

*Автор:*

**Емельяненко Игорь Владимирович**

аспирант, инженер

Институт математики и естественных наук

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

г. Ставрополь, Ставропольский край

DOI 10.21661/r-467589

## БСС

**Аннотация:** в данной статье идет речь о видах сенсорных моделей. Существуют два основных типа. В двоичной модели датчик способен обнаружить цель внутри ее зондирования с вероятностью 1, и он не в состоянии обнаружить любую цель, которая находится вне его диапазона зондирования. В модели вероятностей существуют два критических расстояния для датчика.

**Ключевые слова:** вероятность, сенсорная модель, датчик, энергоэффективность, мощность, информативность, диапазон охвата.

Существует два типа датчиков в мире. Первый тип датчика использует только данные в точке, где он находится, такие как температура, влажность, напряжение и давление. Второй тип датчика имеет определенный диапазон, в котором он может обнаружить, например, детекторы движения и датчики видеокамеры. В нашем случае основное внимание уделяется второму типу датчиков, поскольку они чаще используются [1, с. 515].

**Бинарные сенсорные модели.** В двоичной модели датчик  $S$  способен обнаружить цель внутри ее зондирования с вероятностью 1, и он не в состоянии обнаружить любую цель, которая находится вне его диапазона зондирования. Таким образом, в двоичной модели датчик может обнаружить цель с вероятностью 1, если расстояние между целевой областью и датчиком меньше чувствительного радиуса  $RS$ . Однако, если расстояние между мишенью и датчиком больше, чем  $RS$ , датчик будет иметь нулевую вероятность обнаружения.

Предположим, что цель  $T$  находится в координате  $(x_t, y_t)$ , вероятность того, что мишень  $T$  будет обнаружена датчиком  $S$  в двоичной модели может быть выражена в следующем уравнении:

$$p_{sb} = \begin{cases} 1 & D_{TS} \leq R_s \\ 0 & \text{иначе} \end{cases} \quad (1)$$

где  $p_{sb}$  представляет вероятность зондирования в двоичной модели,  $D_{TS}$ -расстояние между целью  $T$  и датчиком  $S$ , которое можно вычислить как:

$$D_{TS} = \sqrt{(x_s - x_t)^2 + (y_s - y_t)^2} \quad (2)$$

В двоичной модели нет временного интервала. Небольшая разница в нахождении может привести к совершенно другому результату обнаружения. Бинарная модель является наиболее упрощенной моделью для зондирования [2, с. 602].

*Вероятностная сенсорная модель.* В модели вероятностей существуют два критических расстояния для датчика. Первое это  $R_S$ , которое такое же, как и в двоичной модели. Если расстояние между целью и датчиком меньше  $R_S$ , то цель может быть обнаружена датчиком с вероятностью 1. Второе критическое расстояние – это  $R_H$ , которое находится в неопределенном диапазоне. Если расстояние между целью и датчиком находится в диапазоне между  $R_S$  и  $R_S + R_H$ , то вероятность обнаружения цели датчиком связана с расстоянием между ними и будет обнаружена. Если расстояние между целью и датчиком больше  $R_S + R_H$ , то цель не будет обнаружена датчиком. Математическое выражение вероятностной модели выглядит следующим образом:

$$p_{sb} = \begin{cases} 1 & D_{TS} \leq R_s \\ e^{-\lambda \alpha^\beta} & R_s < D_{TS} \leq R_s + R_H \\ 0 & R_s + R_H < D_{TS} \end{cases} \quad (3)$$

где  $\alpha = D_{TS} - R_s$  и  $\lambda$  и  $\beta$  являются константами, связанными с аппаратными свойствами датчиков. Взаимосвязь между вероятностной моделью,  $\lambda$  и  $\beta$  показана ниже [3, с. 170].

Расстояние между целью и датчик ближе чем  $R_s$ , и двоичная модель и модель вероятности дают вероятность обнаружения 1. Когда расстояние больше,

чем  $R_S$  и короче, чем  $R_S + R_H$  бинарная модель дает 0 вероятность обнаружения, но вероятностная модель будет постепенно уменьшать вероятность. Если расстояние больше, чем  $R_S + R_H$ , обе модели зондирования дадут нулевую вероятность обнаружения.

В нашем алгоритме мы хотим выбрать значение  $\lambda$  и  $\beta$ , которые помогут привести к постепенному падению вероятности от 1 до 0 во всем диапазоне  $R_H$ . Предположим, что  $\beta = 1$ , то  $\lambda$  можно рассчитать по следующему уравнению:

$$e^{-\lambda R_H} = \varepsilon \quad (4)$$

где  $\varepsilon$  – небольшое положительное значение.

Мы рассчитываем, что при  $\lambda$  равна  $6/R_H$   $\varepsilon$  будет равна 0.0025. Это может быть видно при  $\lambda = 6/R_H$  и  $\beta = 1$ , вероятность обнаружения будет снижаться от 1 к 0 постоянно во всем диапазоне  $R_H$ .

*Модель расчета покрытия (охвата).* Определение коэффициента покрытия ( $R_{\text{покрытия}}$ ) – это отношение площади, которые могут быть покрыты с помощью датчиков совместно ( $O_{\text{покрытия}}$ ) по всему полю зондирования ( $O_{\text{общее}}$ ):

$$R_{\text{покрытия}} = \frac{O_{\text{покрытия}}}{O_{\text{общее}}} \quad (5)$$

Максимальный коэффициент покрытия – 1.

Область покрывается, если она может быть покрыта по крайней мере одним узлом датчика или соединением нескольких датчиков ([4, с. 65]). Предположим, что во всем поле зондирования имеется  $N$  узлов датчика, вероятность обнаружения соединения для определенной области может быть рассчитана следующим образом:

$$P_{\text{покрытия}} = 1 - \prod_{s=1}^{S=N} (1 - p_s) \quad (6)$$

где  $p_s$  можно вычислить по уравнениям 1 и 3.

В бинарной модели,  $P_{\text{покрытия}}$  будет либо 1 или 0, что означает, что зона будет покрыта или нет. Однако в вероятностной модели  $P_{\text{покрытия}}$  будет иметь любое значение от 0 до 1. Порог ( $P_{\text{порог}}$ ) необходим для того, чтобы судить покрыта

ли зона. Если  $R_{\text{покрытия}}$  больше, чем  $R_{\text{порога}}$ , область считается покрыта, в противном случае область не покрыта. Значение  $R_{\text{порог}}$  зависит от требования к применению.

Коэффициент покрытия можно рассчитать так:

$$R_{\text{покрытия}} = \frac{n}{N} \quad (7)$$

где  $n$  – количество точек сети, которые удовлетворяют требованию, что  $R_{\text{покрытия}} \geq R_{\text{порог}}$ . Предполагается, что если  $R_{\text{порог}}$  равен 1, то вероятностная модель эквивалентна двоичной модели.

Точность этого метода зависит от расстояния между сетью. Поэтому погрешность в расчете покрытия для имитации составляет менее 1% [5, с. 42].

Здесь использованы следующие параметры: радиус зондирования – 3 метра, неопределенный радиус – 4 метра, порог вероятности покрытия – 0,5 метра. Круги с радиусом  $R_s$  представляют собой реальные покрытые области, при этом применяется двоичная модель. Рассчитываем количество узлов, которые имеют вероятность обнаружения 1, то есть 79. Поэтому охват двоичной модели  $79/441 = 17.9\%$ .

Однако эта оптимальная модель идеальна, поскольку ее можно использовать только для оптимизации развертывания без препятствий. Если препятствия присутствуют в поле зондирования, проблема становится более сложной. Формулируемый алгоритм не выводится, когда в поле охвата появляются различные препятствия.

### ***Список литературы***

1. Баранова Е. IEEE 802.15.4 и его программная надстройка ZigBee. – Телемультимедиа, 2012. – С. 530.
2. Гепко И.А. Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития. – К.: ЕКМО, 2013. – С. 672.

3. Калачев А. Для мобильных стражей: беспроводной стандарт Bluetooth Low Energy в системах безопасности // Новости электроники. – 2013. – №1. – С. 178.

4. Мальцев П.П. «Умная пыль» на основе микросистемной техники // Микросистемная техника. – 2014. – №4. – С. 40–45.

5. Соколов М. Введение в беспроводную технологию ZigBee стандарта 802.15.4 // Электронные компоненты. – 2014. – №12. – С. 73–79.