

УДК 621.396.99 + 004.52 + 004.896

## СИСТЕМА НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

*Б.А. Морозов, М.В. Носиков*

Приведено описание системы навигации мобильного робота, состоящей из мобильного робота с вращающимся лазерным излучателем и комплекса стационарных маяков с известными координатами. Маяки содержат оптические приемники излучения лазера и радиопередатчики. При попадании лазерного луча на один из маяков, последний посылает короткий радиосигнал с собственным номером. Мобильный робот определяет угол на данный маяк и по нескольким углам на маяки, может рассчитать собственные координаты на плоскости.

Ключевые слова: навигационная система, мобильный робот, радиопередатчик.

В настоящее время появилась большая потребность в автономных мобильных роботах, перемещающихся по заданной траектории, как по открытой площадке, так и в закрытых помещениях.

При проектировании подобных автономных мобильных роботов особую сложность представляют вопросы навигации мобильного робота. Для успешного перемещения мобильного робота необходимо знать координаты текущего положения его на плоскости. Координаты могут быть как абсолютными, так и относительными. Относительные координаты возможно вычислить по отношению к каким-то наперед заданным опорным точкам. Кроме определения плоских декартовых координат мобильного робота необходимо знать и свое угловое положение относительно заданного направления движения.

При перемещении мобильного робота на открытой поверхности абсолютные координаты возможно получать с системы глобальной навигации ГЛОНАС, а угловое положение – по магнитному компасу. Однако этот способ получения координат может обеспечить точность позиционирования робота с погрешностью не менее 2–5 метров, что часто совершенно не приемлемо. Так же этот способ не работоспособен в закрытых помещениях.

Известны автономные мобильные роботы компании ООО «СМП Роботикс» [1] автономное движение которых основывается на обработке изображения от встроенных видеокамер, распознавание видимых ориентиров и определении собственного местонахождения робота по их взаимоположению. К недостаткам подобного способа управления можно отнести необходимость ручного прогона мобильного робота по каждому новому маршруту движения перед его автономной работой и наличие четких ви-

димых маяков на пути движения. Автоматическое движение по внешним маякам обеспечивает точность перемещения менее полуметра. Однако для надежной работы этих решений необходимы открытые пространства.

Известна также система определения координат мобильного робота по ультразвуковым маякам [2]. Система использует метод определения расстояния до нескольких ультразвуковых маяков по времени прохождения сигнала до маяка и обратно. К недостаткам системы можно отнести использование в качестве зондирующего сигнала ультразвукового излучения, что позволяет работать только при относительно коротких расстояниях до маяков из-за большого затухания ультразвука в воздухе, а также невысокую точность определения расстояния до маяка из-за изменения скорости распространения ультразвука при изменении температуры воздуха.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемой системе навигации является система навигации мобильного робота по трем маякам, описанная в работе В.Э. Карпова, М.В. Платоновой «Система навигации мобильного робота» [3]. Принцип работы этой системы приведен на рис. 1.

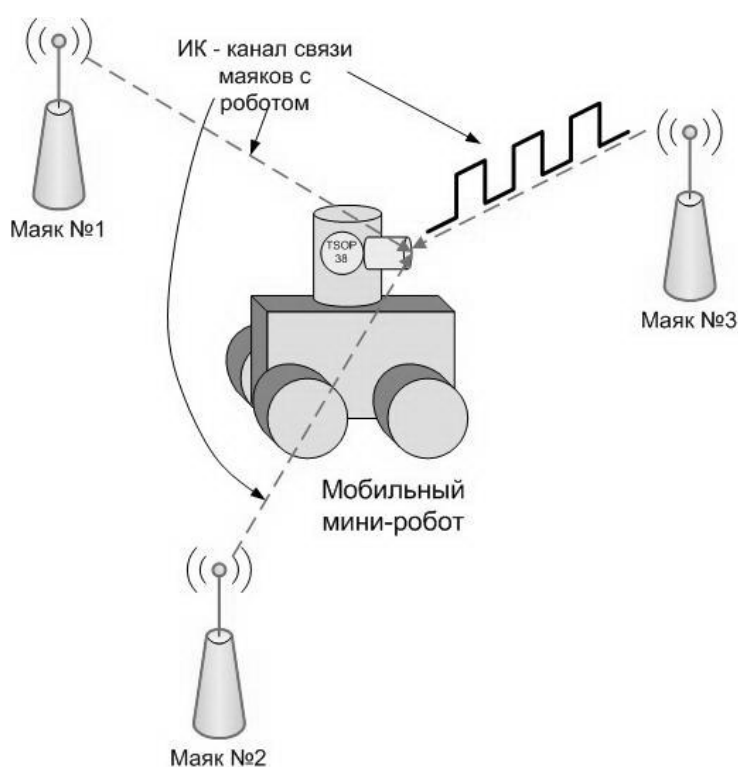


Рис. 1. Система навигации с непрерывно излучающими маяками

Данная система навигации состоит собственно из мобильного робота и комплекса маяков. За каждым маяком жестко закреплен его номер. Конструктивно система решена так, что каждый маяк содержит источник инфракрасного сигнала, содержащий свой индивидуальный номер. Источник

инфракрасного сигнала имеет круговую диаграмму направленности. Приемник инфракрасного сигнала от маяков, имеющий узкую диаграмму направленности, располагается на мобильном роботе, на оси шагового двигателя, который вращает приемник вокруг своей оси. Вращающийся приемник позволяет роботу за один оборот приемника определить углы на маяки относительно своей оси. Учитывая, что координаты маяков известны роботу заранее, полученная информация позволяет рассчитать координаты робота и вычислить угол между направлением движения робота и системой координат.

К недостатку такой системы навигации стоит отнести необходимость непрерывного излучения инфракрасного сигнала маяками в широком угловом диапазоне, что при работе на больших расстояниях от маяков обуславливает необходимость иметь в маяке источник излучения достаточно большой мощности, что приводит к большому энергопотреблению маяка.

Предлагаемая система навигации мобильного робота использует маяки с приемниками светового излучения и радиопередатчики, включающиеся только на короткий момент времени. Эти особенности позволяют построить систему, использующую маяки с батарейным питанием и обеспечить навигацию робота при большом расстоянии до маяков. Принцип работы предлагаемой системы навигации показан на рис. 2.

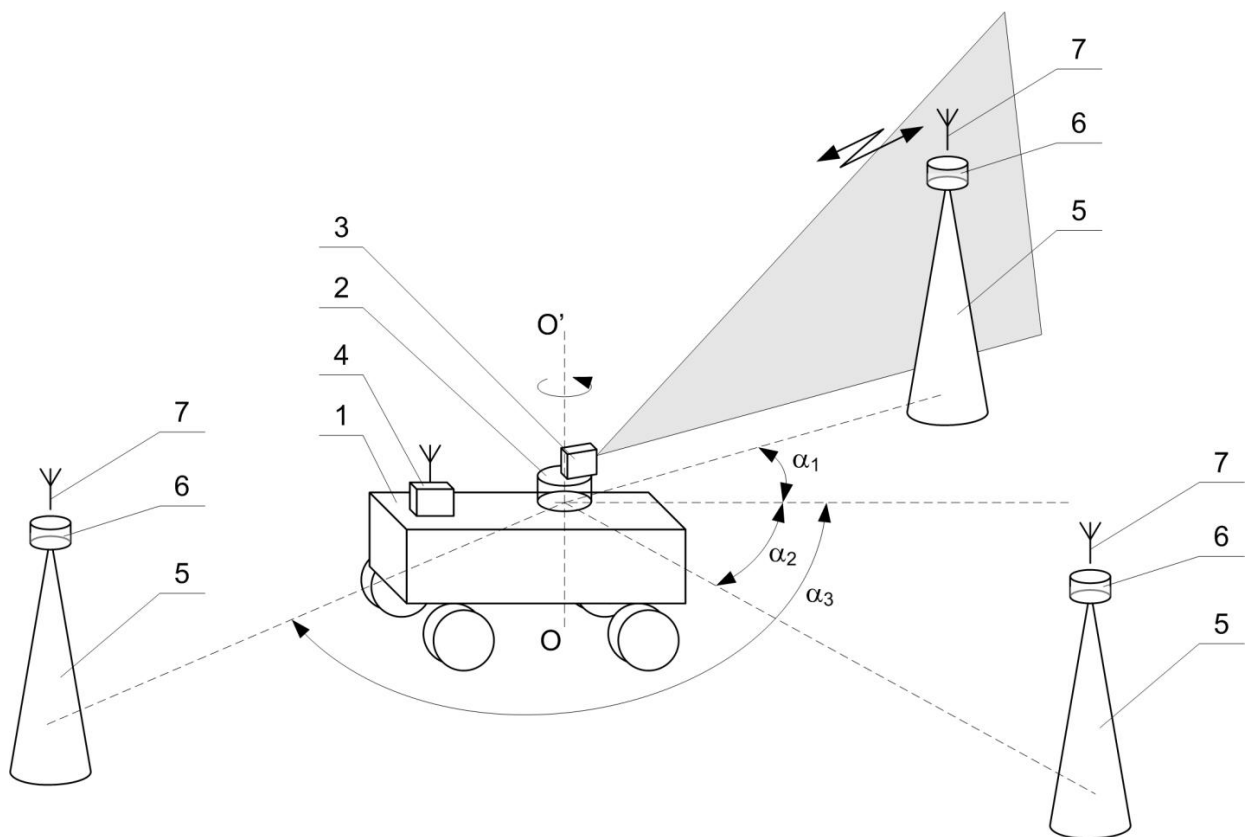


Рис. 2. Предлагаемая система навигации

На мобильный робот 1 установлена вращающаяся платформа 2 с лазерным излучателем 3 с вертикальной разверткой луча, непрерывно излучающим модулированный по амплитуде луч лазера, и радиоприемное устройство 4. Стационарные маяки 5, содержат оптические приемники излучения лазера 6 и радиопередатчики с антенной 7.

При движении мобильного робота платформа с установленным лазерным излучателем непрерывно вращается вокруг оси  $OO'$ . Лазерный излучатель излучает узкий в горизонтальной плоскости луч и обеспечивает его развертку в вертикальной плоскости для обеспечения однозначного попадания луча на приемные устройства маяков при движении робота по неровной поверхности. Также лазерный луч модулируется по амплитуде с заданной частотой, что обеспечивает идентификацию приемными устройствами маяков лазерного луча именно от данного робота.

Контроллеры управления маяков находятся в режиме ожидания. Лазерный луч, попав на приемное устройство одного из маяков, идентифицируется им по частоте модуляции луча и, кратковременно включив радиопередатчик, маяк посылает мобильному роботу свой идентификационный номер, после чего опять переходят в режим низкого энергопотребления. Система управления мобильного робота, получив от приемного устройства идентификационный номер маяка, фиксирует угол поворота платформы и тем самым определяется угол  $\alpha_i$  между продольной осью робота и соответствующим маяком. Получив все углы, на видимые в настоящий момент стационарные маяки, система управления может рассчитать свои координаты на поверхности перемещения и тем самым обеспечить движение робота по заданной траектории.

Такая концепция построения системы навигации позволяет существенно снизить энергопотребление маяков, так как основное время они находятся в режиме ожидания и практически не потребляют энергию. На данную систему навигации подана заявка на патент на изобретение, находящаяся в стадии рассмотрения [4]. В настоящее время создан макет мобильного робота. Структурная схема системы управления мобильного робота, оснащенного предлагаемой системой навигации, приведена на рис. 3.

Система управления содержит:

Модуль управления движением. Модуль предназначен для управления скоростью вращения двух вентильных двигателей постоянного тока по уставкам от бортового компьютера РС. Реализован модуль управления движением на микроконтроллере PIC18F45K80. Связь с бортовым компьютером осуществляется через последовательный интерфейс RS485. После получения командного слова от бортового вычислителя в ответном слове модуль передает информацию, пропорциональную пройденному пути каждым колесом мобильного робота.

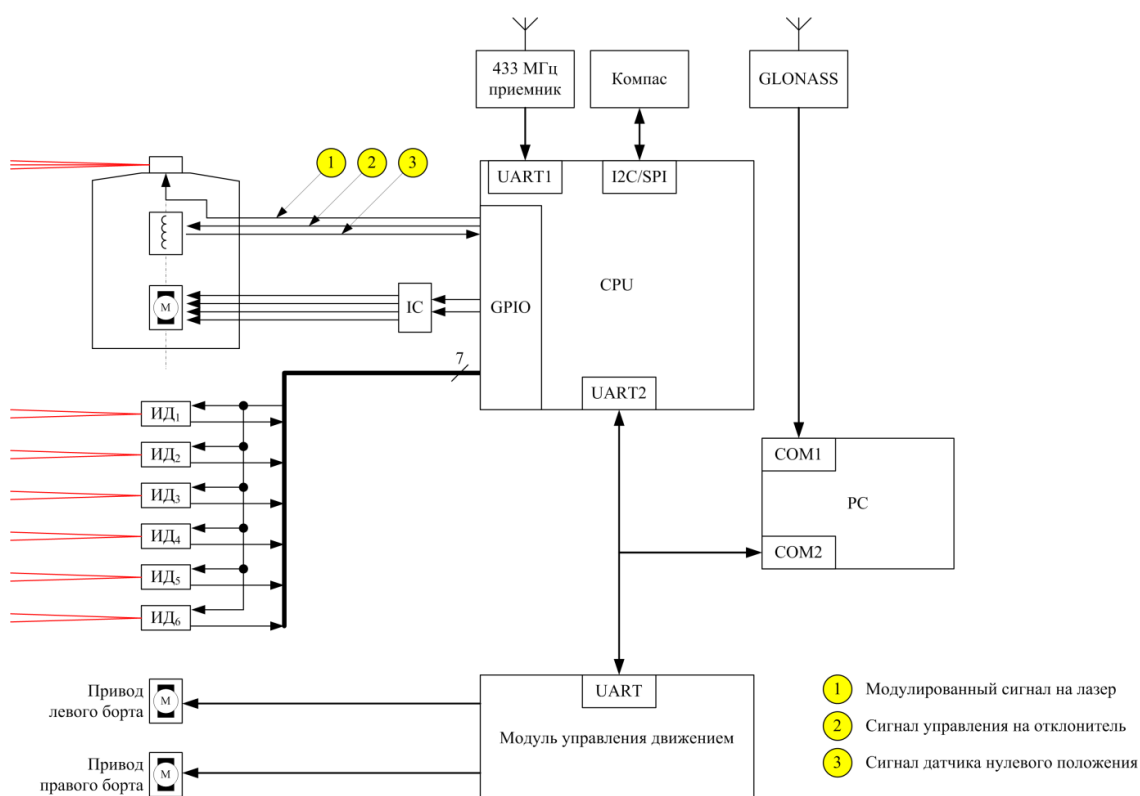


Рис. 3. Структурная схема системы управления

Модуль CPU выполняет следующие функции:

- модулирует лазерный луч;
- управляет шаговым двигателем вращения лазера;
- принимает сигнал с датчика нулевого положения оси лазера;
- принимает сигналы от датчиков препятствий (ИД);
- принимает через радиоканал значение номера маяка;
- принимает по интерфейсу I<sup>2</sup>C информацию от магнитного компаса.

Блок CPU по последовательному интерфейсу RS485 отправляет бортовому компьютеру номер последнего идентифицированного маяка и направление на него, направление на магнитный азимут, сигналы от датчиков препятствий. Бортовой компьютер, получив всю информацию, вычисляет текущие координаты мобильного робота и управляет приводами бортов мобильного робота для движения по заданной траектории.

#### Библиографический список

1. URL: <http://www.smprobotics.ru/>.
2. URL: <http://habrahabr.ru/post/254361/>.
3. URL: <http://www.hse.ru/data/2012/04/11/1251706992/Карпов%20Система.pdf>.
4. Заявка на патент № 2015138673/20(059352) от 20/09.2015 г.

[К содержанию](#)