**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

|  |  |
| --- | --- |
| Научный руководитель  к.т.н., доц. | Попов А. М. |
| Студент группы И9М31 | Масленников В. М. |

г. Санкт-Петербург

2017 г.

**РЕФЕРАТ**

Отчет о научно-исследовательской работе содержит: 16 страниц, 2 иллюстрации, 5 использованных источников.

СИНХРОНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ, МНОГОАГЕНТНЫЙ, ОБЗОР, АНАЛИЗ, ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, МЕТОДИКА.

Целью работы являются: постановка целей и задач диссертационного исследования; определение объекта и предмета исследования; обоснование актуальности выбранной темы и характеристика современного состояния изучаемой проблемы; подбор и изучение основных литературных источников, которые будут использованы в качестве теоретической базы исследования; описание современных концепций используемых при решении тематических задач.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ3

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ4

2. СОСТАВ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ5

3. ОБЗОР МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ6

3.1. Понятие синхронизации6

3.2. Цели управления синхронизацией 7

3.3. Пример определения задачи синхронизации10

3.4. Ошибки синхронизации11

4. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ13

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ14

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ15

**ВВЕДЕНИЕ**

Стремительное развитие сенсорных, вычислительных и коммуникационных технологий привело к появлению автономных устройств, функционирующих индивидуально в различных условиях и средах. Теории, заложенные в основу работы этих устройств, служат основой для дальнейших открытий и разработок в частности в области многоагентных систем. Такие системы помогают выполнить задачи, которые не могут быть решены индивидуально (одним агентом, действующим в одиночку).

Существует множество примеров многоагентных систем: взаимодействие нескольких роботов, решающих одну задачу, многоосевое числовое программное управление (например, в станках с ЧПУ), управление роем миниатюрных робототехнических устройств. Высокий уровень надежности и производительности при выполнении операций может быть достигнут, если несколько агентов наделены возможностью коммуникации и синхронизации друг с другом. Используя концепцию перекрестной связи, создаются системы управления синхронизацией движения. В них каждый агент выполняет собственную индивидуальную задачу, одновременно синхронизируя движение с остальными узлами системы таким образом, чтобы удовлетворить поставленным задачей ограничениям и особенностям кинематики движения. Управление синхронизацией в многоагентной системе позволяет ее узлам работать как единое целое. Одним из важных свойств многоагентной системы является ее масштабируемость, способность работать со сколь угодно большим количеством узлов. Имея высокий уровень организации, многоагентные системы обладают высокой надежностью.

Целью данной научно-исследовательской работы является обзор современных методик управления многоагентными системами, выбор необходимой литературы для дальнейшего изучения и использования полученных знаний в диссертационном исследовании.

1. **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Целью магистерской работы является исследование поведения многоагентной системы, состоящей из пары 3-х осевых роботов манипуляторов, при использовании синхронного, параллельного управления.

В соответствии с целью исследования в работе решаются следующие задачи:

* анализ современных методик синтеза многоагентных систем, формирование их сравнительных характеристик, выявление особенностей и различий в каждой из них, причин этих различий;
* проверка точности современных методов управления в области многоагентных систем, а также обозначение основных проблем и способов их решения, при синтезе системы управления;
* составление модели собственной многоагентной системы, ее испытание и установление правильности и полноты теории, дополнение отсутствующими в теории особенностями;

Объектом исследования является процесс управления многоагентной системой – совокупностью взаимодействующих интеллектуальных узлов, используемой в задачах, в которых поиск решения невозможен с помощью монолитной системы или одного агента. Предмет исследования – особенности поведения многоагентной системы в результате воздействия на нее системы управления. Анализ результатов управления при использовании оптимальной для решения поставленной задачи методики управления.

1. **СОСТАВ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

В первой главе дано подробное описание современных методов управления. Анализируются особенности их применения, качественные характеристики, свойства систем управления, способы синтеза и круг решаемых той или иной системой управления, задач. Приводится сравнение способов управления, выявляются причины их различий. Объясняется причина выбора определенного в процессе анализа, способа синтеза системы.

На основе анализа из первой главы, вторая глава описывает методику синтеза собственной системы управления многоагентной системой. Формулируются исходные данные, приводится математический расчет элементов и связей системы управления. Подробно описываются решения, применяемые в процессе проектирования системы. Приводятся характеристики разработанной системы управления.

В третьей главе описывается порядок проведения эксперимента и процесса моделирования системы управления совместно с управляемым объектом. Даются выводы о качестве управления синтезированной системы. Измеряются ее реальные характеристики. Производится сравнение полученных результатов с теоретическими расчетами, анализируется возможность практического применения системы и полезность проведенного исследования.

В заключении резюмируются основные результаты работы и указываются некоторые возможные направления будущих исследований, применительно к управлению многоагентными системами.

1. **ОБЗОР МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ**

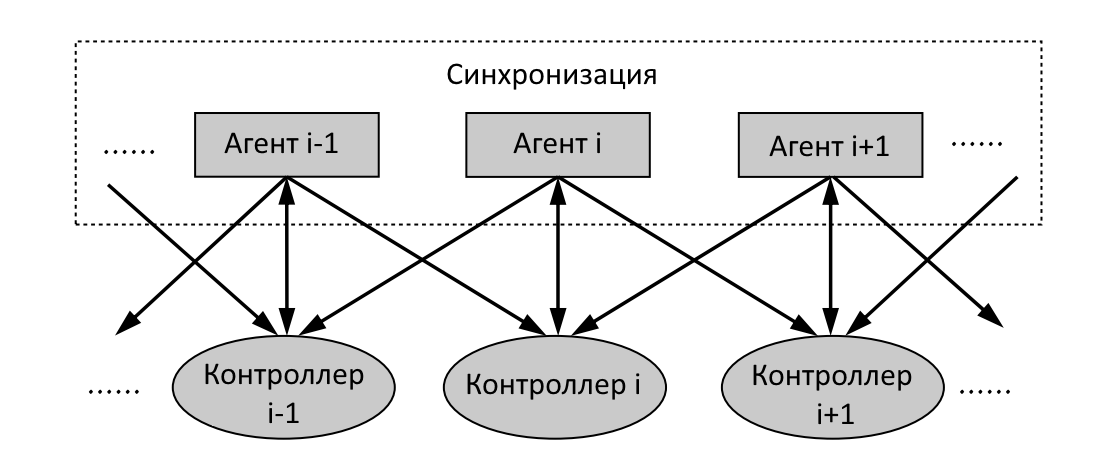
В настоящее время исследование многоагентных систем и способов управления ими, стало популярной областью науки. Управление многоагентными системами несет в себе массу сложных задач и проблем, связанных с необходимостью обеспечить взаимодействие между агентами таким образом, чтобы суммарная ошибка системы стремилась к нулю (проблема обеспечения синхронизации).

* 1. **Понятие синхронизации**

Синхронизация – это процесс приведения к одному значению одного или нескольких разных объектов. Синхронизация необходима для согласования обработки событий происходящих в системе, состоящей из множества агентов. Синхронизация помогает решить следующие проблемы:

* безопасность: многоагентные системы требуют обеспечить координацию агентов без возникновения конфликтов между агентами;
* точность: точность работы каждого агента зависит от актуальности информации полученной от других агентов; синхронизация играет важную роль при обеспечении точности работы системы;
* эффективность: синхронизация обеспечивает координацию между агентами, выполняющими специфические функции, что позволяет каждому агенту работать наиболее эффективно;
* коммуникация: при взаимодействии агентов, необходимо обеспечить правила и порядок общения;

В большинстве традиционных методов управления движением в многоагентных системах, контур управления каждым агентом получает сигнал обратной связи только от одного агента, без учета влияния остальных агентов. В результате, возникающая ошибка управления одним агентом, не может быть нивелирована остальными агентами. Это ухудшает эффективность координации и управления агентами. В качестве решения этой проблемы, была предложена концепция управления используя перекрестные связи. В результате контур управления получает сигнал ошибки не только от того непосредственно управляемого агента, но и от его «соседей». Рисунок 1 иллюстрирует архитектуру многоагентной системы, которая реализует концепцию перекрестной связи.



*Рисунок 1. Схема многоагентной системы, реализующая концепцию перекрестной связи.*

Концепция перекрестной связи облегчает поиск решения проблемы синхронного управления.

* 1. **Цели управления синхронизацией**

Управление синхронизацией направлено на обеспечение координцации движения всех агентов, а значит, агенты должны поддерживать определенные кинематические отношения и связи. Управление множеством агентов, с соблюдением требуемых кинематических отношений может быть представлено как набор позиций (состояний) вдоль некоторой траектории движения. Пусть один из таких наборов, где – вектор состояний, – время. Ограничение параметризуется кривой, обозначаемой .

Пусть – обобщенная координата состояния и – желаемое значение этой координаты для -го агента. Тогда ошибку состояния -го агента можно представить как:

(1)

Задача управления - свести состояние каждого агента к желаемому состоянию , то есть чтобы при и движении агента по такой траектории чтобы . Первое условие представляет собой традиционную задачу управления движением отельного агента. Второе условие представляет собой задачу управления синхронизацией, решение которой позволяет согласовывать движение множества агентов с соблюдением требуемых кинематических отношений. Оба условия должны выполняться одновременно.

Чтобы выполнить второе условие, все агенты должны подвергаться общему ограничению, представленному как . Для разных задач синхронизации, встречаются разные конкретные формулировки этого ограничения. Необходимо найти общий характер ограничения, который смог бы объединить все формулировки в одном выражении.

Координату можно представить как:

(2)

где – матрица ограничений, сформулированная на основе желаемого предела и зависящая от характеристик -го агента; – общий вектор для всех агентов; – смещение -го агента;

Все агенты могут быть связаны с помощью общего вектора , при этом должно иметься линейное отображение из в . Чтобы обеспечить единственное линейное отображение из в должна существовать обратная матрица . То есть приводятся следующие допущения:

1. Желаемое ограничение сформулировано таким образом, чтобы существоваа обратная матрица . То есть из (2):

(3)

Уравнение (3) создает связь между координатой и общим для всех агентов вектором . Применительно ко всем агентам, получим:

(4)

Уравнение (4) показывает, что с помощью общего вектора , между всеми агентами может быть установлена взаимосвязь. Уравнение (4) справедливо и для желаемой, искомой координаты:

(5)

Вычитая (4) из (5) и подставив (1) получим:

(6)

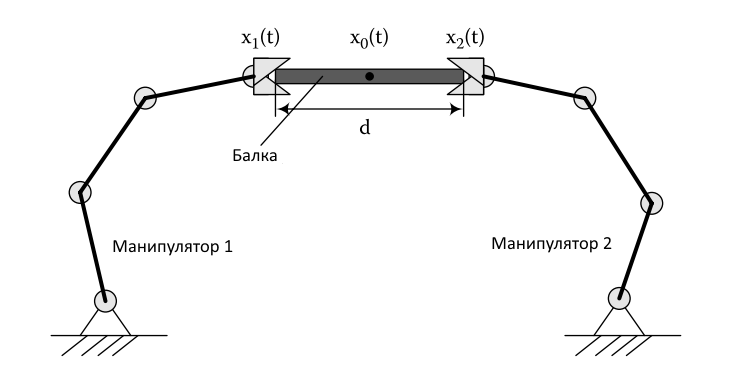
Обозначив как параметр связи -го агента, получим:

(7)

Уравнение (7) связывает ошибки положения всех агентов и поиск его решения является основной задачей управления синхронизацией.

* 1. **Пример определения задачи синхронизации**

Рассмотрим систему из двух манипуляторов, перемещающих жесткую балку (рисунок 2).



*Рисунок 2. Два манипулятора, перемещающие жесткую балку.*

Необходимо перемещать балку по заданной траектории таким образом, чтобы не деформировать балку или механизмы манипуляторов. На координаты и накладываются следующие ограничения:

где – координата геометрического центра перемещаемой балки, – расстояние между концами балки (длина). Определим ограничения в виде уравнения (2):

где – единичная матрица. Обозначив . Соответствующая задача синхронизации будет иметь вид:

* 1. **Ошибки синхронизации**

После определения задачи синхронизации, необходимо создать контроллер, решающий эту задачу. Возникает вопрос, как измерить степень синхронизации агентов. Необходимо найти критерий оценки качества синхронизации. Например, в литературе по управлению с помощью концепции перекрестных связей, ошибка скорости перемещения по двум осям, обозначаемая стремится к нулю, где – скорость по -й оси. В другом случае, ошибка кругового смещения двух ведущих колес робота, обозначаемая как , стремится к нулю, где и смещения левого и правого колеса робота, а и поправочные коэффициенты.

Таким образом, движение множества агентов может быть синхронизировано посредством взаимного перекрестного управления ошибкой между отдельными агентами.

Таким образом, ошибка синхронизации для конкретной задачи может быть сформулирована исходя из следующих правил:

1. Ошибка синхронизации должна формулироваться на основании уравнения (7).
2. Идея определения ошибки как разности состояний, при управлении методом перекрестных связей, может быть применена при формулировании ошибки синхронизации.
3. Определение ошибки синхронизации не должно зависеть от количества агентов в системе.
4. Определение ошибки синхронизации должно включать в себя все возможные состояния агентов, в том числе факторы ограничивающие возможности синхронизации.
5. **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

При написании данной работы были использованы зарубежная научная и учебно-методическая литература, научные статьи. Основным источником информации, раскрывающим современные методики управления многоагентными системами, в частности управление, основанное на концепции перекрестных связей, является работа «Synchronization and Control of Multiagent Systems», автор Dong Sun. Подробное описание концепции управления с помощью перекрестных свзяей дается в статье «Cross-Coupling Motion Controller for Mobile Robots» авторами которой являются L. Feng, Y. Koren, J. Bornstein. Идеи и методы построения многоагентных систем, а также возможности их применения приведены в работе «Multiagent Systems», авторами которой являются Yoav Shoham и Kevin Leyton-Brown. Попытки привести и объединить в одно целое идеи и методы построения многоагентных систем даются в статье «Multi-robot Cooperation : Architectures and Paradigms» под авторством Rachid Alami.

Кроме того рассмотрена некоторая русскоязычная литература. В частности работа В.М. Лохина, С.В. Манько, М.П. Романова, С.А-К. Диане «Перспективы применения, принципы построения и проблемы разработки мультиагентных робототехнических систем», в которой рассматриваются перспективы применения многоагентных робототехнических систем различных типов и назначения.

1. **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате научно-исследовательской работы были получены необходимые теоретические сведения об области применения многоагентных систем, истории развития управления многоагентными системами. Были выделены основных концепции и идеи, применяющиеся при проектировании многоагентных систем и способы управления ими. Сформулированы цели и задачи будущего диссертационного исследования. Кратко описана структура исследования. Дано пояснение актуальности выбранной тематики исследования. Задачи поставленные в данной научно-исследовательской работе решены в полном объеме.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Dong S. *Synchronization and control of multiagent systems.* New York, CRC Press, 2011.
2. Yoav S., Kevin L-B. *Multiagent systems: algorithmic, game-theoretic, and logical foundations.* New York, Shoham and Leyton-Brown, 2010. 532p.
3. L. Feng., Y. Koren., J. Borenstein. Cross-coupling motion controller for mobile robots, 1993.
4. Rachid ALAMI. Multi-robot cooperation: architectures and paradigms, 2009.