

Слайд 1.

Слайд 2.

Тут просто читаю с экрана.

Слайд 3.

Всего два манипулятора: Cafe X в Сан-Франциско и Henna Cafe Токио.

Оба - баристы. Неочевидно их экономическое преимущество по сравнению с вендинговыми автоматами.

Слайд 4.

Нет оптимальной конструкции для данной задачи. Можно показать, что манипулятор на рельсе справится эффективнее, чем робот с полноценной подвижной платформой.

Поскольку манипуляторов на рельсе не существует, а добавить его к системе задача тривиальная, выбирается неподвижная конструкция, способная покрыть небольшую область действия. Кроме того важным параметром при выборе является коллаборативность робота - безопасность для человека.

Слайд 5.

Здесь представлена кинематическая схема робота.

Слайд 6.

Задача прямой кинематики.

Аффинные преобразования однородных координатах.

Положение - вектор.

Ориентация - кватернион.

Слайд 7.

Были рассмотрены следующие методы решения обратной кинематики. С аналитическим решением все понятно. Якобиан - связывает скорости в обобщенных координатах и в рабочем пространстве. Отсюда можно получить итеративный способ решения.

Слайд 8.

Переходим к алгоритмам поиска путей.

PRM заполняет пространство поиска случайной выборкой, соединяет вершины, между которыми существует беспрепятственный путь. Далее применяются классические алгоритмы поиска на графе.

Преимущества - возможность повторного использования.

Недостатки - если путь существует, но нам не повезло, то мы его никогда не найдем.

Экспоненциальный рост карты в ростом числа измерений в пространстве происка.

Слайд 9.

Пространство разбивается на сетку. Для поиска пути применяются алгоритмы поиска пути на графах.

Преимущества: путь будет найден, если таковой существует. Возможность повторного использования.

Недостатки: экспоненциальный рост карты с ростом числа измерений в пространстве поиска. Сам размер карты очень большой из-за более точного разбиения.

Слайд 10.

Строит два Rapidly Exploring Random Trees, на каждой итерации пытается их соединить. По сути это просто деревья состоящие из случайных вершин: на каждой итерации к ближайшему соседу в дереве добавляется случайная вершина на фиксированном расстоянии. Хитрость здесь в удобной структуре данных для поиска ближайшего соседа.

Слайд 11.

Полученный с планировщика путь интерполируется полиномами третьей степени, что обеспечивает гладкость функций положения и ускорения, а также непрерывность функции ускорения. Чтобы удовлетворить наложенным ограничениям на скорости, ускорения и рывок используется параметризации траектории.

Слайд 12.

На этом слайде представлена система управления.

Для задачи решения обратной кинематики был выбран Damped least-squares inverse. Из-за универсальности, поскольку оптимальность конструкции все еще под вопросом.

Для задачи планирования пути был выбран RRTConnect. Потому что согласно доверительным источникам, он и его модификации обладают наилучшей эффективностью в планировании путей для манипуляторов.

Также здесь есть оптимизация пути, поскольку RRTConnect генерирует неоптимальный путь и очень часто его можно упростить.

Траектории представляются сплайнами третьей степени, поскольку непрерывности в функции ускорения и возможности ограничить ее максимальное значения будет достаточно для того, чтобы не перевернуть ничего при переносе.

Слайд 13.

Дабы исключить необходимость реализации системы компьютерного зрения и построения карт, было решено стандартизировать элементы помещения, с которыми будет взаимодействовать робот. А также разработать алгоритм построения карт помещений и карт объектов столкновений в автоматическом режиме. На слайде вы видите пример построенной карты.

Слайд 14.

На этом слайде представлено изображение автоматически сгенерированного пространства с препятствиями, в котором собственно и происходит планирование пути. Поскольку пространство под столом и в ячейках роботом используется в крайне редких случаях, было решено упростить представление объектов до простых примитивов. Так проверка на столкновения происходит быстрее.

Слайд 15.

Итак, что было сделано.

Слайд 16.

Спасибо. Демонстрация. Сначала робот передвигается в домашнее положение. Затем двигается к ячейке, откуда должен взять составляющую заказа. Затем двигается к столу, чтобы поставить. Обратите внимание, что при движении от ячейки к столу, ориентация рабочего элемента фиксирована в плоскости XY.