 2013. № 173. С. 69–80.
2. Валеев М.А. Городская система позиционирования, мониторинга и диспетчеризации подвижных объектов на основе метода перекрывающихся зон: Дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2002.
3. Савочкин Д.А. // Радиоэлектронные и компьютерные системы. 2013. № 63. С. 89–97.