

Аппаратное обеспечение интеллектуальных систем управления роботами с использованием технологии AR

Алексеев А.Ю.
Лаборатория «РУТС»
Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УНЦ РАН
Уфа, Россия
e-mail: aleksandr_na@list.ru

Аннотация¹

В статье рассматривается применение маркеров AR (*Augmented Reality*) – расширенной виртуальной реальности для контроля состояния группы роботов. Описана разработанная методика кодирования и передачи информации через динамический двумерный код. Проведён сравнительный анализ перспективных технологий дисплеев для отображения динамических маркеров, выявлены преимущества и недостатки каждой технологии.

1. Введение

Коллективы мобильных роботов, как правило, используются в среде с непредсказуемым изменением окружающей обстановки, связанной с наличием подвижных препятствий (роботов группы), исследованием окружающей местности. Поэтому для управления необходимо применять интеллектуальные технологии.

Получение информации от группы роботов требует организации специальных протоколов обмена данными и обработки информации в режиме реального времени. Чем больше коллектив роботов, тем больше требований он накладывает на систему контроля.

В работе [1] описаны предпосылки создания системы оптической передачи данных от коллектива роботов. В статье описываются недостатки беспроводных технологий передачи данных, основанных на радиоканале, и предлагается использование маркеров расширенной реальности в качестве дополнительного резервного канала обратной связи коллектива мобильных роботов.

2. Система оптических маркеров

Широкое использование систем технического зрения (СТЗ) в робототехнике позволяет легко организовать

одно- и многокамерные системы наблюдения за рабочей областью группы роботов. В работе [1] предлагается использовать один из элементов технологии расширенной реальности [2] – оптические маркеры, и построить на его базе знаковый (оптический) язык обмена информации, используя пространственно размещённые коды.

С помощью оптических маркеров система может не только определить точные координаты мобильных роботов, но и восстановить полную картину рабочего процесса на основе информации маркера расширенной реальности. Также, благодаря параллельной многопоточной передаче данных, есть возможность получить кадр состояния системы в отдельный момент времени (момент съёмки).

Предлагаемая система оптической передачи данных основана на кодировании информации в виде двумерных кодов [3] для последующего сканирования камерой СТЗ. В работе [1] описывается принцип работы динамического двумерного кода – специального алгоритма формирования непрерывного пакета данных в виде нескольких последовательно отображаемых кадр за кадром двумерных кодов, где в каждом кадре присутствует часть информации предыдущего и следующего кадра, обеспечивающая целостность пакета при передаче.

Структура динамического кода выглядит следующим образом (рис. 1). Каждый кадр пакета содержит 8 байт информации, из которых 4 байта исходного сообщения, 3,5 байта корректирующего кода и оставшиеся 4 бита служебной информации (количество кадров пакета, номер кадра). По краям кода расположены измерительные линейки, используемые в качестве полос синхронизации, а также служащие для определения координат и ориентации кода в пространстве.

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.

¹Труды второй международной конференции "Интеллектуальные технологии обработки информации и управления", 10 - 12 ноября, Уфа, Россия, 2014

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

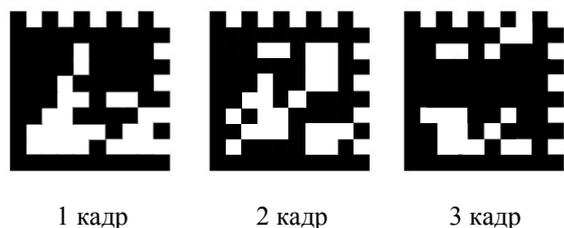


Рис. 1. Кадры динамического двумерного кода

Для отображения динамических двумерных кодов на борту мобильного робота необходим специальный модуль индикации. В настоящее время существует большое количество видов дисплеев, имеющих отличия в технологии изготовления экрана, и как следствие, качество воспроизведения изображения и применения в различных областях деятельности. Проведём сравнительный анализ наиболее перспективных технологий отображения информации применительно к рассматриваемой системе управления коллективом роботов.

3. Жидкокристаллические дисплеи (LCD)

Самыми распространёнными на сегодняшний день являются жидкокристаллические дисплеи [4]. Существует множество типов ЖК-дисплеев, различающиеся технологией производства, конструкцией, оптическими и электрическими характеристиками. Принцип действия и структура всех ЖК-дисплеев примерно одинакова (рис. 2). Свет от лампы подсветки (неоновая или светодиодная) проходит через первый поляризатор и попадает в слой жидких кристаллов, управляемых тонкоплёночным транзистором. Транзистор создаёт электрическое поле, которое формирует ориентацию жидких кристаллов. Пройдя такую структуру, свет меняет свою поляризацию и будет — или полностью поглощён вторым поляризационным фильтром (чёрный экран), или не будет поглощаться (белый), или поглощение будет частичным (цвета спектра). Цвет изображения определяют цветовые фильтры: красного, зелёного и синего цвета.

Главным недостатком ЖК-дисплеев являются малые углы обзора. Частично с данной проблемой попытались справиться улучшением технологии: с помощью дополнительного слоя, нанесённого на экран. Углы обзора стали больше, но все равно остались искажения изображения при большом угле обзора.

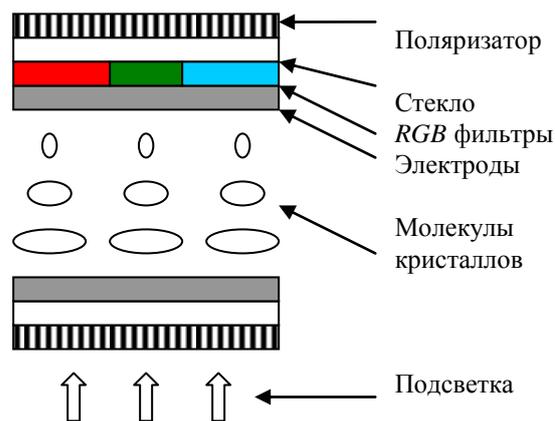


Рис. 2. Устройство ЖК-дисплея

4. Дисплеи на основе органических светодиодов (OLED)

Электролюминесцентные дисплеи на органических светоизлучающих полупроводниках [5], в отличие от ЖК-дисплеев не требуют лампы подсветки. В основе работы *OLED* – принцип электролюминесценции. Дисплей представляет собой цельное устройство, состоящее из нескольких очень тонких органических плёнок, заключённых между двумя проводниками. Подача на эти проводники небольшого напряжения (порядка 2-16 вольт) заставляет дисплей излучать свет. Яркость дисплеев порядка 100000 кд/кв. м, что существенно ярче ЖК-дисплеев. При этом энергопотребление ниже, цветопередача лучше, контрастность выше (300:1), угол обзора больше (до 180 градусов), цветовой охват шире. В отличие от обычного ЖК-дисплея органика способна реагировать в 100–1000 раз быстрее. Толщина дисплея не превышает 1 мм (с учётом защитного стекла – 2 мм). Немаловажным параметром считается и диапазон рабочих температур: от -30 до +60 градусов.

Существуют три схемы цветных *OLED*-дисплеев (рис. 3):

- схема с отдельными цветными эмиттерами;
- схема *WOLED+CF* (белые эмиттеры + цветные фильтры);
- схема с конверсией коротковолнового излучения.

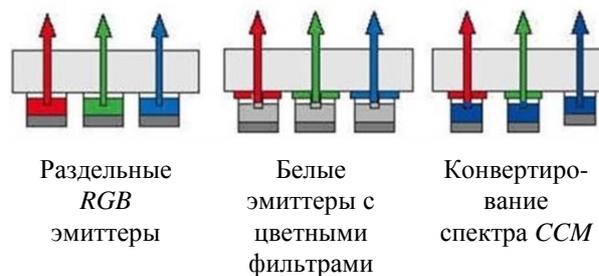


Рис. 3. Схемы цветных OLED-дисплеев

Каждая схема обладает своими преимуществами и недостатками (табл. 1).

Таблица 1. Преимущества и недостатки различных схем OLED-дисплеев

Тип структуры	Преимущества	Недостатки
Раздельные RGB эмиттеры	Высокая эффективность использования энергии; Низкая цена; Применение отлаженной ITO технологии	Требуется отдельная оптимизация цветных эмиттеров; Различная скорость старения эмиттеров; Требуется формирование отдельных эмиттеров по цветам.
Белый эмиттер + цветные фильтры	Использование технологии ЖК дисплеев; Не требуется формирование раздельных по цветам эмиттеров; Однородное старение эмиттеров.	Низкая эффективность использования мощности; Требуется напыление ITO на цветные фильтры; Требуется высокая эффективность излучения белых эмиттеров
Конвертирование спектра CCM	Однородное старение излучателей; Более эффективное использование энергии излучателей; Не требуется формирование раздельных по цветам эмиттеров.	Требуется напыление ITO на CCM; Необходима стабильность голубого эмиттера. Старение CCM.

Как видно, существенным недостатком OLED-дисплеев является их низкая продолжительность жизни (порядка 5-8 тысяч часов) и, как следствие, неизбежное скорое выцветание и снижение яркости дисплея.

5. Дисплей на основе светоизлучающих пластиков (LEP)

Существует иная альтернатива развития дисплеев – технология изготовления и использования дисплеев на основе светоизлучающих пластиков. LEP-дисплей представляет собой многослойный набор тончайших полимерных плёнок. Напряжение, подаваемое на

электроды, выбивает фотоны из двух слоёв пластика – PPV и CN-PPV (рис. 4).

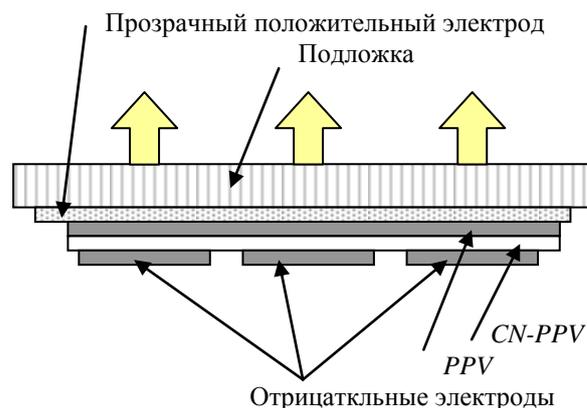


Рис. 4. Конструкция LEP-дисплея

Достоинства LEP-дисплеев:

- Дисплей работает при низком напряжении питания (менее 3В);
- Угол обзора достигает 180 градусов;
- Не требует подсветки;
- Гибкий дисплей.

Недостатки:

- Низкая эффективность излучения света (от 0,01% до 5% при излучении жёлтого света);
- Узкий диапазон цветов. В последние годы его границы удалось расширить от синего до ближнего инфракрасного (при этом его эффективность составляет около 1%);
- Полимерный экран нуждается в герметизации, чтобы избежать расслоения под действием водяных паров;
- Низкий срок службы LEP-дисплеев (около 7000 часов) из-за обесцвечивания пластика под действием УФ-лучей.

6. Дисплей с электронными чернилами (EPD)

Технология электронной бумаги (EPD — *Electronic paper display*) использует технологию, при которой экран не излучает свет, а отражает его [6]. Базовыми элементами таких дисплеев являются микрокапсулы, диаметр которых не превышает толщину человеческого волоса. Внутри каждой капсулы находится большое количество пигментных частиц (диаметр частицы не превышает 1-5 мкм) двух цветов: положительно заряженные белые и отрицательно заряженные чёрные (заряд наносится с помощью специального заряженного полимера), а всё внутреннее пространство капсулы заполнено прозрачной жидкостью. Слой капсул расположен

между двумя рядами электродов (сверху — прозрачных, снизу — непрозрачных), образующих координатную сетку (рис. 5). Когда некоторому тыльному участку активной области экрана придаётся положительный электрический заряд, во всех микрокапсулах на этом участке чёрные частицы перемещаются в «нижнюю» часть капсулы, а белые частицы в «верхнюю» часть, образуя пикселя белого цвета.

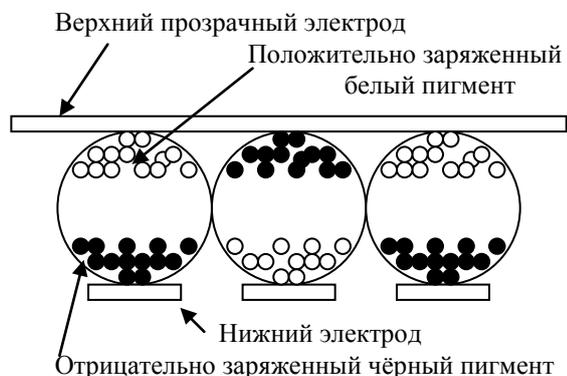


Рис. 5. Принцип действия «электронных чернил»

Одно из технических преимуществ электронной бумаги состоит в том, что «чернила» являются бистабильными, то есть полученный элементом заряд сохраняется без подпитки, следовательно, обеспечивается большее время автономной работы. При этом не тратится энергия на подсветку, так как дисплей работает по принципу отражения света из внешней среды. Последнее можно отнести и к недостаткам из-за невозможности работы в тёмное время суток. Но, главный недостаток дисплеев с электронными чернилами в том, что они имеют очень большое (порядка 200 мс) время обновления по сравнению с другими дисплеями.

7. Заключение

Таким образом, проведённый анализ наиболее перспективных технологий дисплеев показал, что для применения в модуле индикации мобильного робота подойдут следующие дисплеи:

- Для максимальной экономии энергии, в условиях освещённой окружающей обстановки лучше всего использовать дисплеи на основе

электронных чернил (*EPD*) и светоизлучающих пластиков (*LEP*).

- В условиях недостаточного освещения рабочей зоны коллектива роботов предпочтительнее использовать дисплеи на основе органических светодиодов (*OLED*), при условии, что модуль индикации будет требовать периодической (каждые 2-3 года) замены дисплея по мере выцветания.

Благодарности

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

Список используемых источников

1. Алексеев А.Ю. «Оптический канал беспроводной передачи данных коллектива мобильных роботов» // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/115-11922> (дата обращения: 30.01.2014).
2. Алфимцев А.Н., Леванов А.А. «Алгоритмы интерактивной расширенной реальности» // *Наука и образование*. – 2011. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/216424.html> (дата обращения 02.10.2014)
3. Russ Adams. “Specifications For Popular 2D Bar Codes”. URL: <http://www.adams1.com/stack.html> (дата обращения 03.09.2013).
4. Самарин А.В. «Жидкокристаллические дисплеи. Схемотехника, конструкция и применение» / М.: СОЛОН-Р, 2002. 304 с. – (Серия «Библиотека инженера»)
5. Касаткин С.А. «Органические светоизлучающие устройства» / Ростов-на-Дону, 2003.
6. “Ink Technology”. URL: <http://www.eink.com/technology.html> (дата обращения 02.10.2014).