

# Использование лазерных сканеров SICK AG для навигации мобильных роботов

Олег ЛЫСЕНКО,  
к. т. н.

oleg.lysenko@sick-automation.ru

Статья посвящена интересной продукции немецкой компании SICK AG — лазерным сканерам. Эти уникальные приборы позволяют решать самые различные задачи производственных систем — от обеспечения безопасности до измерений уровня сыпучих материалов. Данная статья рассказывает о перспективах их использования для навигации автономных мобильных роботов.

## Введение

Мобильные робототехнические системы применяются сегодня в самых различных отраслях промышленности и потребительских сферах. Корпоративные заказчики интересуются многофункциональными промышленными роботами, массовый покупатель активно приобретает интеллектуальные пылесосы и роботов-собачек, службы безопасности и спасения рассчитывают на автономные устройства, способные без усталости выполнять задачи слежения и поиска. При этом все подобные устройства в идеале должны уверенно перемещаться в незнакомой и непредсказуемой обстановке реального мира.

Пока основной проблемой всех ныне существующих мобильных аппаратов, перемещающихся самостоятельно, без управления со стороны человека, остается навигация. Для успешной навигации в пространстве бортовая система робота должна уметь строить маршрут, управлять параметрами движения (задавать угол поворота колес и скорость их вращения), правильно интерпретировать информацию об окружающей среде, получаемую от датчиков, и постоянно отслеживать собственные координаты.

При проектировании подобных роботов перед конструкторами возникает ряд проблем, которые необходимо решить:

1. Чтобы двигаться к цели, роботу необходимо сформировать достаточно точную картину окружающего его пространства или образ среды.
2. В ходе движения робот должен быстро и точно управлять мотором и положением колес.
3. Робот должен знать свое реальное местонахождение, то есть извлекать информацию из памяти бортовой системы, а оно в режиме реального времени почти всегда отличается от запасенного при последнем измерении.

Две из трех проблем как раз связаны с решением задачи навигации робота.

## Схемы навигации автономных устройств

Робототехники выделяют три навигационные схемы:

- глобальная — определение абсолютных координат устройства при движении по длинным маршрутам;
- локальная — определение координат устройства по отношению к некоторой (обычно стартовой) точке. Эта схема востребована разработчиками тактических беспилотных самолетов и наземных роботов, выполняющих миссии в пределах заранее известной области;
- персональная — позиционирование роботом частей своего тела или корпуса и взаимодействие с близлежащими предметами, что актуально для устройств, снабженных манипуляторами.

Закономерно, что чем крупнее аппарат, тем выше для него важность глобальной навигации и ниже — персональной. У мобильных небольших роботов на первое место однозначно выходит персональная навигация. Небольшие роботы на производстве численно доминируют, и вопросы их персональной навигации требуют подробного рассмотрения.

## Конструкция мобильного робота с использованием лазерных сканеров

Ранее локальная и персональная навигация осуществлялась с использованием лазерных дальномеров и ультразвуковых генераторов (сонаров). Но лазерные дальномеры и ультразвуковые датчики могут измерять расстояние только в одном строго определенном направлении. На оптический луч оказывают влияние различные помехи в виде

пыли и тумана. А ультразвуковые датчики характеризуются большим временем отклика (если робот находится на большом и открытом пространстве), порядка десятых долей секунды, что не позволяет роботу перемещаться быстро. Скорость звука в разных условиях среды также может «плавать», влияя на точность оценки расстояния, в результате в «голове» робота искажается общая картина окружающей среды.

Одной из важных задач робототехники является создание трехмерных карт, но реализация этого в масштабе реального времени с помощью лазерных дальномеров или ультразвуковых датчиков практически невозможна.

Перспективным является хранение в памяти машины полной карты местности. Обычно она представляется в геометрическом (очень подробно, но и очень объемно) либо топологическом (компактно, условными обозначениями, но менее подробно) виде. Наилучший результат дают трехмерные карты, но хранение и обработка больших объемов данных бортовой системой робота без помощи центра управления могут быть затруднены. А самое главное, в результате недостаточности и неточности информации и алгоритмов роботу далеко не всегда удается правильно определить свое реальное местонахождение на такой карте.

В настоящее время очень широкое распространение в мобильной робототехнике получили именно лазерные сканеры. Можно было бы привести множество примеров их использования, но наиболее наглядным будет пример марсохода NASA (рис. 1), еще одним показательным фактом — победа беспилотного автомобиля Volkswagen Tuareg в песках Дакара в 2005 году.

Огромным преимуществом данного прибора является возможность сканирования в плоскости с углом обзора до 360°. Это позволяет системе с лазерным сканером решить



Рис. 1. Марсоход

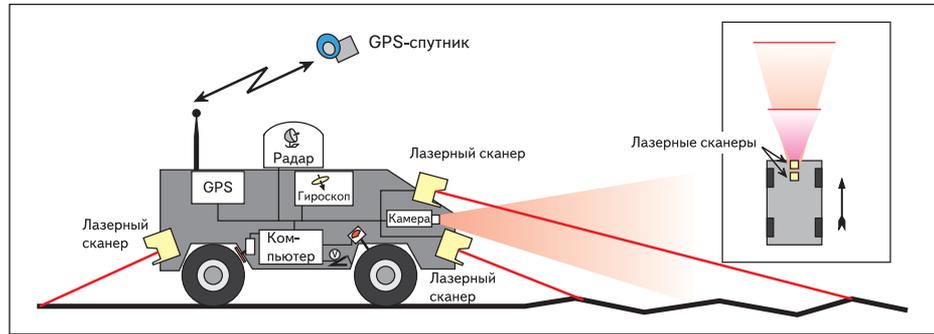


Рис. 2. Конструкция мобильного робота

как задачи навигации и избегания столкновений, так и построения трехмерных карт в реальном масштабе времени.

Одна из возможных схем конструкций автономного мобильного робота показана на рис. 2. С помощью трех лазерных сканеров осуществляются задачи локальной и персональной навигации, формирование трехмерной карты местности и избегания столкновений. Кроме этого, глобальная навигация осуществляется с помощью приемника GPS, гироскоп контролирует максимально допустимый наклон транспортного средства, лазерный радар позволяет отслеживать объекты, находящиеся на значительном расстоянии. Использование систем технического зрения позволяет значительно расширить задачи, стоящие перед таким устройством. На рис. 3 показан пример реального мобильного робота, выполненного по такой схеме.

Хотя сравнение перспектив применения для мобильных роботов таких технологий, как радары, лидары, лазерные сканеры, камеры, ИК-камеры, 3D-камеры — отдельный вопрос, важно еще раз подчеркнуть, что сканирование в плоскости или в объеме увеличивает возможности мобильных роботов по сравнению с датчиками с направленным излучателем.

### Лазерные сканеры компании SICK AG

Компания SICK AG фактически является монополистом в области лазерных сканеров. За то время, что они выпускаются, они зарекомендовали себя как очень надежные устройства, предназначенные для решения самых разных задач. На рис. 4 показан ассортимент лазерных сканеров, выпускаемых компанией.

Лазерные измерительные системы сканируют площадь помещения в двух направлениях наподобие лазерного радара и не требуют специальных отражателей. Подобные изделия можно разделить на два принципиально разных класса:

- лазерные сканеры для защиты персонала;
- лазерные сканеры для навигации, подсчета людей, защиты зданий и т. п.

Первая группа изделий предназначена для систем безопасности на производстве и применяется для защиты персонала в случаях использования опасного для жизни оборудования: роботов, прессов, стеклорезательных машин и т. п. Это отдельная тема, и в этой статье, акцентированной на применении лазерных сканеров для навигации, она не рассматривается.

Интерес для навигационных систем мобильных роботов представляет именно вторая

группа сканеров, которая параллельно используется для более широкого круга применений.

Лазерные сканеры LMS200, LMS220, LMS211, LMS221, LMS291 (рис. 5) — наиболее часто используемые для навигации роботов устройства. Принцип их работы подобен лазерным радарам и основан на измерении времени полета луча (рис. 6). Лазерный луч проходит через вращающееся зеркало (рис. 7) и, отражаясь от объекта, возвращается обратно в сканер-фотоприемник. Расстояние до объекта определяется измерением времени полета луча, но благодаря вращающемуся зеркалу измерение расстояния до объектов осуществляется в плоскости. К основным преимуществам данного метода измерения относится независимость результатов измерения от цвета объекта и его структуры. В отличие от метода лазерного сканирования, триангуляционный метод требователен к структуре объекта — при сложной поверхности объекта луч может отразиться под углом и не вернуться обратно к датчику.

Лазерные сканеры, которые используются для навигации, подразделяются на приборы для использования внутри помещений (LMS200, LMS220) и приборы для наружного применения (LMS211, LMS221, LMS291). Основное отличие вторых от первых — это наличие внутреннего обогревателя, обеспе-



Рис. 3. Пример мобильного робота с лазерными сканерами



Рис. 4. Ассортимент лазерных сканеров от SICK AG



Рис. 5. Лазерные сканеры для мобильных роботов

чивающего возможность работы при температурах от  $-40^{\circ}\text{C}$ , а также работоспособность в сложных условиях тумана и дождя.

Рассмотрим технические характеристики двух моделей лазерных сканеров (таблица) как наиболее типичных представителей устройств для работы в помещениях и на улице.

#### Подсоединение лазерного сканера к компьютеру

Для работы с лазерным сканером, как правило, используется компьютер. При этом сканер может подсоединяться либо по интерфейсу RS-232 (последовательные порты COM1 и COM2) либо по RS-422, но во втором случае необходима дополнительная плата. Максимальная длина кабеля между сканером и компьютером составляет 10 м для RS-232 и 1200 м для RS-422. В случае, если предъявляются требования более скоростного интерфейса передачи данных, компания может предложить специальные платы для компьютера.

Стандартное программное обеспечение, которое идет в комплекте со сканером, предназначено для настройки трех дискретных вы-

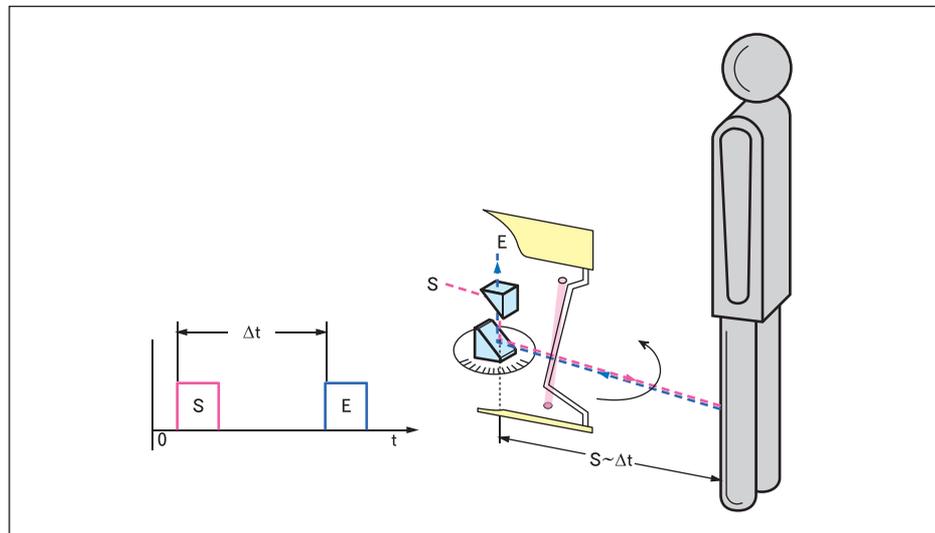


Рис. 6. Принцип работы лазерного сканера

ходов. Имеется возможность графического задания трех различных областей, при попадании в которые постороннего объекта будет происходить срабатывание соответствующего дискретного выхода.

Тем не менее это небольшая часть возможностей данного прибора. Стандартное ПО не раскрывает всех возможностей лазерного сканера. Если использовать современные языки и пакеты программирования типа Visual C++, Delphi, то можно решить намного более сложные задачи, в том числе навигационные.

Обмен данными между сканером и компьютером происходит на языке телеграмм. Имеется подробное руководство, но вкратце можно сказать, что сканер постоянно отправляет телеграммы с информацией, например, о расстоянии до объекта, угле направления, под которым располагается объект и т. п. Все это позволяет достаточно просто написать

специализированное программное обеспечение под конкретную задачу.

#### Области использования лазерных сканеров SICK

Мобильные роботы являются лишь небольшой частью применений лазерных сканеров компании SICK. Рис. 8 иллюстрирует основные отрасли, где используются подобные устройства, а также показывает их долю в общем объеме продаж.

Можно особо выделить следующие важные области применения:

- обработка упаковок и грузов: измерение формы, объема и положения объектов;
- измерения объема, контура и угла положения материалов, сложенных навалом;
- управление грузоподъемной техникой: защита от столкновений, измерение профиля, определение положения;

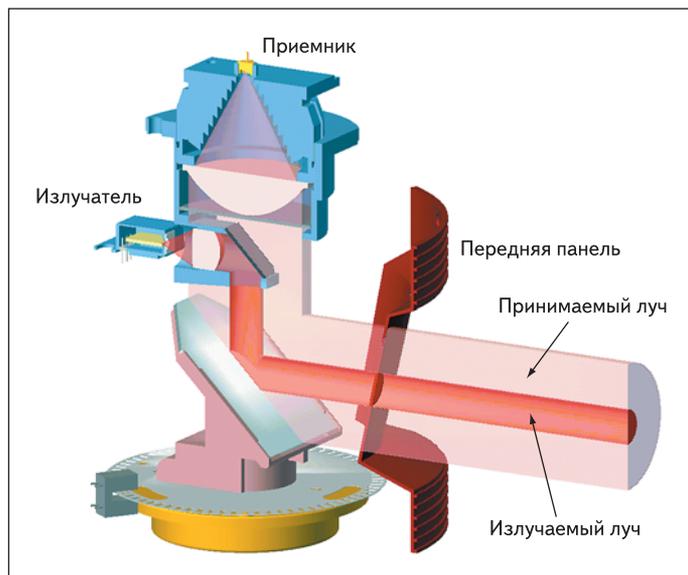


Рис. 7. Конструкция лазерного сканера

Таблица. Технические характеристики лазерных сканеров

	LMS 200	LMS 291
<b>Общие характеристики</b>		
Рабочий диапазон	Максимально 80 м	
Угловое разрешение, °	0,25; 0,5; 1,0 (выбирается пользователем)	
Время отклика, мс	53; 26; 13	
Разрешение при измерении, мм	10	
Угол сканирования, °	180	180 максимум
Точность	±20 мм, диапазон 1–8 м ±4 см, диапазон 1–20 м	±60 мм, диапазон 1–4 м ±35 мм, диапазон 4–20 м
<b>Электрические характеристики</b>		
Интерфейс	RS-232/RS-422 (выбирается пользователем)	
Скорость передачи данных, кбод	9,6; 19,2; 38,4; 500	
Дискретные выходы	3×PNP; типично 24 В; OUT A, OUT B максимально 250 мА, OUT C максимально 100 мА	
Напряжение питания	24 В ±15%, потребление максимум 1,8 А	
Мощность	Приблизительно 20 Вт	
Температура (рабочая/хранения), °C	0...+50	-30...+70
<b>Механические характеристики</b>		
Степень защиты	IP 65	
Вес	Приблизительно 4,5 кг	
Размеры, мм	155×210×156	
Вибростойкость	Согласно IEC 68	
Примечание	Рекомендуется использовать вибропоглонитель для применений с большими вибрациями и ударами (например, автоматические тележки)	

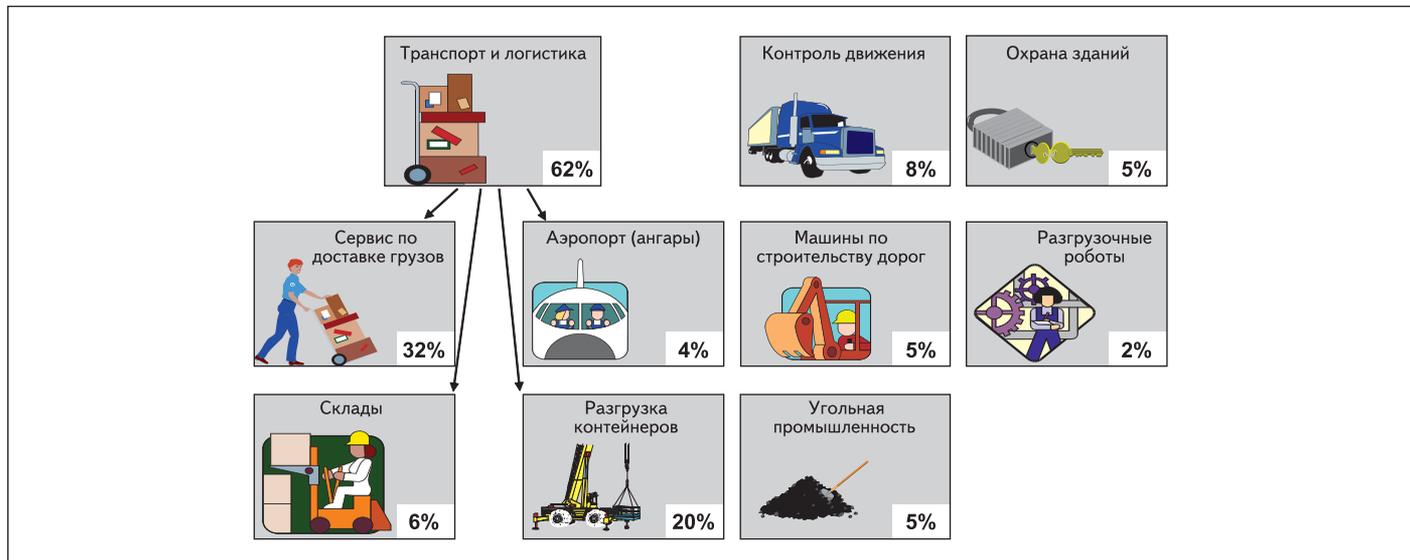


Рис. 8. Области использования лазерных сканеров

- металлообрабатывающее производство: определение положения и размера плит, брусков;
- измерения внутри помещений: измерения плоских поверхностей, продольных и поперечных объектов внутри здания;
- транспортировка: навигация, контроль стыковки при разгрузке-погрузке;
- горнодобывающая промышленность: измерения туннелей и каверн, измерения перекрывающихся пластов;

- строительство: подсчет людей, защита фасадов и специальных зон;
  - защита доступа.
- О высокой надежности сканирующего лазерного оборудования может свидетельствовать тот факт, что знаменитая картина «Мона Лиза», хранящаяся в Лувре, защищена лазерным сканером LD-PDS. Сканеры LD-OEM и LD-PDS позволяют сканировать площадь в диапазоне 360° и устанавливать одну или две зоны защиты.

В заключение подчеркнем, что подобно тому, как системы технического зрения позволяют решать уникальные задачи, так и лазерные сканеры используются там, где другие стандартные датчики оказываются бессильными. ■

#### Литература

1. Материалы презентаций компании SICK.
2. <http://www.sick.com>