



Smart Solutions

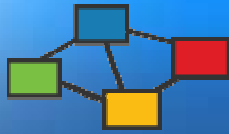
Living schedules – easy as 1-2-3



**Мультиагентные
системы
для управления
производством в
реальном времени**

Иващенко Антон Владимирович
Научно-производственная компания «Разумные решения»
www.smartsolutions-123.ru

г. Таруса, март 2011



Требования к современным системам управления производством

- Поддержка высокой сложности производства
- Необходимость принятия решений в реальном времени
- Наличие конфликтных интересов между различными участниками
- Индивидуальный подход к каждому заказу и ресурсу
- Поддержка постоянных инноваций и изменений
- Необходимость адаптивной обработки событий в реальном времени, например: приход нового важного заказа, отмена уже принятого заказа, поломка оборудования, задержка поставки материалов, незапланированный отпуск ключевого сотрудника и другие
- Ориентация на мелкосерийное производство
- Разнообразие изделий, станков и квалификаций рабочих
- Необходимость контроля изменений плана
- Необходимость ручной доводки производственных планов
- Сочетание стадий планирования и исполнения плана
- Необходимость экономного использования ресурсов и высокого уровня сервиса
- Оперативный контроль технологии и планов производства



Задачи управления ресурсами

1. Место в пирамиде предприятия*

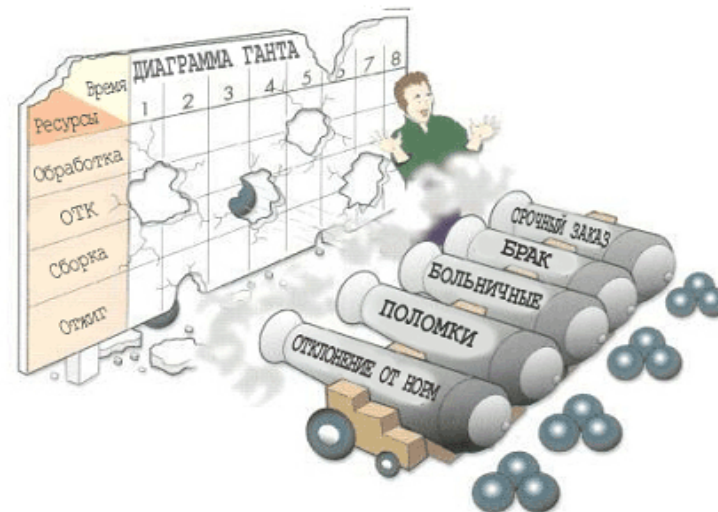


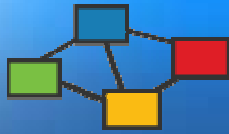
* По данным www.mesa.ru

3. Динамическое планирование производства по событиям – ключевая особенность предлагаемых систем управления ресурсами

2. Задачи управления ресурсами

- Организация производства новой продукции
- Планирование производственных ресурсов
- Расчет оперативных расписаний
- Оптимизация производства
- Выявление и устранение несогласований (план против факта)
- Контроль исполнения планов производства



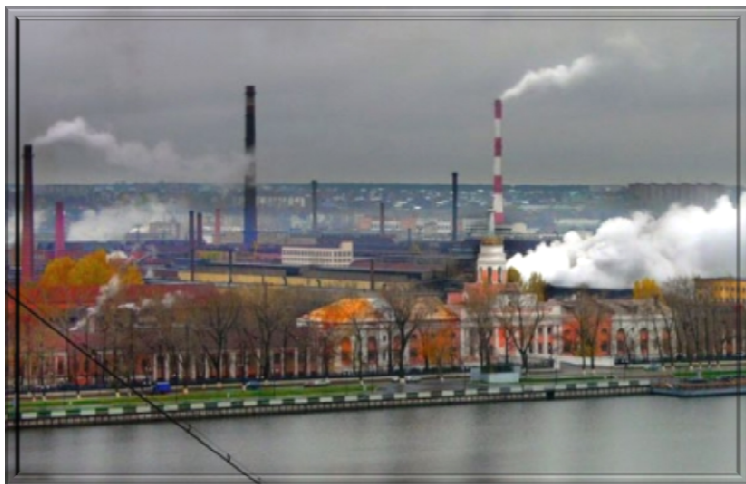


Мультиагентный подход к управлению цехом в реальном времени

- Непрерывный поток событий на входе позволяет системе автоматически реагировать на изменения состояния заказов и ресурсов в реальном времени
- Каждый заказ (процесс или операций) и каждый ресурс (рабочий или оборудование) предприятия, получает своего программного агента, который инициируется такими событиями или запускается проактивно, по своему усмотрению, для улучшения своих текущих показателей
- Агенты каждого заказа и ресурса строят свои собственные, но связанные в общую сеть расписания, в такой сети расписание может содержать сотни тысяч взаимосвязанных операций
- Основой подхода к планированию становится не полный или частичный комбинаторный перебор вариантов, а выявление и разрешение конфликтов путем переговоров агентов и достижением компромиссов - так, как это делают люди в реальной жизни
- Созданный план запускается на исполнение, в ходе которого система следит за выполнением и инициирует перепланирование в случае обнаружения расхождений между планом и фактом



Входные данные для планирования



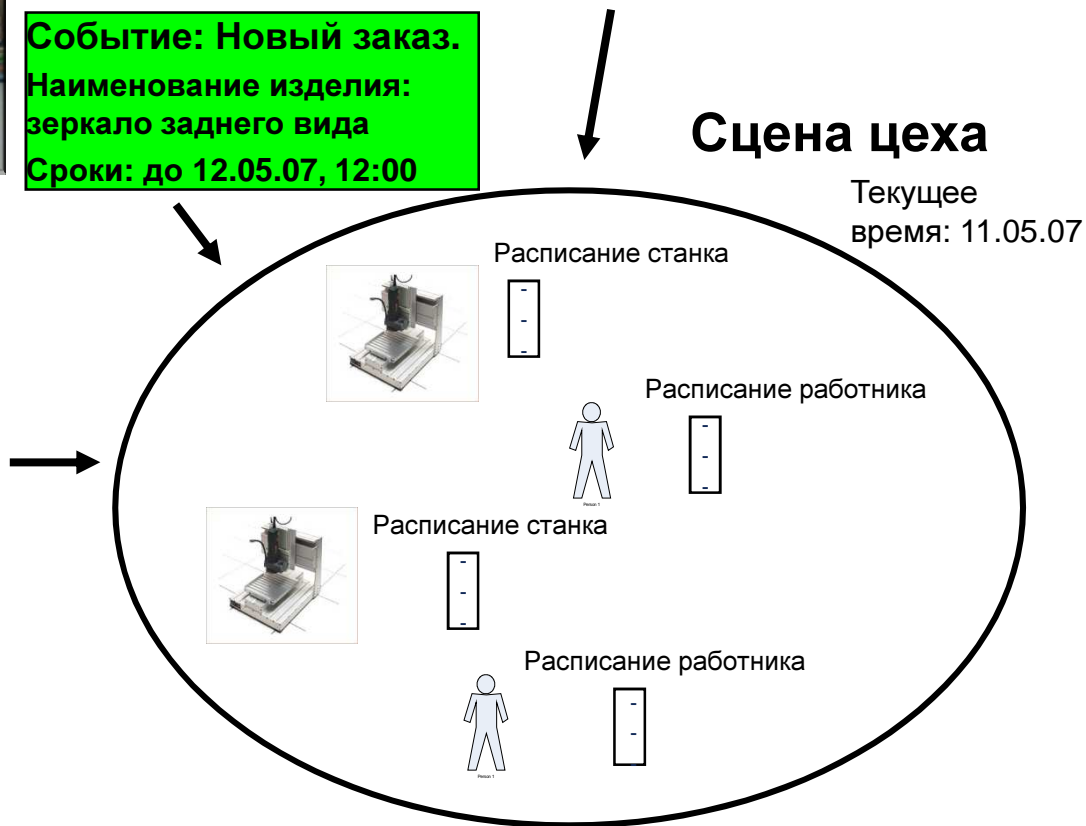
Онтология производства - формализованное описание понятий и отношений предметной области.

Онтология необходима для подробной спецификации ситуации в производственном цехе для системы управления.

Событие: Новый заказ.
Наименование изделия:
зеркало заднего вида
Сроки: до 12.05.07, 12:00

Сцена цеха

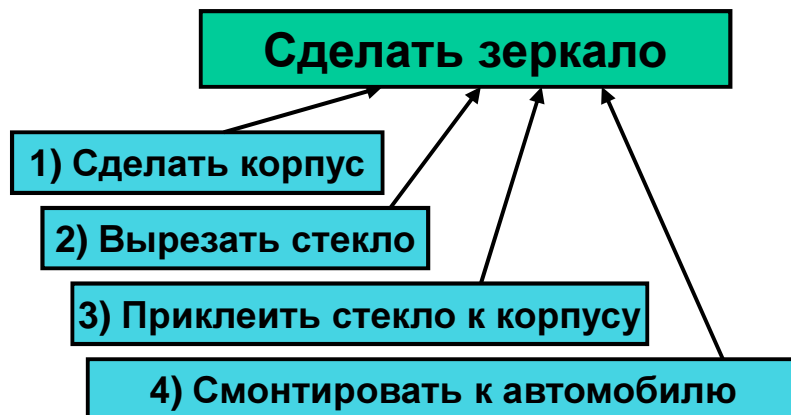
Текущее
время: 11.05.07



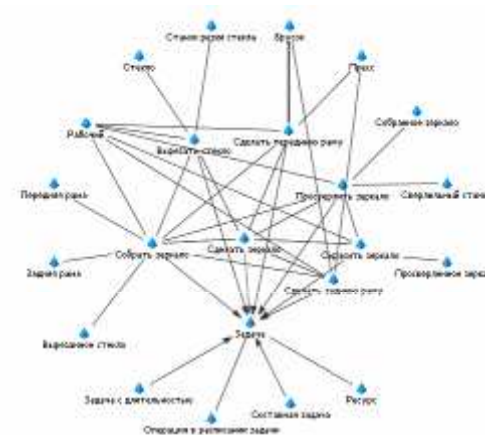


Фрагмент онтологии изготовления зеркала заднего вида

Эта задача состоит из подзадач:



Семантическая сеть ОНТОЛОГИИ



Внутреннее XML–представление онтологии

```
<concept name="AssembleFrames" parent="Task">  
<attribute xsi:type="linkAttribute" valueConcept="CuttedGlass"  
  name="CuttedGlass" linkType="LINK"/>  
<attribute xsi:type="linkAttribute" valueConcept="FrontFrame"  
  name="FrontFrame" linkType="LINK"/>  
<attribute xsi:type="linkAttribute" valueConcept="BackFrame"  
  name="BackFrame" linkType= ...
```

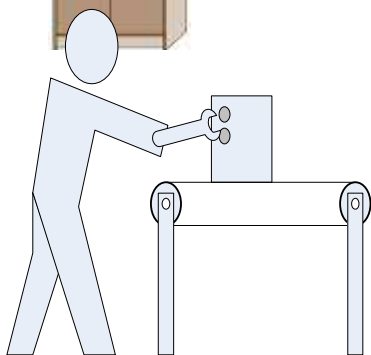


Онтология изготовления зеркала заднего вида для автомобиля

Процесс изготовления зеркала заднего вида для автомобиля



Агент нового заказа считывает из онтологии бизнес-процесс изготовления зеркала заднего вида



Следующие задачи агента:

- 1) Создать агентов для каждой операции и запустить их в работу
- 2) Найти подходящих рабочих на каждую операцию
- 3) Найти подходящие станки на каждую операцию
- 4) Убедиться, что последовательность операции может быть развернута в правильном порядке и выполнена к требуемому времени
- 5) Если возникли конфликты, то активировать перепланирование других заказов



Алгоритм мультиагентного планирования

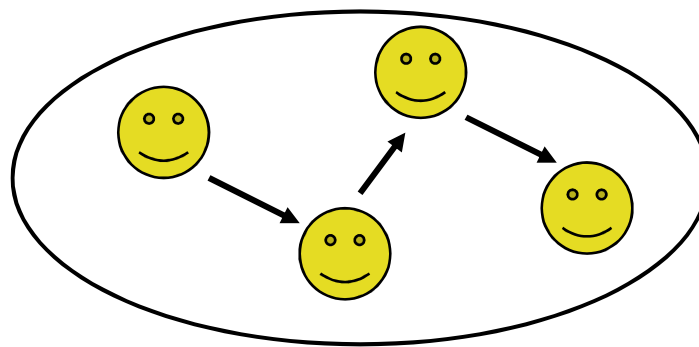
- Приходящий новый заказ обращается к онтологии (базе знаний, отделенной от программного кода) и зачитывает оттуда бизнес-процесс своего исполнения
- Под каждую операцию бизнес-процесса создается свой агент, который получает требования и ограничения на планирование
- Агент начинает планирование путем поиска необходимых ему ресурсов в сцене, которая описывает текущую ситуацию в цехе, а именно, какой станок или рабочий какое расписание исполняет
- Если подходящие ресурсы заняты, то фиксируется конфликт, и начинаются переговоры по его разрешению путем сдвижек и освобождений слотов
- В ходе переговоров возможны варианты: новый заказ уйдет на менее подходящий ресурс, предыдущий заказ уйдет или сдвинется
- Даже после решения своей задачи каждый агент не останавливается и продолжает пытаться улучшить свое положение



Создание агентов операций

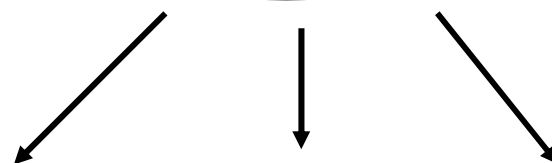


Агент заказа



Агент заказа для каждой операции создает своего агента, которые начинают искать в сцене возможности для своего исполнения. Обратим внимание, что при этом операции могут быть связаны между собой отношениями последовательного или параллельного исполнения.

**Рой агентов заказа
(агенты заказов на каждую операцию)**





Общая логика планирования



Агент заказа по
производству зеркала
заднего вида

Агент
операции
«Сделать
корпус»

Агент
операции
«Вырезать
стекло»

Агент
операции
«Приклеить
стекло к
корпусу»

Агент
операции
«Монтиро-
вать
зеркало»



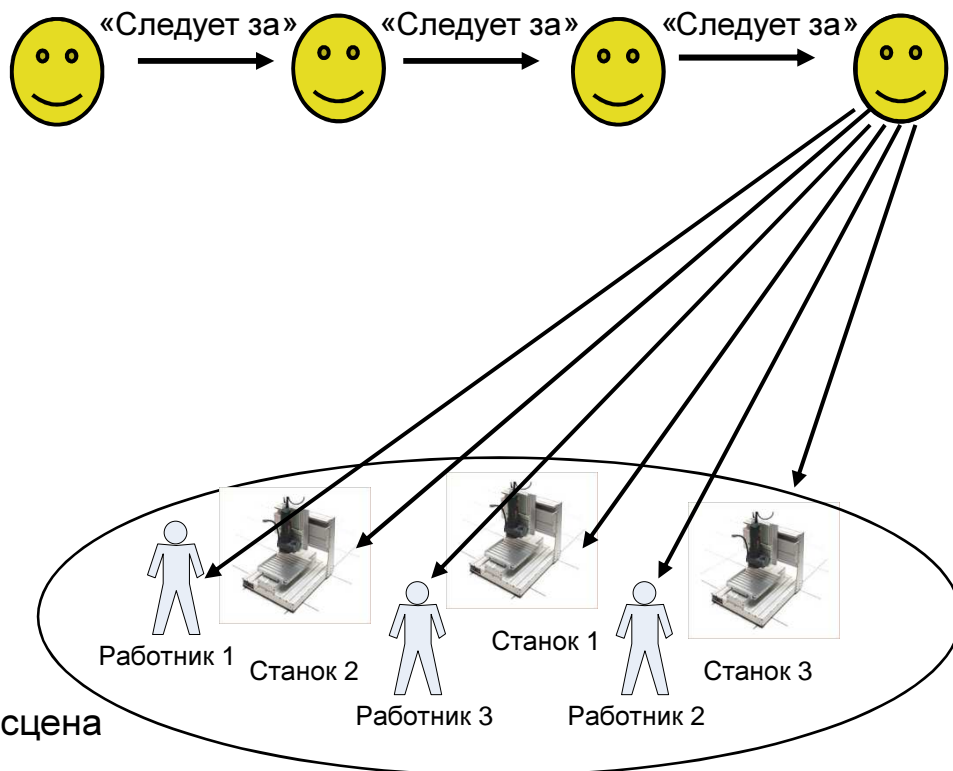
«Следует за»



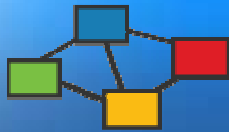
«Следует за»



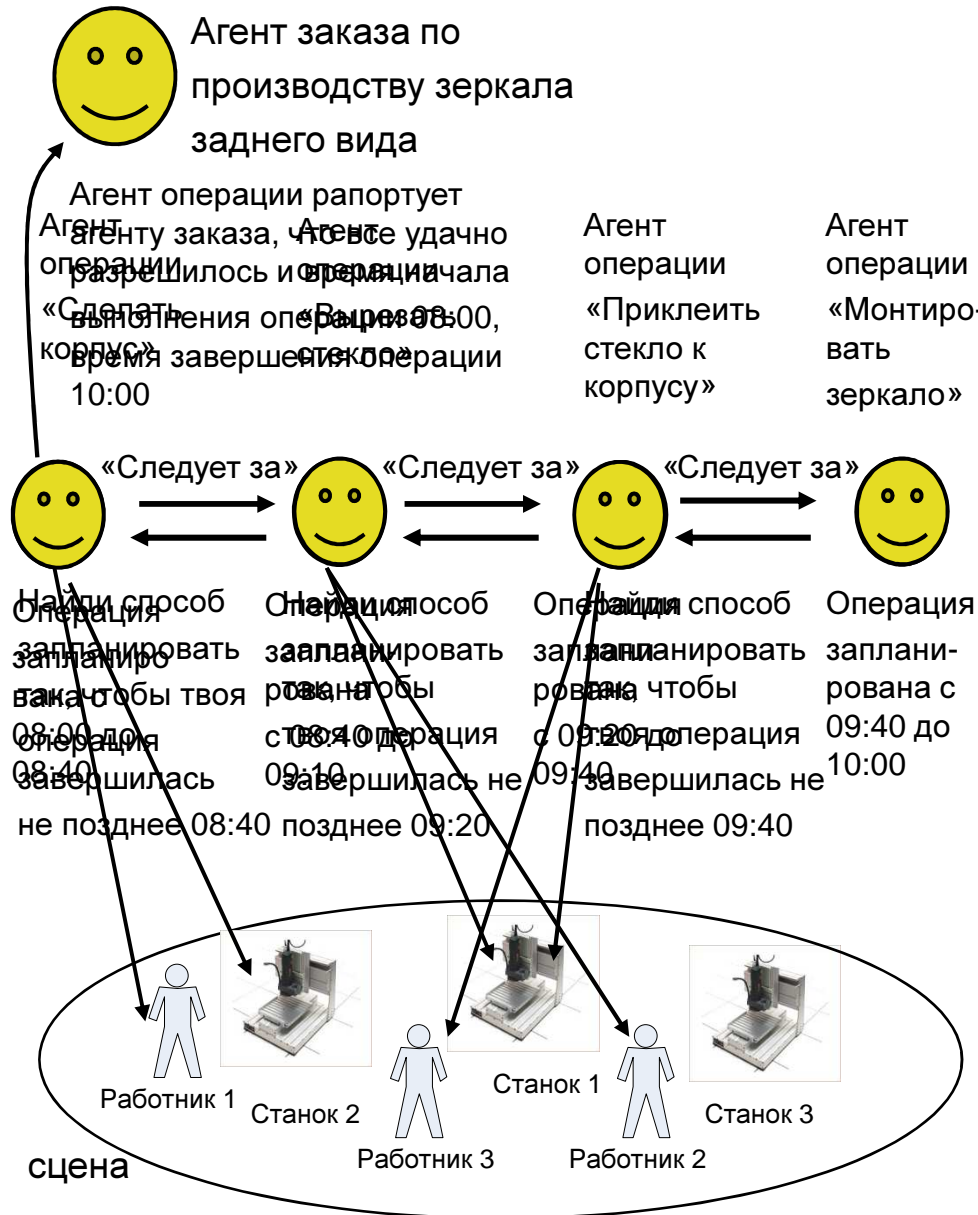
«Следует за»



1. Если выбрана стратегия just-in-time, то активизируется последний агент в цепочке, все остальные ждут сообщений и бездействуют.
2. Агент ищет все подходящие по типу станки и рабочих (или берет первые, которые подходят).
3. Из отобранных рабочих и станков выбираем самые подходящие по атрибутам (квалификация рабочего, тип станка)
4. Выбранный рабочий и станок начинают согласовывать наилучшее время выполнения работ по их расписанию. Если в расписании рабочего и станка есть подходящие слоты времени для выполнения операции в срок, то на этом планирование операции завершено. Тем самым фиксируется время начала и конца операции.
5. Теперь агенту предшествующей операции в качестве входного параметра может быть передано требуемое время для завершения его операции.
6. Остальные агенты действуют по аналогии.



Общая логика планирования



1. Если выбрана стратегия just-in-time, то активизируется последний агент в цепочке, все остальные ждут сообщений и бездействуют.
2. Агент ищет все подходящие по типу станки и рабочих (или берет первые, которые подходят)
3. Из отобранных рабочих и станков выбираем самые подходящие по атрибутам (квалификация рабочего, тип станка)
4. Выбранный рабочий и станок начинают согласовывать наилучшее время выполнения работ по их расписанию. Если в расписании рабочего и станка есть подходящие слоты времени для выполнения операции в срок, то на этом планирование операции завершено. Тем самым фиксируется время начала и конца операции.
5. Теперь агенту предшествующей операции в качестве входного параметра может быть передано требуемое время для завершения его операции.
6. Остальные агенты действуют по аналогии.



Планирование в случае конфликта



Агент заказа по
производству зеркала
заднего вида

Агент
операции
«Сделать
корпус»

Агент
операции
«Вырезать
стекло»

Агент
операции
«Приклеить
стекло к
корпусу»

Агент
операции
«Монтиро-
вать
зеркало»



«Следует за»



«Следует за»

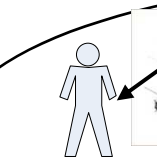


«Следует за»

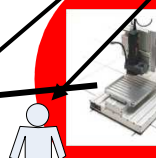


Найди способ
запланировать так,
чтобы твоя операция
завершилась
не позднее 11:30

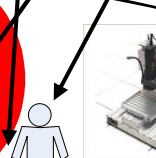
Операция запланирована
с 11:30 до 12:00



Станок 2



Станок 1



Станок 3

сцена

Есть конфликт!

Расписание станка уже распланировано:

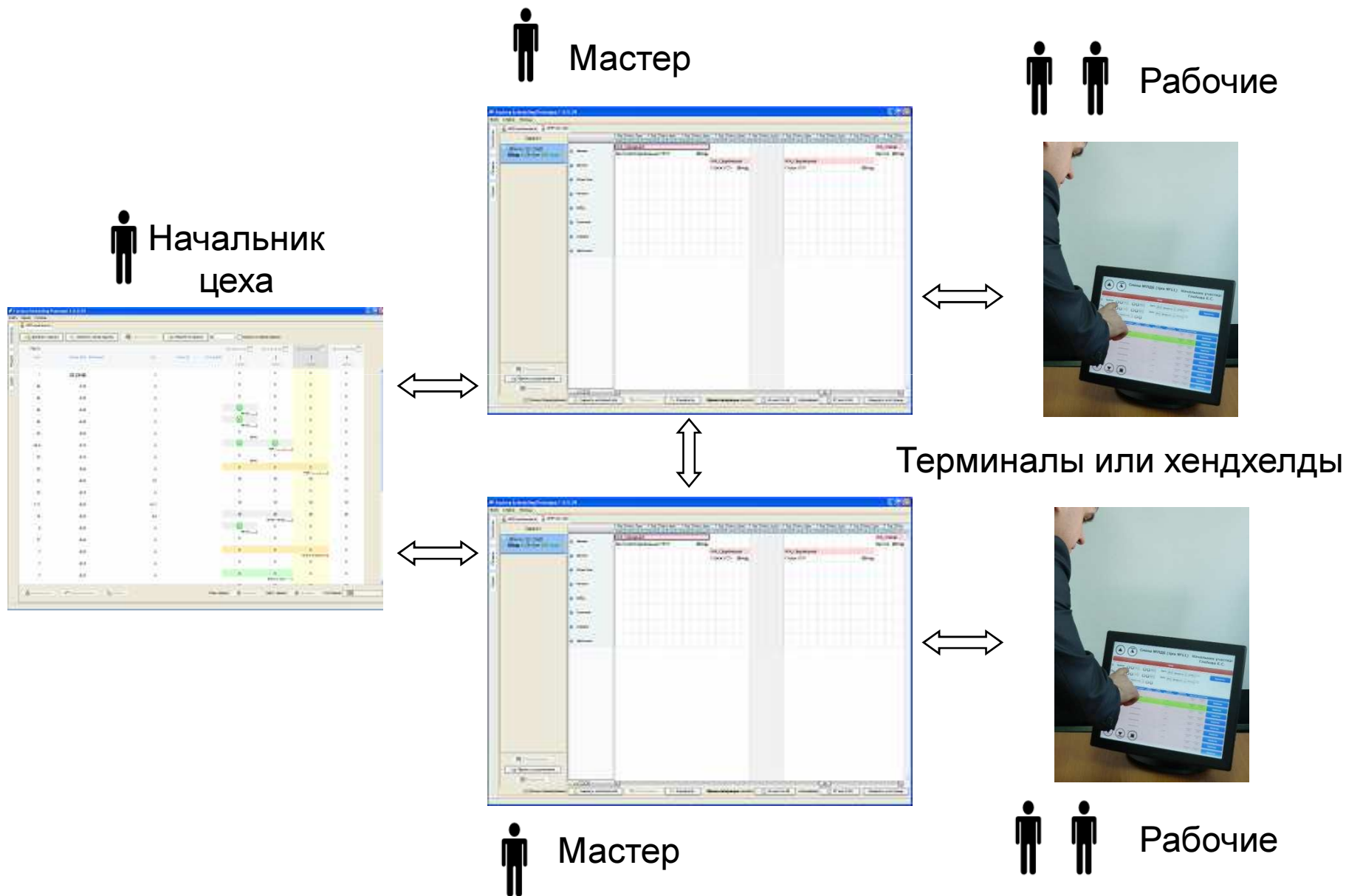
08:00 – 12:00 ремонт станка

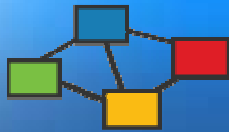
12:00 – 17:00 производство других изделий

Производство других изделий переходит
на другой станок, который не подошел по
техническим характеристикам для
планируемой нами задачи
(соответствующий процесс переговоров
может быть рассмотрен отдельно)

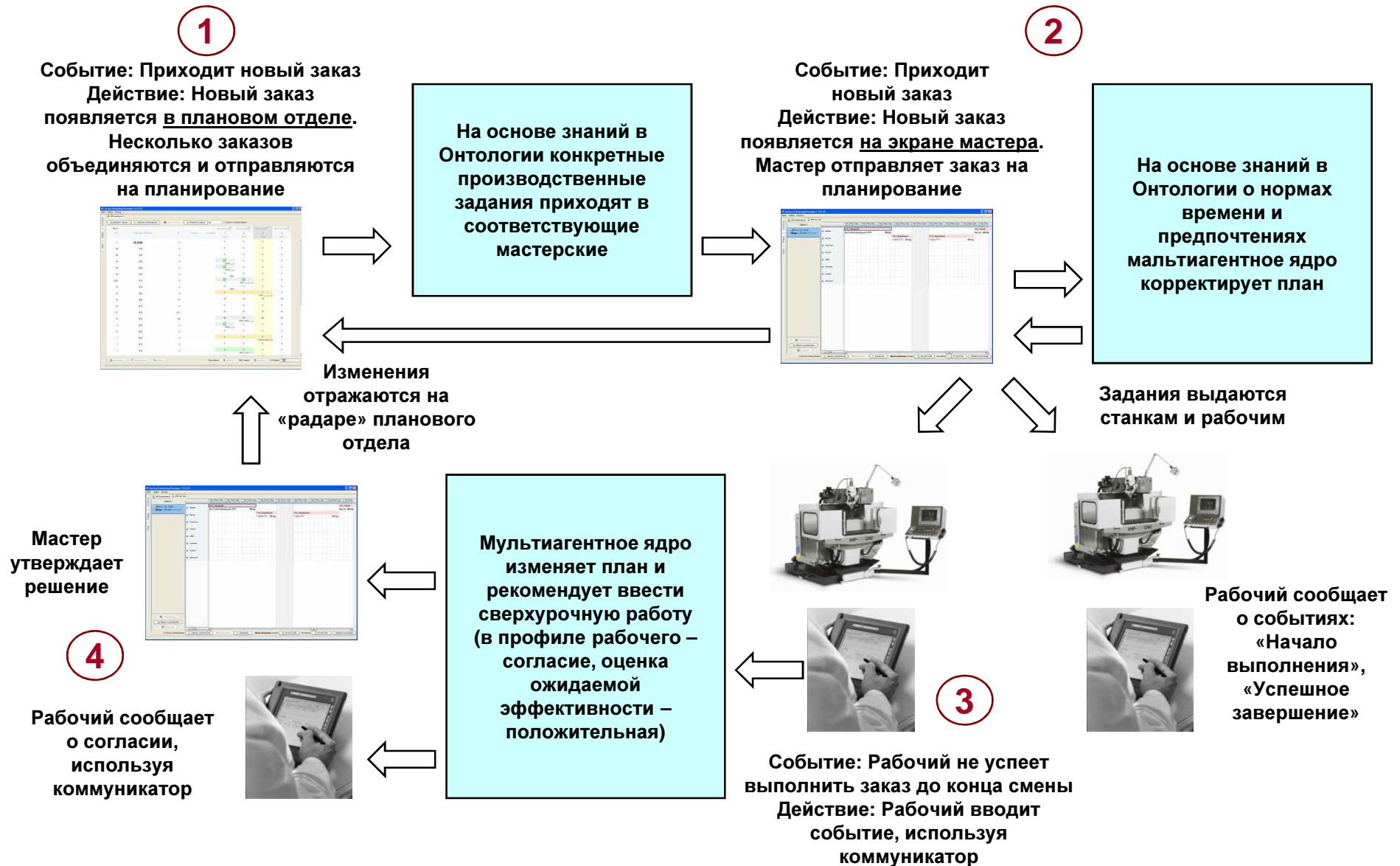


Взаимодействие в системе





Пример обработки события





Особенности взаимодействия с рабочими

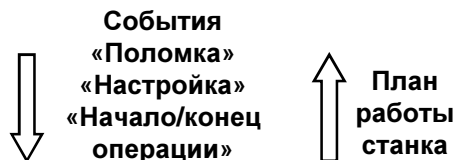
Работа в реальном времени

- В систему поступает информация обо всех событиях (от станка о поломке, от рабочего о ходе выполнения работ, от планового отдела о новых заказах)
- На основании информации о новых событиях производится постоянная корректировка плана (возможны RFID чипы)

Согласованное взаимодействие всех сотрудников

- Вся актуальная информация поступает лицам, принимающим или согласующим решения
- Разные участники процесса планирования и управления производством могут иметь разные критерии принятия решений

Станки с терминалами



Наладочники-коммуникаторы рабочих (Handheld devices)



Система адаптивного планирования

На каждом рабочем месте устанавливается промышленный терминал, который позволяет отслеживать события, связанные с использованием оборудования

Каждому рабочему показывается его план на день (неделю, месяц) и дается возможность вводить события (задача выполнена, станок сломан и т.д.)

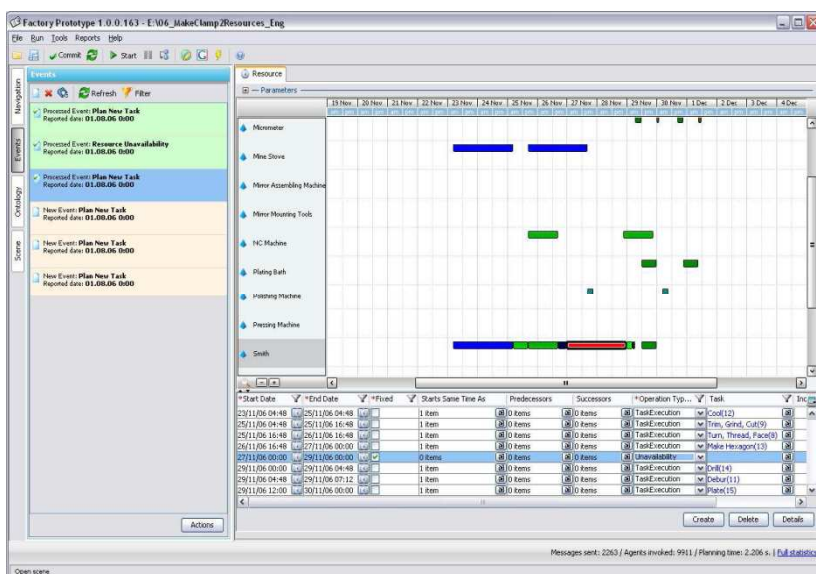


CASE 1/3

Мультиагентная система внутрицехового планирования

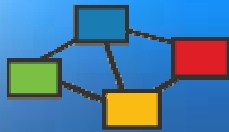
Назначение системы:

- автоматизация оперативного управления механосборочным цехом, что связано в первую очередь с реакцией на события (новый заказ, задержка изготовления комплектующих, поломка станка и т.д.);
- планированием использования производственных ресурсов и распределения новых заказов по имеющимся мощностям;
- контроль исполнения намеченных планов.



Основные характеристики:

- более 160 единиц оборудования;
- в трех подразделениях работает около 100 рабочих;
- функциональность системы реализована в АРМах нач цеха и мастера



АРМы начальника цеха и мастера

Factory Scheduling Prototype 1.0.0.0.3.09.0

Файл Сервис АРМ Помощь

АРМ начальника (Цех 041)

Добавить машину Изменить номер машины Удалить машину Перенести машину за Скрыть готовые машины

| 041 | | | | | 10.07.08 7:30 | 15.07.08 8:30 | 30.07.08 8:30 | 29.08.08 16:00 | |
|-----|-----------|----------|-----|---------|---------------|---------------|---------------|----------------|---|
| Цех | Номер ДСЕ | Материал | Ед. | Склад М | Склад ДСЕ | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | 8K71 | Б6303 | 4 | | 31133 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| -2 | -81_1M | | 6 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| -2 | -81_2M | | 6 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| -2 | -81_3M | | 6 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| -2 | -85M | | 6 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| -2 | -99M | | 6 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Группировать Разгруппировать Разбить Изменить ДС

Новая

Factory Scheduling Prototype 1.0.0.0.3.09.0

Файл Сервис АРМ Помощь

АРМ мастера (Цех 041. Все мастерские)

Задачи

- 81_1M 4ед. к 4 июл [21 июл]
- 81_2M 4ед. к 8 июл [16 июл]
- 81_3M 4ед. к 10 июл [16 июл]
- 85M 8ед. к 18 июл [18 июл]
- 85M 8ед. к 21 июл [21 июл]
- 99M 8ед. к 17 июл [17 июл]
- 99M 8ед. к 21 июл [21 июл]

Запланировать Убрать из расписания Разделить Объединить Выделить все

Режим планирования Сменить исполнителя Объединить Разделить

Время операции: начало: 15 июл 14:34 окончание: 15 июл 14:42 Изменить состояние

Новая

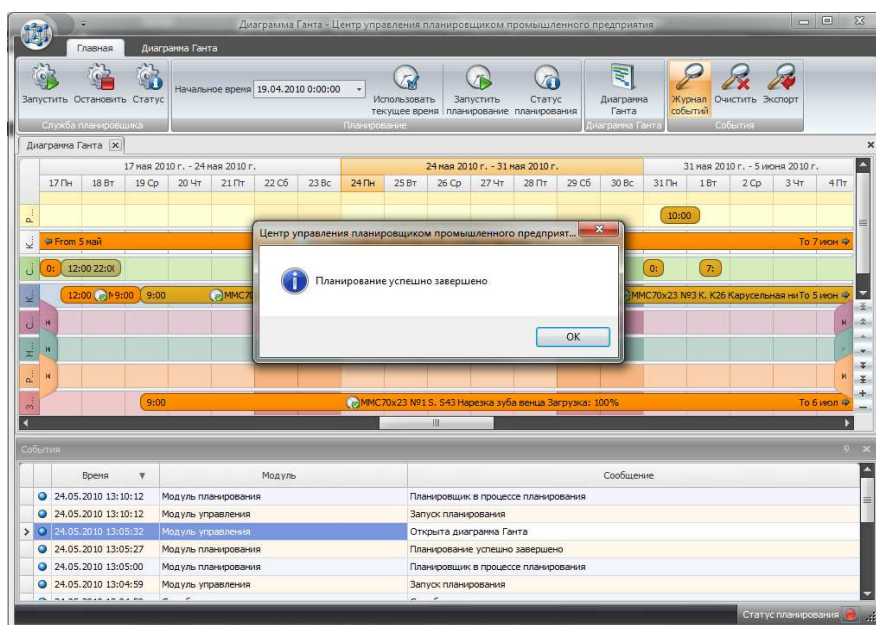


CASE 2/3

Мультиагентная система распределения загрузки производственных центров

Решаемая задача состояла в автоматизации планирования и мониторинга исполнения производственных заказов:

- Необходимость более точных результатов планирования при сложной структуре заказов и техпроцессов
- Умение гибко реагировать на возникающие события, изменяя планы и адаптируясь к происходящим изменениям в режиме реального времени
- Учет особенностей представления графиков загрузки производства



Основные характеристики:

- На вход планировщика передаются цикловой график по основным ресурсам (рабочим центрам) - порядка 200
- Для каждого ресурса указываются периоды его работы в основном и оперативном расписании, а также время простоев (например, в связи с ремонтом)
- Каждый день рабочего центра включает смены по 12 часов (всего их может быть 3, но не более 24 часов в сумме).



CASE 3/3

Мультиагентная система управления инструментальным цехом

Особенности управления инструментальным цехом:

- Заказы для нужд предприятия
- Уникальные сторонние заказы,
- Особо сложный и динамичный характер производства
- Наличие высокоточных и многофункциональных станков, мастеров и рабочих высокой квалификации
- Индивидуальный характер подготовки и производства изделий и т.д.
- 300 единиц оборудования и более 100 рабочих.

9 Aug | Tue 30 Aug | Wed 31 Aug | Thu 1 Sep | Fri 2 Sep | Mon 5 Sep | Tue 6 Sep | Wed 7 Sep | Thu 8 Sep | Fri 9 Sep | Mon 12 Sep | Tue 13 Sep | Wed 14 Sep | Thu 15 Sep | Fri 16 Sep | Mon 19 Sep | Tue 20 Sep

Смена 1: ...
Смена 1: ...
Смена 1: ...
Смена 1: ...
Смена 1: ...
Смена 1: ...
Смена 1: ...
Смена 1: ...
Смена 1: ...
Смена 1: ...
Смена 1: ...
Смена 1: ...
Смена 1: ...
Смена 1: ...
Смена 1: ...

Электрощитовая: Выход

Мастерская №2 (Цех №1) Начальник участка: Владимир

Назад

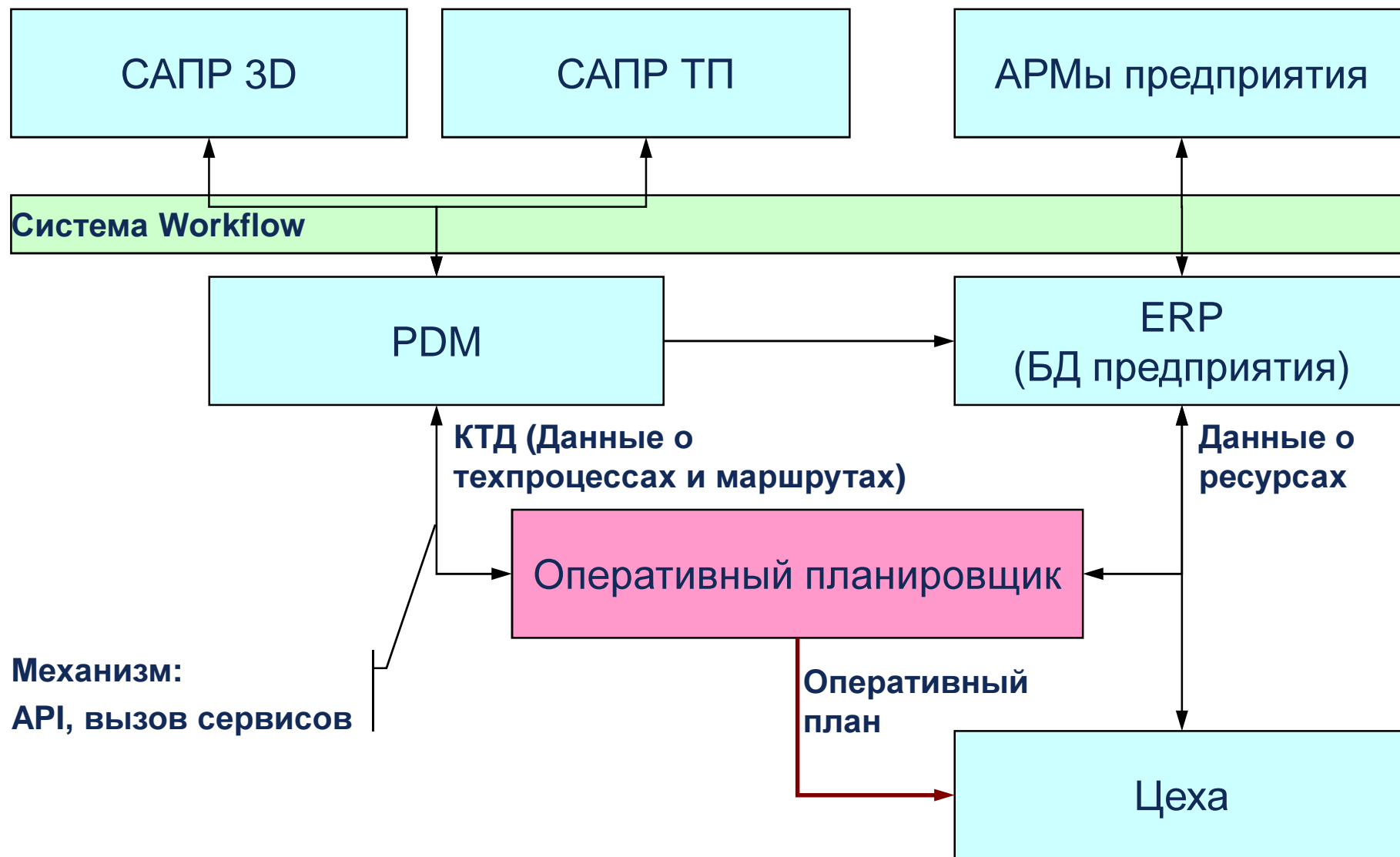
С Время: 13:43 Дата: 03 ноября 2010 Применить

По Время: 13:43 Дата: 27 декабря 2010

| № П/П | ФИО рабочего | Таб. № | Сменная плановая № ПП | Ном. ДСЕ | Название операции | Норма | Задано | Текущее | Задано | Текущее | Дата начала | Дата окончания | Свойства |
|-------|-----------------------|--------|-----------------------|----------|--|-------|--------|---------|--------|---------|------------------|------------------|----------|
| 1 | Владимир Владимирович | 3 | | | Охлаждение (отпуск), доотпуск | 60 | 20 | 0 | 1200 | 0 | 17.11.2010 14:48 | 22.11.2010 09:48 | Свойства |
| 2 | Владимир Владимирович | 1 | | | Торцевать, точить, отрезать | 60 | 20 | 0 | 1200 | 0 | 22.11.2010 09:48 | 24.11.2010 14:48 | Свойства |
| 3 | Владимир Владимирович | 3 | | | Проточить, нарезать резьбу, оттоцевать | 60 | 20 | 0 | 1200 | 0 | 24.11.2010 14:48 | 29.11.2010 09:48 | Свойства |
| 4 | Владимир Владимирович | | | | Сделать шагриник | 60 | 20 | 0 | 1200 | 0 | 29.11.2010 09:48 | 01.12.2010 14:48 | Свойства |

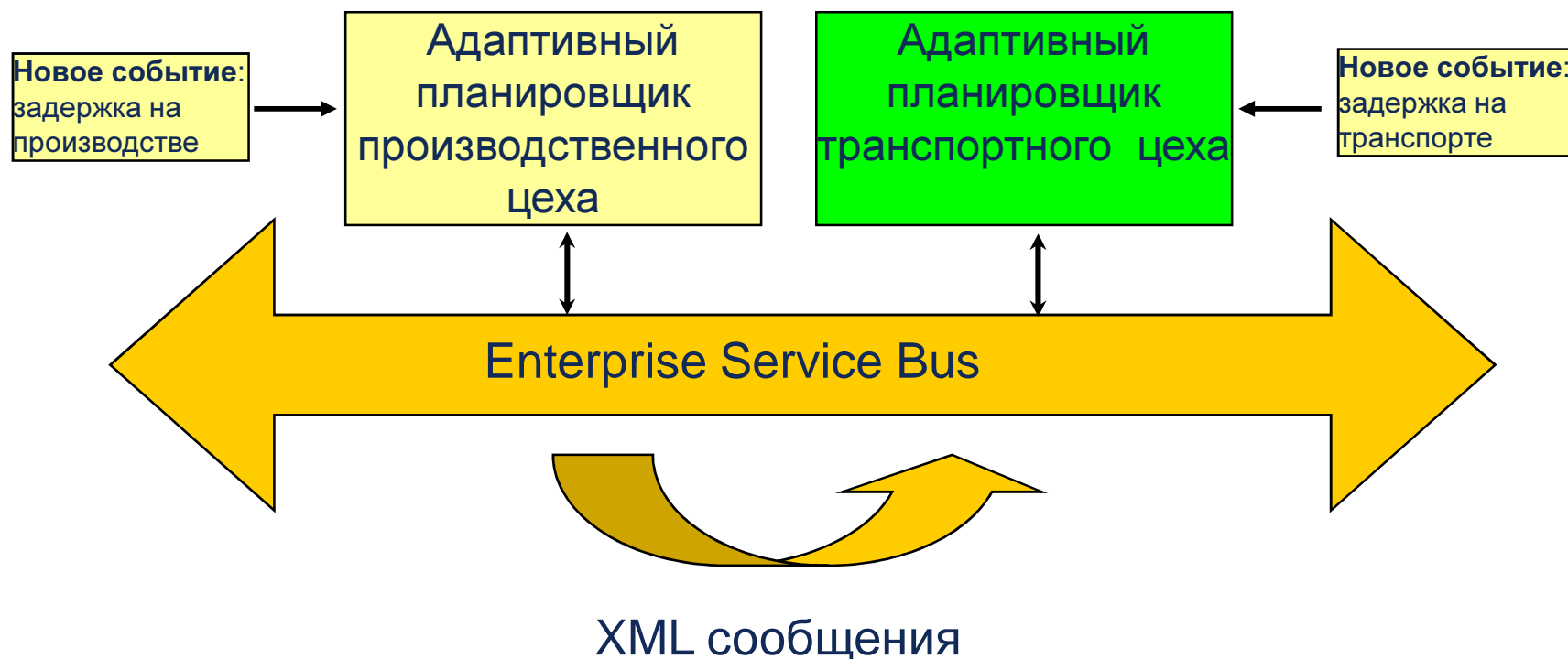


Место планировщика в едином информационном пространстве



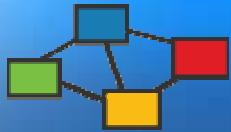


Пример: построение распределенной сети планировщиков



Сценарий 1: Производственный цех задерживается с производством изделия. Тогда транспорт, который запланирован на перевозку готового изделия клиенту, перепланируется, чтобы не стоять «у ворот» и не ждать производственный цех, и не терять деньги.

Сценарий 2: Транспорт, который запланирован на перевозку готового изделия клиенту, опаздывает. Тогда цех перепланирует свою работу, и успевает дополнительно выполнить другой заказ, для которого важно выполниться как можно скорее.



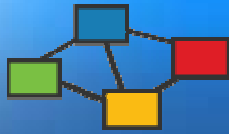
Особенности применения мультиагентных технологий в управлении цехом

- Система предприятия организована как сеть подсистем планирования (планировщиков) для каждого подразделения предприятия и поддерживающая их взаимодействие для согласования или координации планов
- Система в любой момент времени, и со стороны любого из своих элементов, может пересматривать связи между этими элементами и согласованно менять их планы
- Возможность использования различных стратегий планирования, от «точно в срок» – до «как можно быстрее» или «как можно дешевле»
- Автоматическое гибкое планирование всех имеющихся ресурсов в масштабе реального времени, как в автоматическом режиме, так и в диалоге с человеком



Сравнение с системами производственного планирования

- Распространенные MES системы:
 - Preactor (компания Preactor, Англия) - система планирования производственных процессов (APS) для малых и средних предприятий
 - Фобос («РТСофт», Россия) - система оперативного планирования, оптимизации и управления производством
 - Proficy Plant Applications (GE Fanuc)
 - IRIUS-MES («Промэлектроника»)
- Основные отличия предлагаемого подхода:
 - Поддержка современных тенденций автоматизации производства в реальном времени
 - Обеспечение адаптивного планирования по событиям в реальном времени
 - Учет сложности современного производственного планирования в машиностроении (много конфликтных интересов и стратегий их разрешения, критериев, ограничений и предпочтений и т.д.)
 - Расширяемость критериев планирования (количество не ограничено) и степени их значимости при достижении компромиссов
 - Индивидуальный подход к каждому заказу или ресурсу
 - Возможность накопления специальных знаний о планировщиках для улучшения результатов в дальнейшем (использование баз знаний на основе онтологий)
 - Наличие центра разработки, внедрения и сопровождения в России



Эффект использования мультиагентной технологии

- Новый подход к автоматизации решения задач управления современным сложным производством в реальном времени
- Поддержка принятия решений в условиях неопределенности и динамики изменений
- Повышение эффективности производства: возможность выполнить больше заказов меньшим числом ресурсов
- Повышение оперативности и гибкости в принятии решений
- Высокая производительность и масштабируемость решений
- Представление результата в наглядной форме
- Возможность вовлечения пользователей в процесс принятия согласованных решений
- Простота интеграции с имеющимися системами поддержки жизненного цикла изделия (PDM/PLM/CAD/CAM/CAE).
- Распределенная архитектура, открытая к подключению новых цехов
- Высокая конфигурируемость системы при добавлении новых знаний, функций, участников, подразделений
- Сокращение расходов на развитие системы



Smart Solutions

Living schedules – easy as 1-2-3



Спасибо за внимание!

Иващенко Антон Владимирович
Научно-производственная компания «Разумные решения»
www.smartsolutions-123.ru

г. Таруса, март 2011