



Система информационных маркеров коллектива мобильных роботов¹

Алексеев А.Ю.

Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УНЦ РАН, Уфа

В статье рассматривается применение маркеров *AR (Augmented Reality)* — расширенной виртуальной реальности для контроля состояния группы роботов. Описана структура маркера, метод формирования пакета динамического двумерного кода. Приведены результаты сравнительного анализа перспективных технологий дисплеев для отображения динамических маркеров.

1. Введение

Централизованное управление коллективом роботов требует обеспечения постоянной обратной связи между верхним уровнем управления — координатором — и самими роботами — агентами коллектива, которых может быть как несколько десятков, так и несколько сотен. Эффективность обратной связи зависит от своевременной передачи информации на верхний уровень управления, т.е. основная нагрузка в системе управления приходится на каналы приема информации: координатору необходимы полная картина происходящего в рабочей области и данные о функционировании каждого агента коллектива. Информационная недостаточность может быть вызвана загруженностью информационных каналов, которой подвержены беспроводные технологии передачи данных (*Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi*). Загруженность информационных каналов приводит к запаздываниям в системах управления и задержкам в получении обратных связей от коллектива.

2. Информационный маркер

Достаточно часто для определения координат и ориентации роботов, мониторинга окружающего пространства используются системы технического зрения (СТЗ). Если к СТЗ добавить систему распознавания маркеров расширенной реальности, а на мобильных роботах — генерацию этих маркеров, в

системе появится дополнительный канал передачи данных со своими преимуществами и особенностями (табл. 1).

Маркер представляет собой двумерный код. Шаблон поиска двумерного кода (рис. 1) имеет измерительные линейки, используемые в качестве полос синхронизации, а также служащие для определения координат и ориентации кода в пространстве. В работе [1] проведены сравнительные вычисления информационной емкости наиболее распространенных двумерных кодов и показано влияние различных шаблонов поиска на компактность кода. Наибольшую информационную емкость при минимальных размерах кода имеет технология *DataMatrix* [2], поэтому его шаблон поиска был взят за основу для построения маркеров расширенной реальности мобильных роботов. Компактный маркер позволяет максимально эффективно использовать небольшую рабочую область дисплея мобильных минироботов.

Кодирование информации осуществляется с помощью алгоритма Рида–Соломона, что обеспечивает помехозащищенность данных, так как позволяет восстанавливать до 30% поврежденных при передаче данных. Большие объемы данных передаются с помощью динамического двумерного кода последовательным отображением отдельных кадров пакета друг за другом. При этом каждый кадр сообщения содержит в себе часть информации соседних кадров, обеспечивая целостность пакета при передаче.

В случае, когда агент коллектива работает в

¹Работа выполнена при финансовой поддержке Программы № 1 Отделения ЭММПУ РАН «Научные основы робототехники и мехатроники».

Таблица 1. Возможности технологии AR

| Задачи | Применение |
|---|---|
| Задачи пространственного размещения (поддержание «строя», соблюдение дистанций, обход «запрещенных» зон, следование за «ведущим») | Получение обобщенной информации о действиях всего коллектива в целом (локализация роботов, соблюдение дистанций). При этом, на основе маркеров каждого робота система может сгенерировать общий (глобальный) маркер всего коллектива |
| Задачи инспектирования (обнаружение препятствий, следование к заданным координатам, поиск маяков) | Обнаруженное мобильным роботом скрытое препятствие, нераспознанное камерой наблюдения, достраивается на карте, и в дальнейшем позволяет учитывать скрытые препятствия при построении маршрутов движения для других роботов коллектива |
| Задачи манипулирования небольшими объектами (захват, поворот, перенос объекта) | Система может достроить виртуальный объект и визуализировать процесс его обработки роботом |

штатном режиме и ему требуется передать минимальное количество информации, элементы маркера укрупняются (рис. 1). Чем крупнее элементы кода, тем легче и быстрее маркер распознается СТЗ. Объединение мобильных роботов в рабочие группы с общим координатором позволяет распределить потоки данных таким образом, чтобы координатор, обработав статусы агентов своей группы, передавал обобщенный статус-маркер. При этом рядовому агенту группы достаточно вывести на дисплей минимальный объем информации — статус «нет проблем», который содержит всего один бит инфор-

мации. По мере необходимости передачи более детальной информации робот выводит на дисплей информационное сообщение с мелкими ячейками кода, которое способно содержать до трех байт полезного сообщения в одном кадре.

3. Аппаратная реализация

Одним из важных факторов, влияющих на работоспособность интеллектуальной системы, является аппаратная база, на основе которой реализуются алгоритмы управления и с помощью которой осуществляется отображение маркеров AR.

Поэтому одной из основных задач является выбор подходящего аппаратного обеспечения для интеллектуальной системы.

Для отображения динамических двумерных кодов на борту мобильного робота необходим специальный модуль индикации. В настоящее время существует большое разнообразие дисплеев, имеющих отличия в технологии изготовления экрана, и как следствие, разное качество воспроизведения изображения и применения в различных областях деятельности. В работе [3] проведен сравнительный анализ наиболее перспективных технологий отображения информации: жидкокристаллические дисплеи (*LCD*), дисплеи на основе органических светодиодов (*OLED*), светоизлучающих пластиков (*LEP*) и электронных чернил (*EPD*).

По результатам проведенных экспериментов даны следующие рекомендации:

1) Для максимальной экономии энергии в условиях хорошей освещенности окружающей обстановки лучше всего использовать дисплеи на основе электронных чернил (*EPD*) и светоизлучающих пластиков (*LEP*).

2) В условиях недостаточного освещения рабочей зоны коллектива роботов предпочтительнее ис-

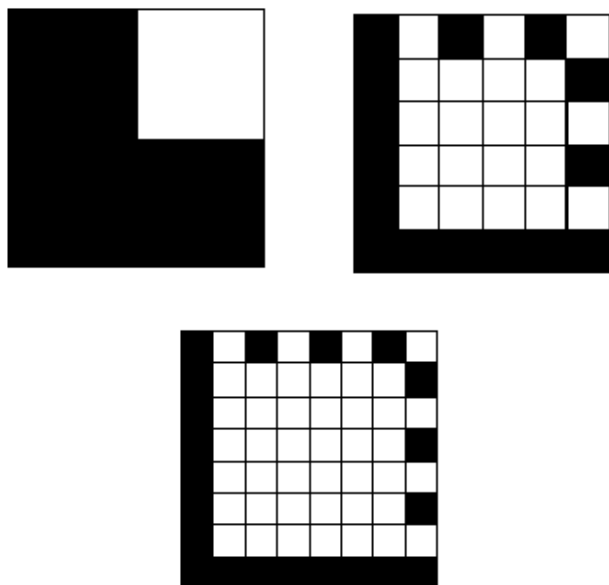


Рис. 1. Варианты шаблона маркера AR с различным объемом кодируемой информации

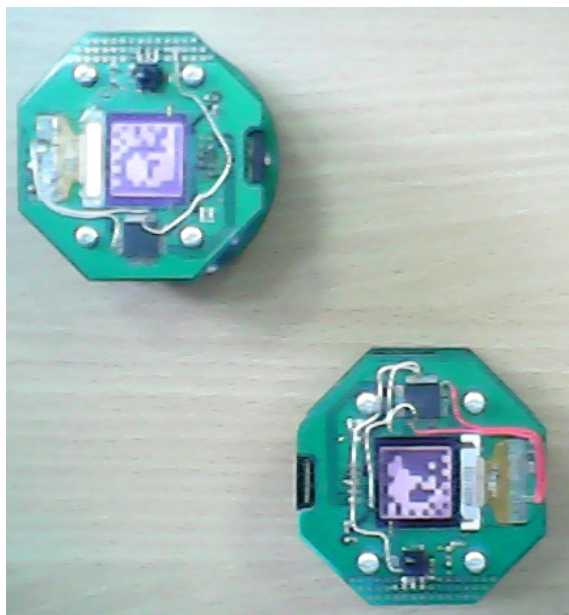


Рис. 2. Эксперименты с маркерами на реальных роботах

пользовать дисплеи на основе органических светодиодов (*OLED*), учитывая при этом высокую скорость их «выцветания» (требуется замена каждые 2–3 года).

Эксперименты с двумерными кодами проводятся на специально разработанных для этой цели мобильных роботах (рис. 2). В конструкцию роботов заложен принцип модульности, который позволяет модифицировать аппаратную часть робота для решения различных задач.

4. Заключение

Разработанная система передачи данных с использованием элементов технологии расширенной и виртуальной реальностей наиболее перспективна при управлении коллективом мобильных роботов, например, в нейросетевой системе планирования траекторий, описанной в работе [4].

Список литературы

- [1] Алексеев А.Ю. Оптический код как информационный базис интеллектуальной системы принятия решений группы мобильных роботов // Proceedings of the 2nd International Conference «Information Technologies for Intelligent Decision Making Support» and the Intended International Workshop «Robots and Robotic Systems». Vol. 3, May 18–21, Ufa, Russia. 2014. Pp. 279–283.
- [2] AIM International Technical Specification — International Symbology Specification — Data Matrix / Note: Approved 1997-05-08.
- [3] Алексеев А.Ю. Аппаратное обеспечение интеллектуальных систем управления роботами с использованием технологии AR // Proceedings of the 2nd International Conference «Intelligent Technologies for Information Processing and Management». Vol. 1, November 10-12, Ufa, Russia. 2014. Pp. 200–203.
- [4] Юдинцев Б.С., Даринцев О.В. Экспериментальные исследования эффективности нейросетевой системы планирования траекторий для коллектива мини (микро) роботов // Proceedings of the 2nd International Conference «Information Technologies for Intelligent Decision Making Support» and the Intended International Workshop «Robots and Robotic Systems». Vol. 3, May 18–21, Ufa, Russia. 2014. Pp. 274–278.