



МОНИТОРИНГ И МУЛЬТИАГЕНТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Граничин О.Н., Кияев В.И.

*Санкт-Петербургский государственный университет
Научно-исследовательский институт информационных технологий СПбГУ
Учебно-исследовательская лаборатория СПРИНТ (СПбГУ-Intel)*

Общее положение и текущий момент

К концу XX и в начале XXI века существенно возросло количество объектов высокого технического и/или экологического уровня опасности, требующих *постоянного и эффективного мониторинга*:

- ❖ гидро- и атомные электростанции
- ❖ крупные производственные комплексы, протяженные ЛЭП
- ❖ морские добывающие платформы и нефтегазотранспортные сети
- ❖ объекты оборонного комплекса страны
- ❖ районы вечной мерзлоты, русла крупных рек, берега озёр и шельфы морей и т. д.



Содержание мониторинга

Мониторинг – систематический сбор, обработка и первичный анализ информации, которая может быть использована:

- ❖ для отслеживания и автоматической корректировки нештатных ситуаций
- ❖ для информирования ответственных и заинтересованных лиц о возникающих коллизиях
- ❖ для реализации процесса принятия эффективного решения
- ❖ как необходимый инструмент обратной связи в ходе осуществления проектов, оценки программ или выработки политики.



Мониторинг включает ряд организационных функций и процессов:

- ❖ отслеживает технические и экологические отношения объектов наблюдения со своим окружением
- ❖ обеспечивая обратную связь с целью управления определенной политики или программы
- ❖ выявляет состояние критических или находящихся в состоянии изменения явлений окружающей среды, в отношении которых необходимо срочно вырабатывать корректирующие воздействия или формировать комплекс превентивных действий на будущее
- ❖ устанавливает соответствия политикам, правилам и контрактным обязательствам.



Необходимость мониторинга

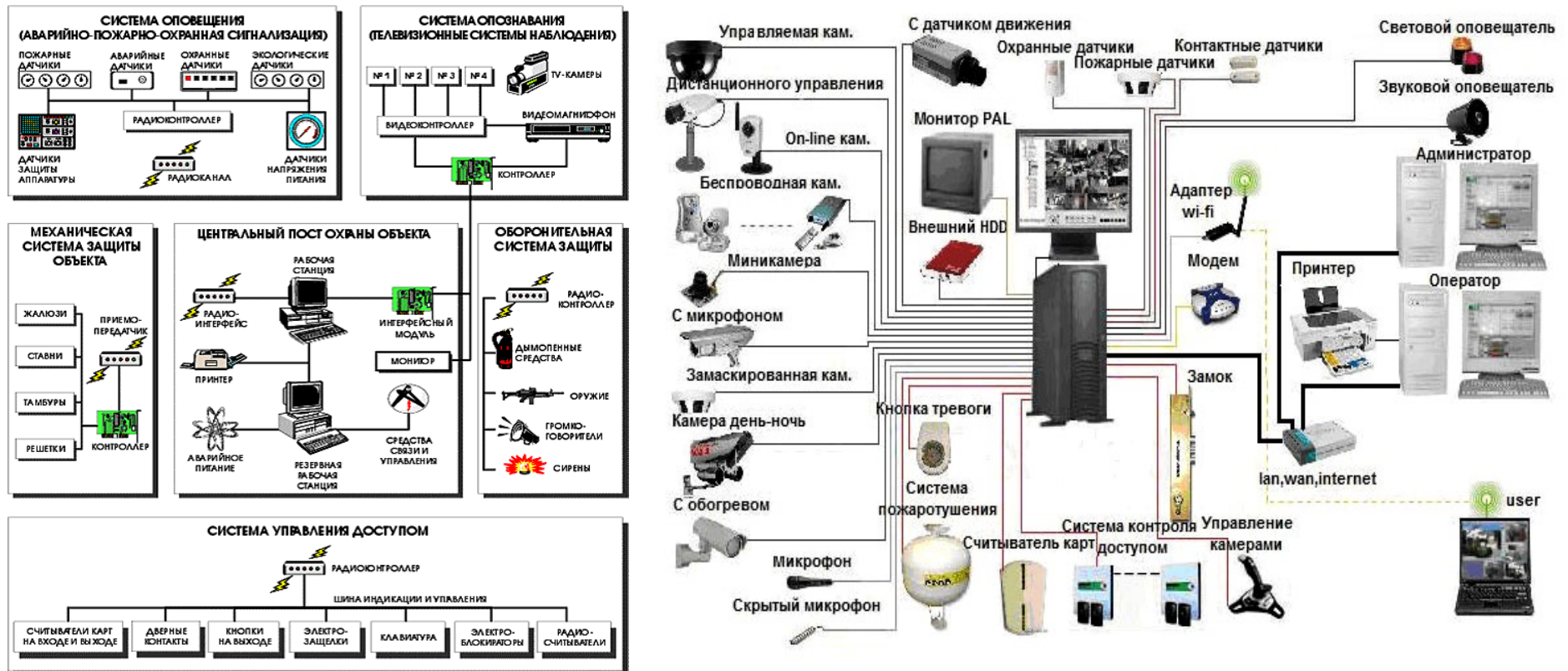
Мониторинг критически важных и опасных объектов – процесс визуального или автоматизированного непрерывного наблюдения за отдельными параметрами технически сложных или протяженных объектов и систем.



- ❖ Цель – предупреждение чрезвычайных ситуаций и опасных повреждений или разрушений объектов
- ❖ В процессе мониторинга отслеживаются технические и технологические деформации объекта, отдельных его элементов и инфраструктуры
- ❖ Это позволяет оперативно информировать экстренные службы о возможном ЧП, предотвратить наступление негативного события или существенно уменьшить риски.

Методы и инструменты мониторинга

Текущий мониторинг критически важных опасных объектов и инфраструктуры осуществляется с помощью оптических, лазерных, геофизических и спутниковых методов и инструментов на базе автоматизированных систем управления.



Проблемы управления, мониторинга и обеспечения безопасности

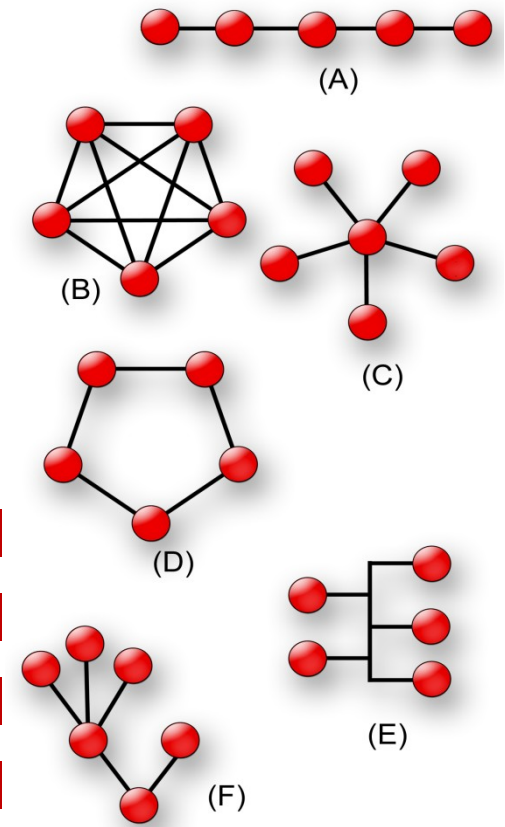
- ❖ Необходимость сбора и анализа огромного количества текущей информации о состоянии различных объектов и инфраструктуры *в условиях неопределенности*.
- ❖ Время сбора и первичной обработки данных со стационарных датчиков и управляющих станций и доставки их в обрабатывающие центры *становится критичным*.
- ❖ Чаще всего фактический мониторинг определяется не условиями оптимальности, а *реальными условиями размещения датчиков и жесткими сценариями функционирования*.
- ❖ Локальные управляющие сети построены, как правило, по схеме РМР (Point to Multipoint), что предусматривает наличие центральной станции и управляемых объектов с *однаправленным потоком управления* и обратной связью.

Проблемы управления, мониторинга и обеспечения безопасности

- ❖ Подобная система управления описывается плоским графом в одной из конфигураций: «звезда», «кольцо», «дерево» и т. д.

Нетрудно показать, что в таком случае выход из строя одного узла или одной локальной связи может привести к отказу функционирования всей транспортной сети.

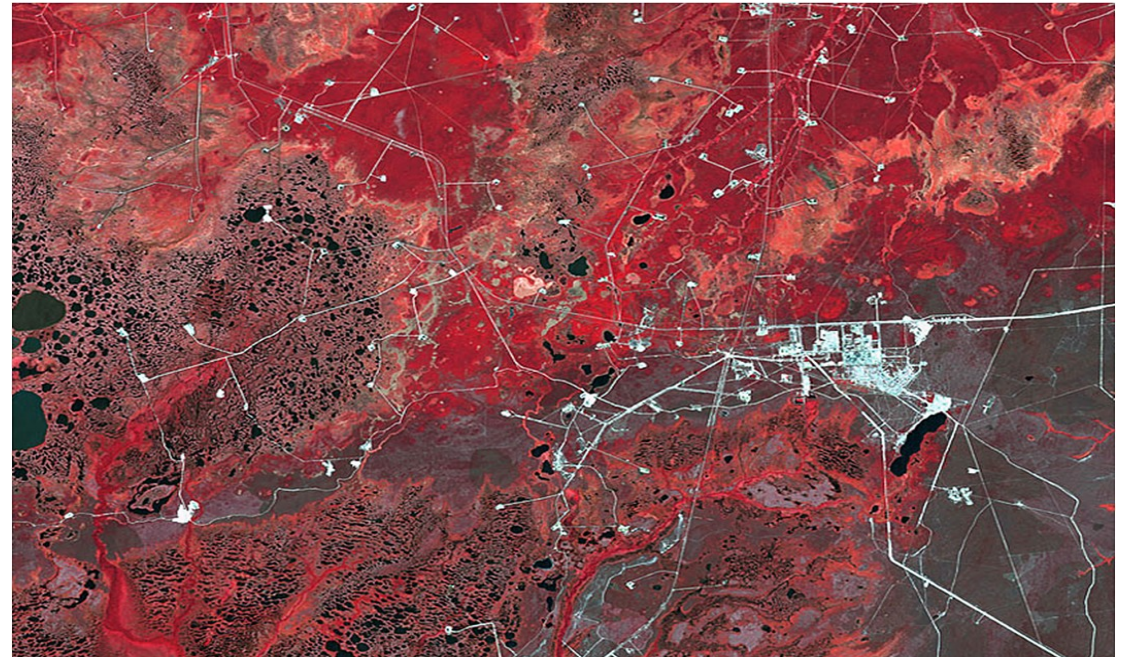
Организация эффективного мониторинга с обработкой и анализом данных в режиме реального времени с использованием «классических» схем управления часто не отвечает задачам развития таких сетей.



Проблемы управления, мониторинга и обеспечения безопасности

Пример: спутниковое изображение участков нефтегазотранспортной сети (НГТС)

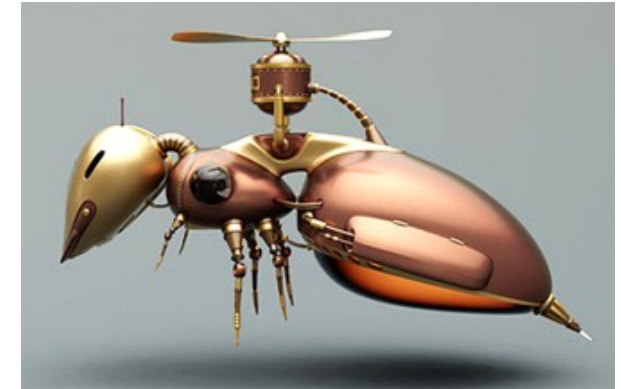
Не решает многих проблем текущего мониторинга и безопасности



Затраты на обеспечение оперативного мониторинга и комплексной безопасности НГТС становятся сравнимыми с затратами на их развитие!

Возможные пути решения

В настоящее время активно развиваются методы формирования и построения сложных адаптивных управляющих систем на базе мультиагентных методов и технологий (МАУ) с элементами искусственного интеллекта.

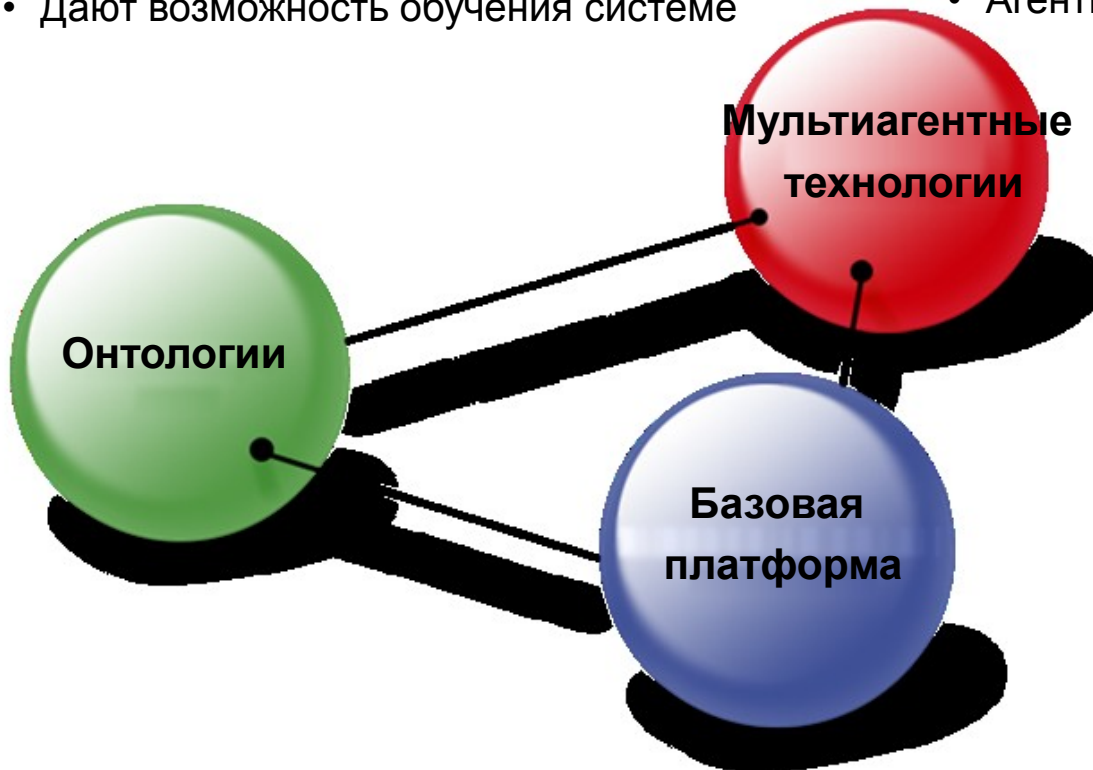


Такие системы часто применяются для управления ансамблями (роями, swarms) динамических объектов, выполняющих общую задачу или задачу с разделяющимися целями в условиях неопределенности.

Системы сбора информации чаще всего строятся на дешевых датчиках, которые можно изготавливать в больших количествах и устанавливать в труднодоступных местах, механизмах и узлах.

Преимущества решения на базе МАУ

- Основаны на семантическом Web
- Знания отделены от кода
- Позволяют описать концепты и отношения
- Дают возможность описывать ситуации
- Дают возможность обучения системе
- Базовые конструкции агентов
- Система диспетчеризации агентов
- Агенты формируют сети
- В переговорах используются механизмы рынка
- Управляемы событиями в реальном времени
- Агенты проактивны



- Основана на Java и .Net
- Масштабируемость
- Надежность
- Устойчивость
- Конфиденциальность
- Визуализация
- Web-интерфейс

Преимущества решения на базе МАУ

Задачи группового управления (динамическими ансамблями, роями, формациями,) в таком случае сводятся к задачам частичной координатной синхронизации с помощью *метода виртуального лидера*:

- ❖ выделяется характерная точка в множестве состояний агентов (центр, лидер, центр тяжести) и желательным поведением является заданное поведение центра при условии ограниченности отклонений от него состояний всех агентов
- ❖ достижение консенсуса или согласования характеристик достигается при условии, в котором каждый агент стремится уменьшить отклонение своей целевой переменной от соответствующих переменных своих соседей.

МАУ для планирования задач в программно-конфигурируемых сетях (ПКС)

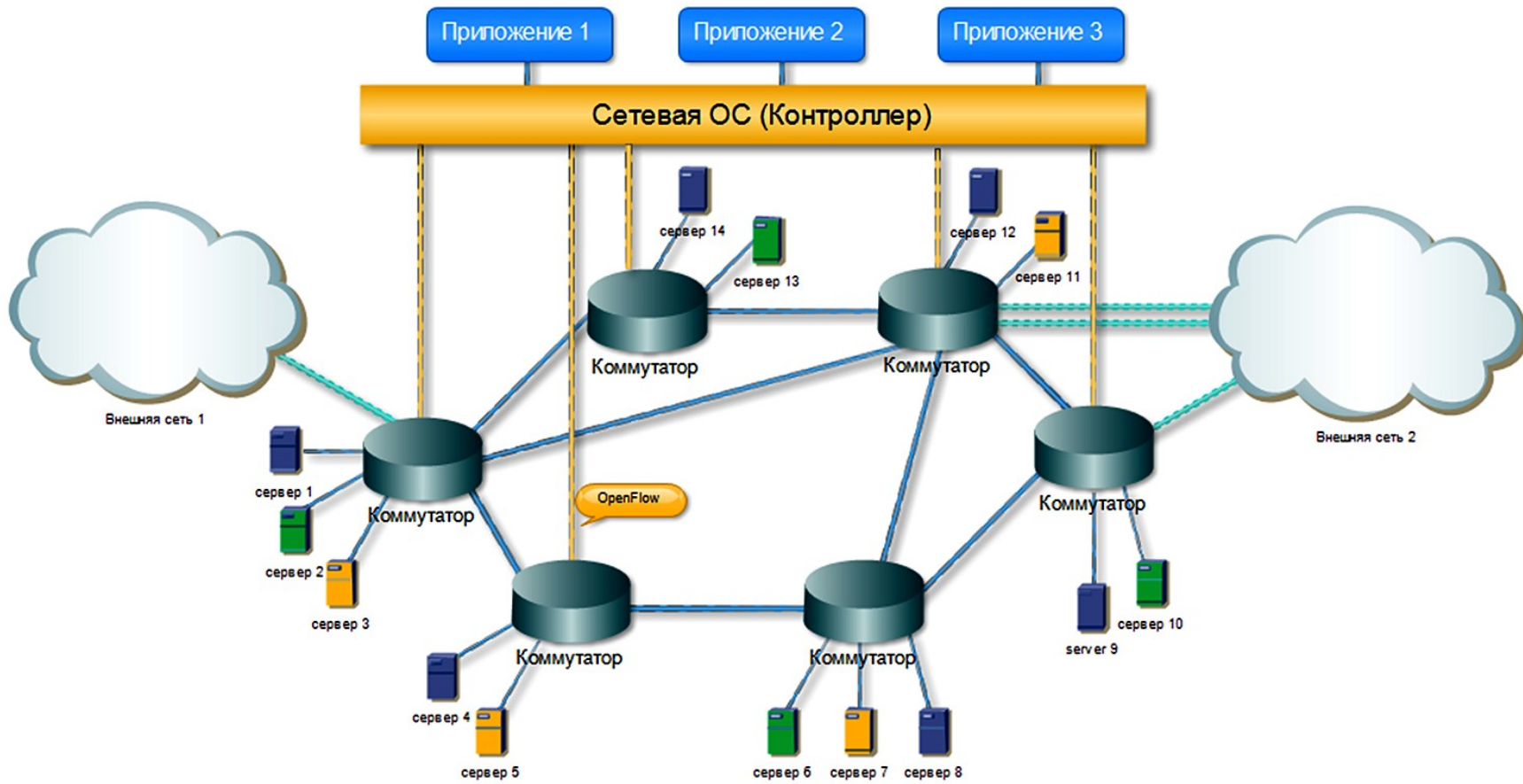
Система предназначена для моделирования распределения и выполнения задач на вычислительных ресурсах с учетом динамических характеристик и топологии сети.

Преимущества предлагаемого мультиагентного подхода:

- ❖ онтологическое описание сцены мира вычислительных ресурсов, задач и конфигурации сети позволяет вводить новые сущности ПКС и задавать их характеристики без значительных затрат на перепрограммирование
- ❖ динамическое управление состоянием всех объектов сцены мира ПКС с помощью сценариев (скриптов)
- ❖ изменения в топологии сети могут производиться в режиме реального времени

- ❖ динамическое планирование задач на серверы (управляющие центры) в мультиагентной системе, обеспечиваемая постоянной проактивностью задач и ресурсов
- ❖ самоорганизация, основанная на стремлении агентов к максимизации «виртуальной прибыли» в актах взаимодействий путем обмена сообщениями
- ❖ локальная оптимальность и непротиворечивость текущего расписания
- ❖ локальная оптимальность путей маршрутизации пакетов и очередей задач в программно-конфигурируемой сети (ПКС)
- ❖ учет изменений в сетевом окружении и в статистических характеристиках потоков задач в реальном времени (адаптивность) не приводит к полному перерасчету расписаний, что уменьшает вычислительные затраты системы моделирования
- ❖ динамическое перераспределение трафика с учетом загруженности каналов
- ❖ простота логики взаимодействия агентов на основе максимизации «виртуальной прибыли».

Программно-конфигурируемая сеть (ПКС)



Реализация МАУ для мониторинга и управления

Система может быть реализована *как открытая многоцелевая программно-аппаратная платформа*, на базе которой разрабатываются устройства, встраиваемые в робототехнические комплексы, различные по типу, размеру и переносимому оборудованию.

Представляет собой высокопроизводительный мини-компьютер со специализированной ОС реального времени, на базе которой функционирует система управления ресурсами и поддержки различных головных устройств, средств связи, датчиков, исполнительных механизмов.

Предназначена для реализации заданной функциональности головного устройства робототехнического комплекса без изменения уже настроенного и работающего программного обеспечения в этом комплексе, и сохранением надежности его работы.

Реализация МАУ для мониторинга и управления

Основные функции разрабатываемой платформы:

- ❖ адаптация к конструкции робота, системе его управления и заданному алгоритму работы с возможностью перенастройки алгоритма
- ❖ взаимодействие с головным устройством робота для организации автономной работы без перенастройки алгоритма
- ❖ организация адаптивного взаимодействия между роботами (агентами) при постановке выполнения коллективной задачи без наличия базовой станции управления.

В случае необходимости основные функции могут быть расширены.

Исполнительные элементы

В качестве исполнительных элементов таких систем используются робототехнические устройства различного назначения, которые могут действовать одновременно группами в трех средах:

- ❖ на земле (стационарные, колесные и гусеничные устройства – БП СКГУ)
- ❖ под водой, в потоке нефти или газа (миниатюрные беспилотные подводные лодки – БП ПЛ)
- ❖ в воздухе (беспилотные летательные аппараты – БП ЛА).



Преимущества систем на базе МАУ

Робототехнические устройства могут эффективно осуществлять *оперативный мониторинга состояния* НГТС, плавучих буровых и добывающих платформ, исследовать береговые линии и шельфы крупных рек и озер, морей и океанов.



В таких системах, функционирующих на базе МАУ, можно обходиться *без выделенной управляющей станции*, так как роль такой станции может выполнять один из агентов мультиагентного роя, выбранный на основе консенсуса.

Выход из строя мультиагентного «лидера» не приводит к отказу всей системы, и оставшиеся агенты *на основе нового консенсуса* с учетом изменившихся условий формируют новый управляющий центр.

Возможности использования МАУ

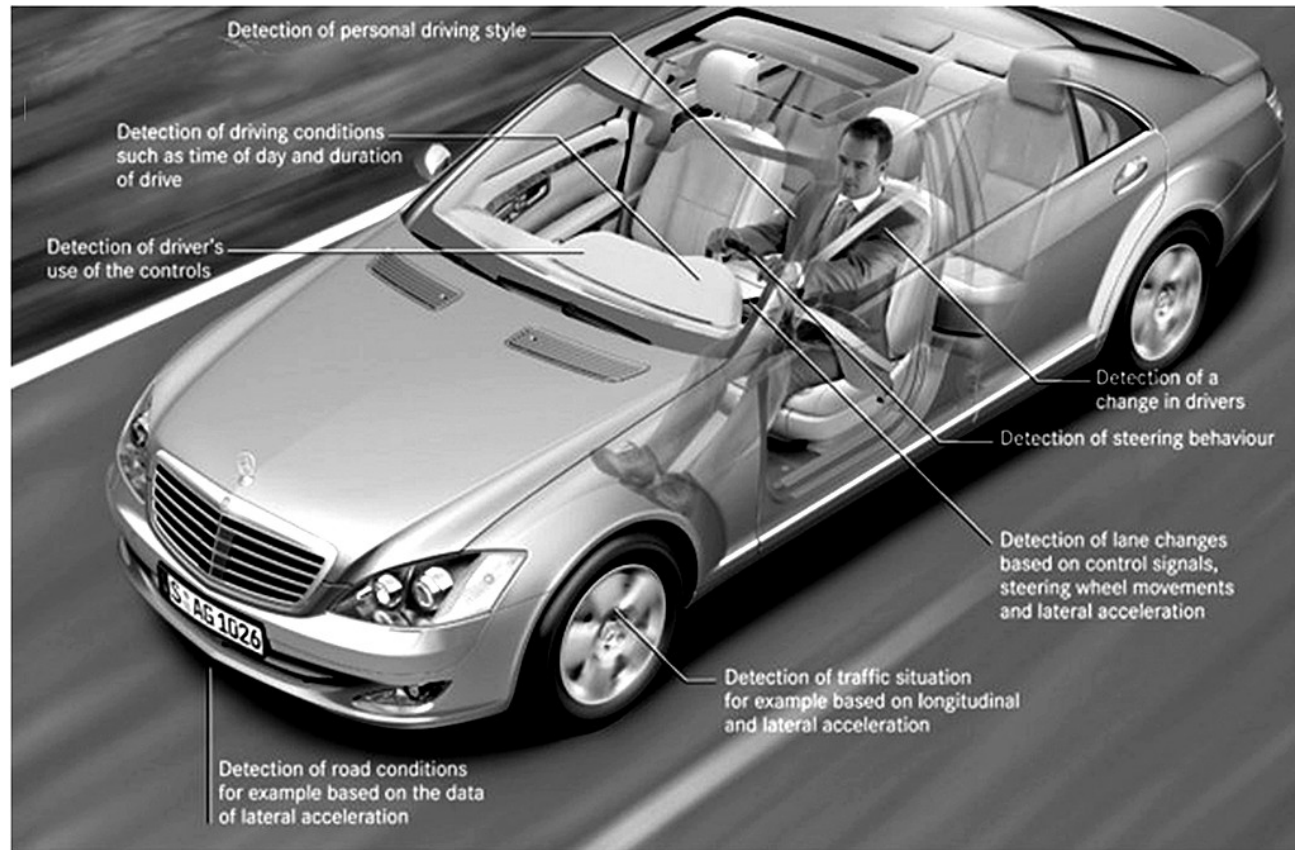
Робототехнические устройства:

- ❖ собирают и накапливают данные, обмениваются (метеоданные, информация о состоянии наблюдаемого объекта, общая информация для решения поставленных задач)
- ❖ могут иметь разное оснащение (фото- и видеокамеры, сканеры, датчики, принимающие и передающие устройства, микрокомпьютеры и т. д.)
- ❖ общаются с базовой станцией или со «старшим» партнером в группе, выбранным на базе консенсуса, для коррекции пути решения поставленной задачи.

Реализация распределенных стратегий для коллективного решения задач группой (роем) позволяет обеспечить:

- ❖ гарантии выполнения задачи
- ❖ выигрыш по времени и увеличение надёжности системы,
- ❖ эффективное решение задач в условиях неопределенности.

Пример использования МАУ на датчиках

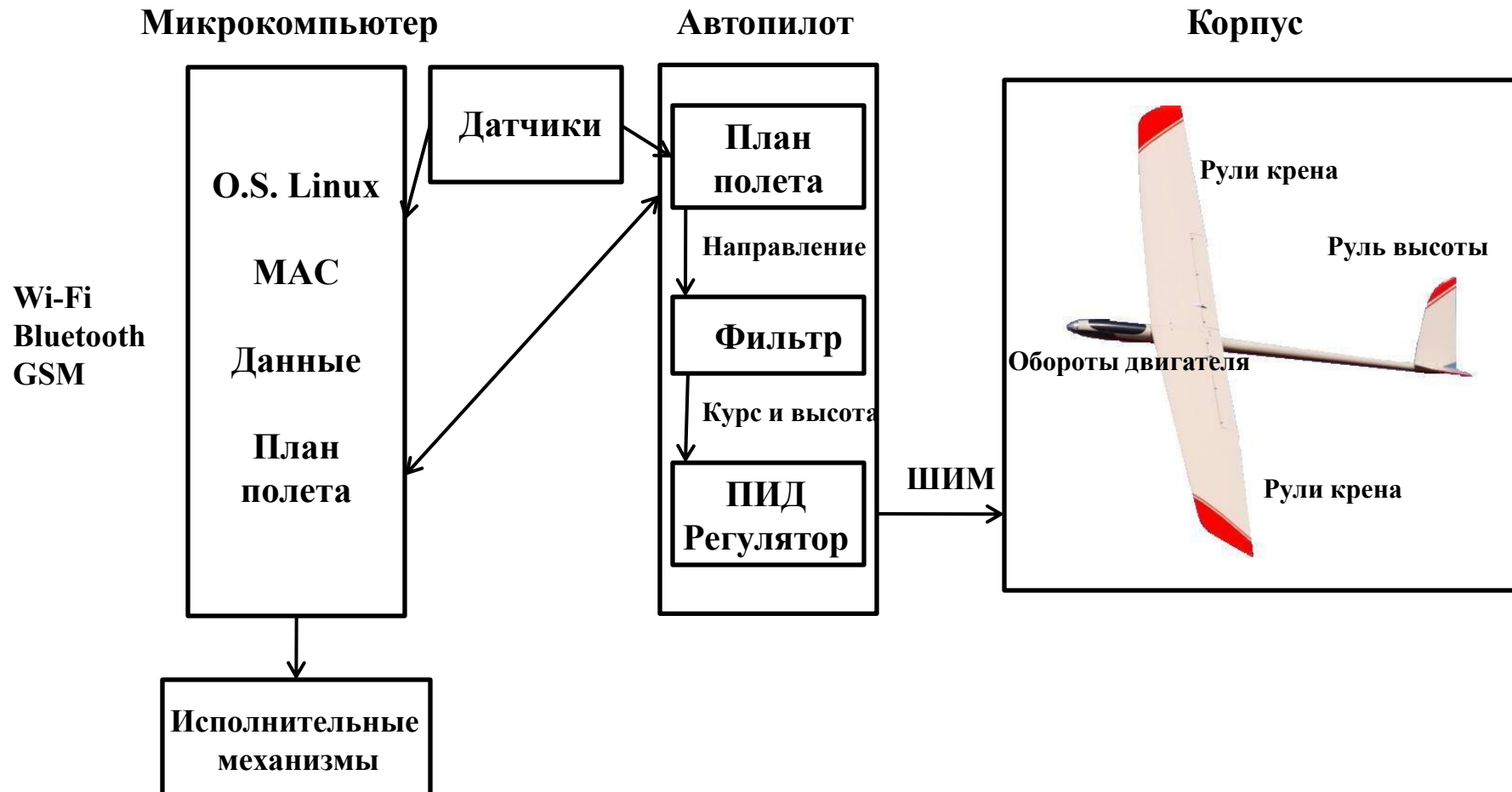


Система мониторинга безопасности легкового автомобиля и экстренного оповещения на базе МАУ

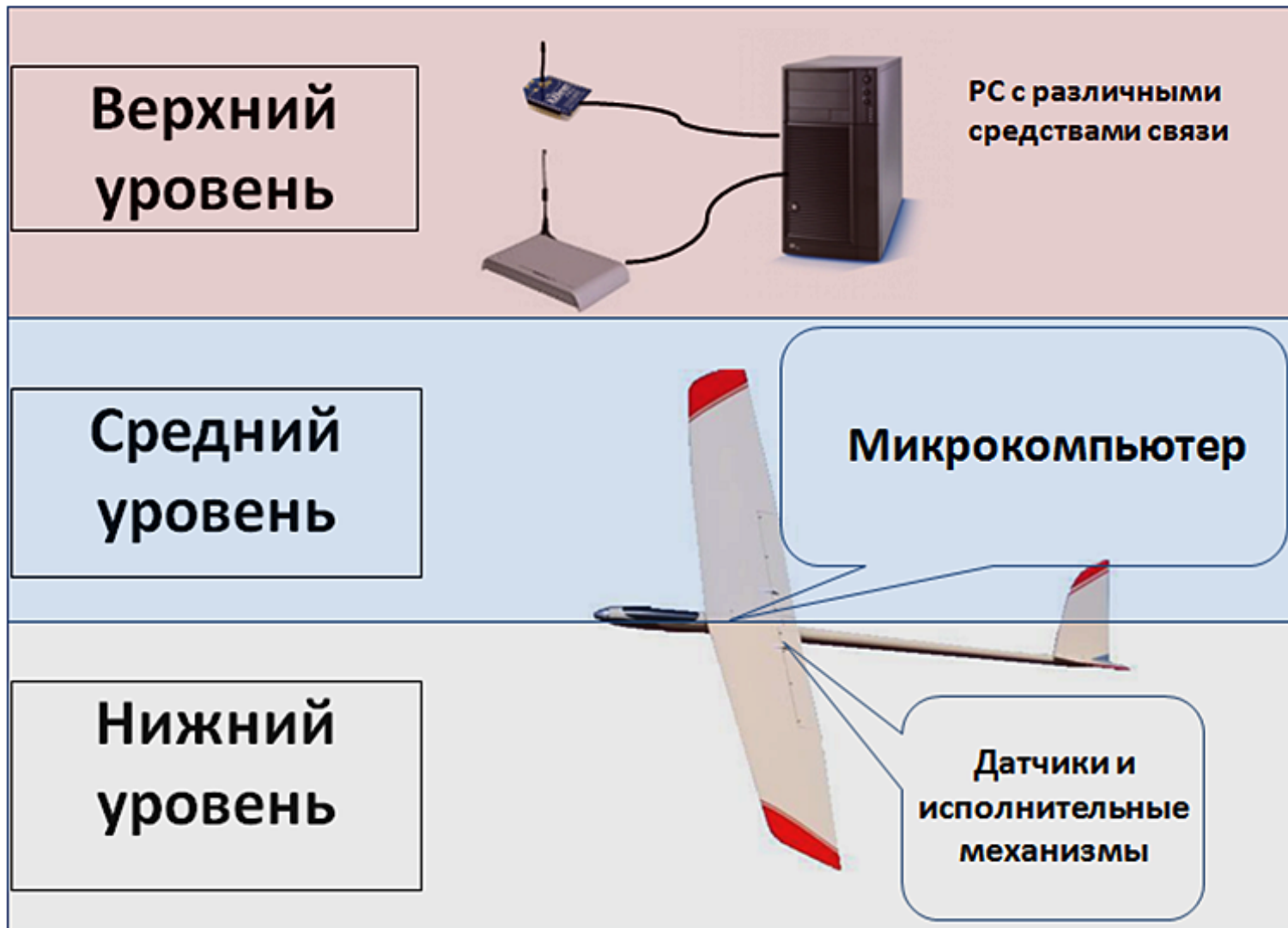
Пример использования МАУ с БПЛА



Система мультиагентного управления БПЛА



Трехуровневая архитектура



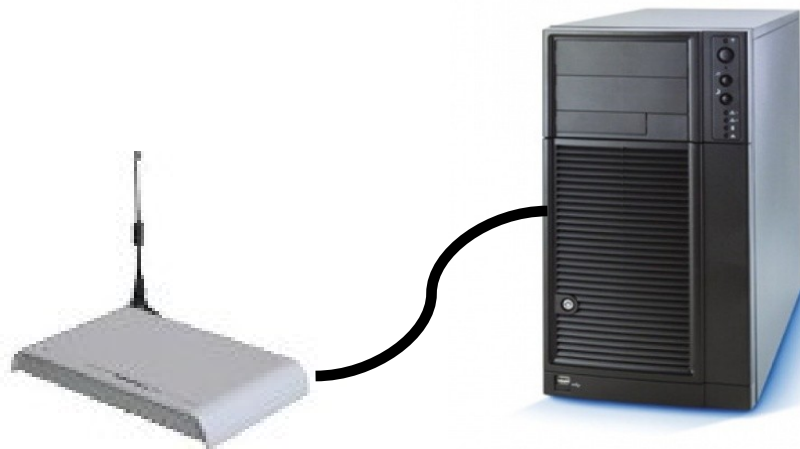
Верхний уровень

Реализует ПО базовой станции или старшего «партнера» в группе

- ❖ определение глобальной миссии (цели)
- ❖ формирование начальной программы полёта для каждого БПЛА-агента (разделение целей)
- ❖ сбор, обработка и анализ информации, полученной группой

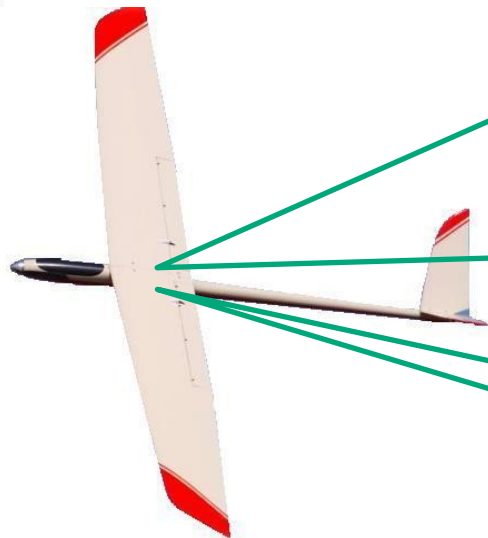
Xbee Pro Wireless модем:
Дальность 1,5 – 3.0 км.

Интернет модем – router



Средний уровень

- ❖ Обмен информацией между БПЛА группы и/или с базовой станцией
- ❖ Корректировка целей и изменение программы автопилота



Микрокомпьютер

Процессор: ARM Cortex-A8

Тактовая частота: 600 MHz

Память: 256MB RAM

256MB Flash

Средства связи: Wi-Fi 802.11

Bluetooth

Micro SD card slot

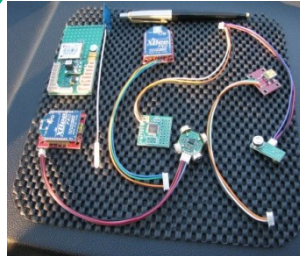
Размеры: 17mm x 58mm x 4.2mm



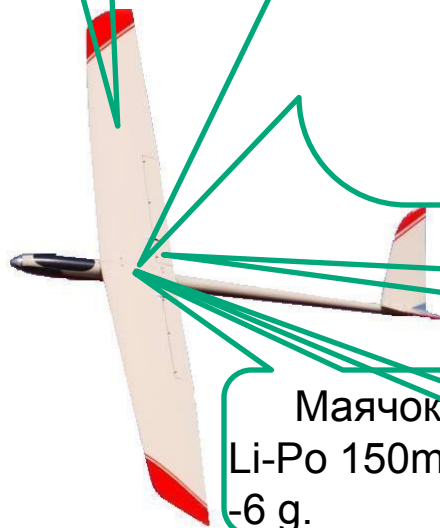
GSM модем

Нижний уровень

6 Actuators



- ❖ микроконтроллер
- ❖ триада инерциальных датчиков (пьезогироскопы по трем осям)
- ❖ трехосный магнитометр (определение азимута движения)
- ❖ трубка Прандтля (скорость и высота)
- ❖ GPS модуль U-Blox LEA-5E с частотой 4 Hz
- ❖ датчики горизонта
- ❖ автопилот
- ❖ дешифратор ШИМ



Маячок.
Li-Po 150mAh
-6 g.

Парашют

Двигатель: Аккумулятор: Регулятор оборотов:

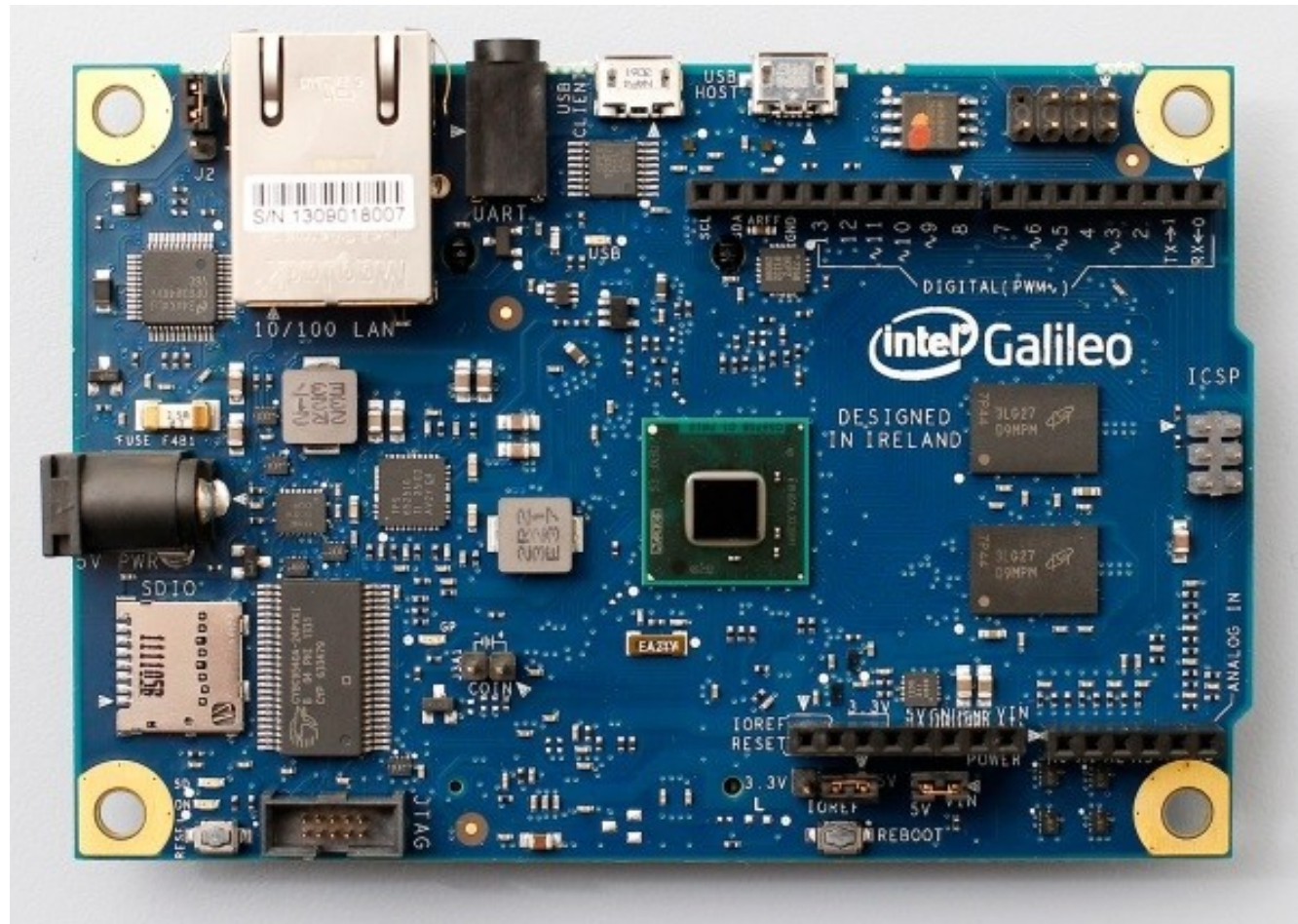


Платформа

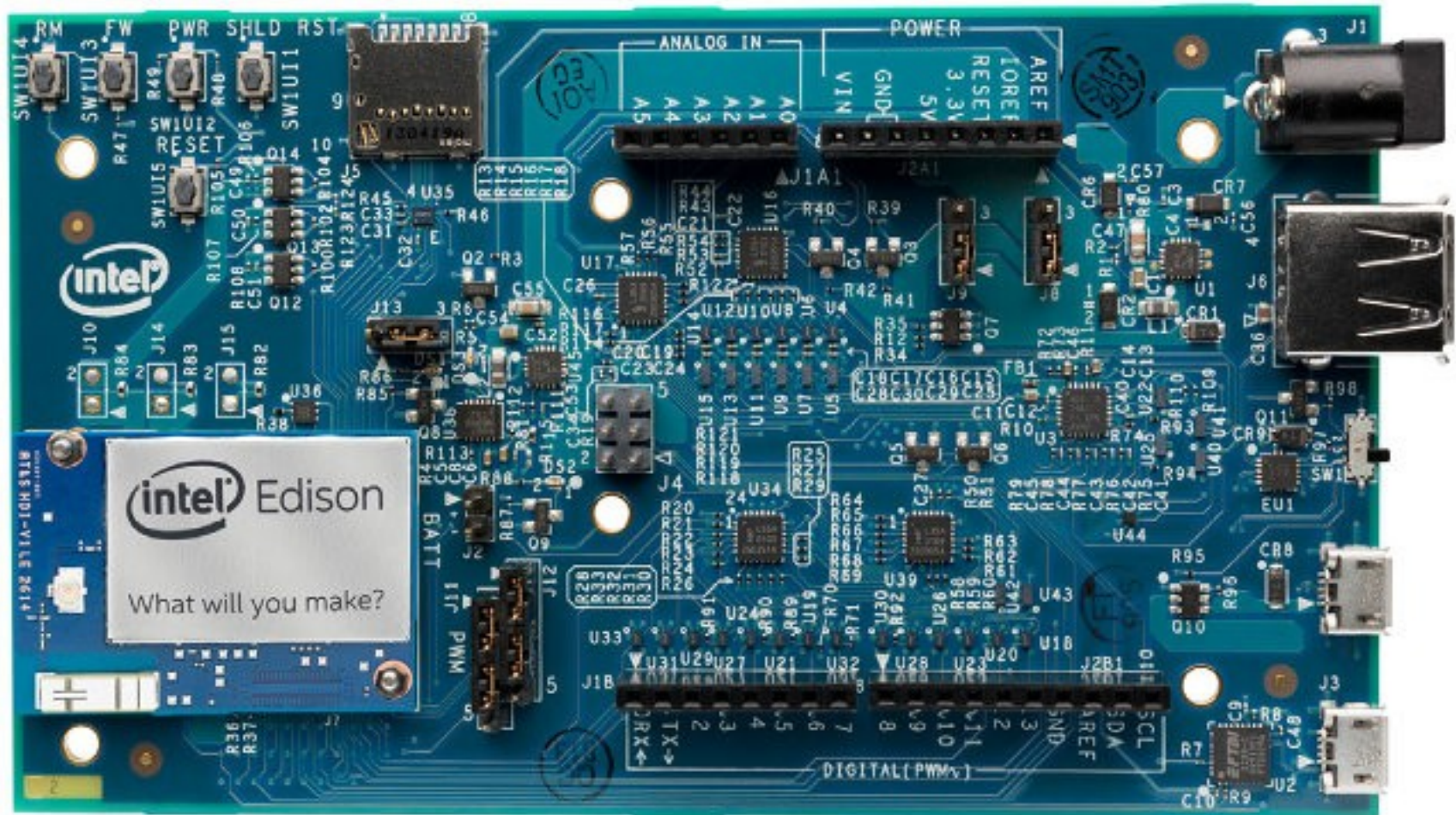
- ❖ Оригинальная Linux-подобная операционная система с MAU
- ❖ Несколько средств связи (Wi-Fi, Bluetooth, GSM и др.)
- ❖ Малая энергопотребление
- ❖ Для реализации мультиагентного взаимодействия используется программная среда JADE (Java Agent Development Framework)
- ❖ Применение оригинальных плат (микрокомпьютеров) Galileo и Edison, *разработанных корпорацией Intel* и используемых в текущих проектах



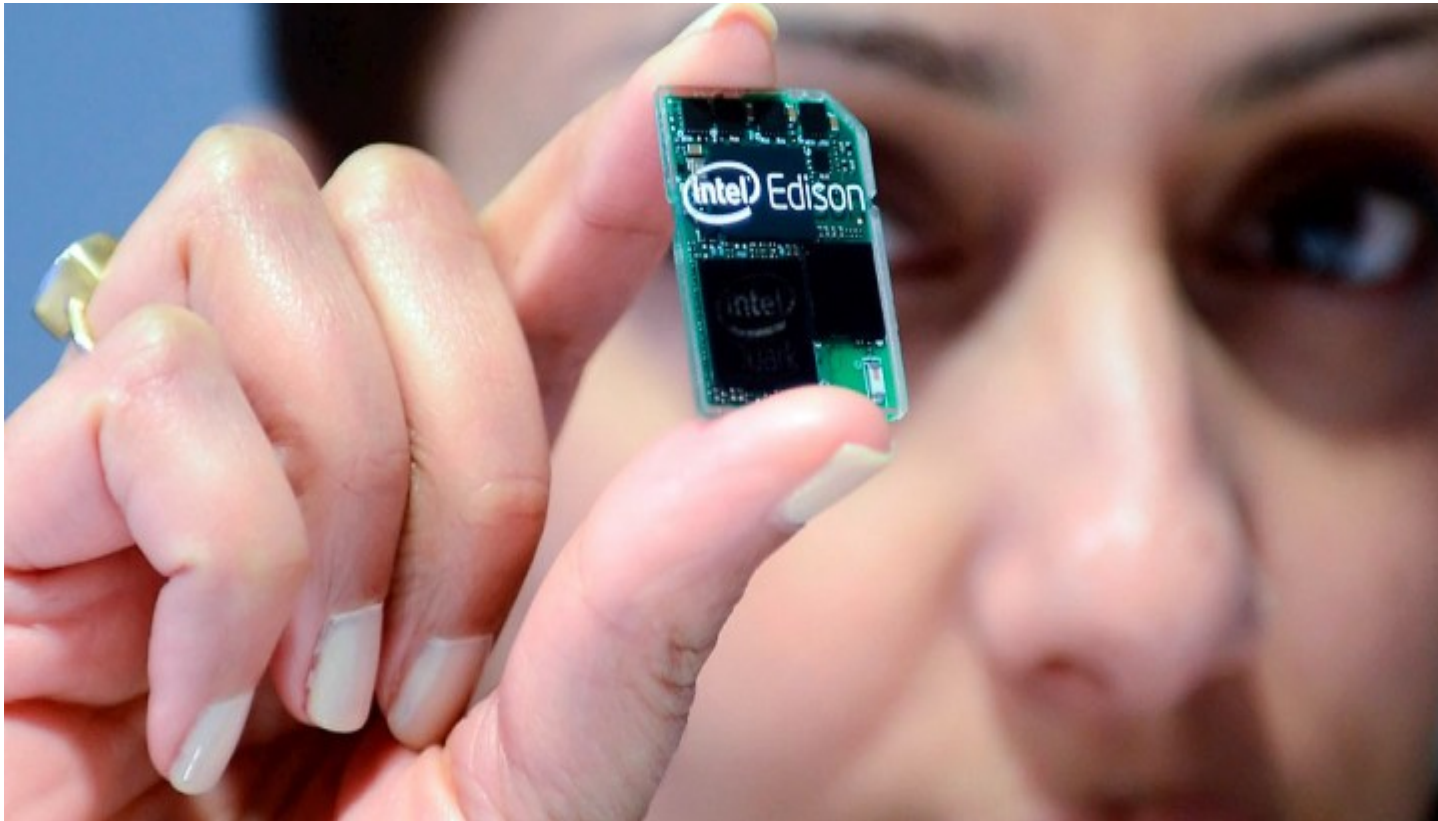
Микрокомпьютеры от Intel



Микрокомпьютеры от Intel



Микрокомпьютеры от Intel



Тактические беспилотные летательные аппараты (БПЛА)

- ❖ беспилотный самолет для целевой задачи
- ❖ вертолет (классическая схема, дроны)
- ❖ беспилотные многоцелевые комплексы
- ❖ управляемый аэростат (дирижабль)
- ❖ летающие камеры со сканирующей аппаратурой
- ❖ мониторинговые системы на базе БПЛА (общая безопасность и целостность объектов, антитеррористическая, радиационная, энергетическая безопасность)



Пример мультиагентного взаимодействия: групповой «вальс» дронов



Учебно-научные активности (мат-мех СПбГУ), связанные с реализацией проектов в области разработки МАУ

Теоретические аспекты:

Учебный курс «Стохастическое программирование»
(проф. О.Н Граничин, бакалавры и аспиранты)

Учебный курс «Мультиагентные технологии»
(проф. О.Н Граничин, бакалавры и магистры)

Олег Граничин, oleg_granichin@mail.ru



Проектные активности:

Учебный курс-практикум «Коммерциализация инновационных идей: подготовка эффективного стартапа»
(проф. В.И.Кияев, бакалавры, магистры, аспиранты)

Владимир Кияев, kiyayev@mail.ru



Учебно-научные активности (мат-мех СПбГУ), связанные с реализацией проектов в области разработки МАУ

Ежегодные Молодежные школы-практикумы *с участием
корпорации Intel:*

Санкт-Петербург (СПбГУ)

Нижний Новгород (ННГУ)

Волгоград (ВолгГТУ)

Архангельск (САФУ)

Координатор школ от Intel

33 *Лариса Михайловна Фадина*



Учебно-научные активности (мат-мех СПбГУ), связанные с реализацией проектов в области разработки МАУ

Монографии и учебные пособия, созданные при поддержке
корпорации Intel:

Граничин О.Н., Кияев В.И. Информационные технологии и системы в современном менеджменте, 2014, 897 с.

Amelin K.S., Granichin O.N., Kiyayev V.I. Introduction to the development of applications on the Intel Atom platform for netbooks and tablets, 2012, 164 p.

Амелин К.С., Амелина Н.О., Граничин О.Н., Кияев В.И. Разработка приложений для мобильных интеллектуальных систем на платформе Intel Atom, 2012, 218 с.

Амелин К.С., Граничин О.Н., Кияев В.И., Корявко А.В. Введение в разработку приложений для мобильных платформ, 2011, 518 с.

Заключение

Управляющие и робототехнические комплексы с наборами необходимых специализированных датчиков, которые действуют в группах в условиях неопределенности и управление которыми осуществляется на принципах МАУ, могут успешно использоваться для:



- ❖ активного мониторинга целостности, работоспособности, безопасности критически важных объектов и сетей
- ❖ оперативного управлением инцидентами в трех средах (на земле, под водой и в воздухе) с перераспределением ролей и локальных задач в ходе мониторинга и принятия текущих решений для решения общей задачи.

Работа выполнена в рамках исследований в СПбГУ (тема № 6.38.71.2011) и при поддержке РФФИ (проекты № 13-07-00250-а и 11-08-01218-а).