

Интеллектуальные SCADA-системы: истoki и перспективы

77-30569/224479

10, октябрь 2011

Тарасов В. Б., Святкина М. Н.

УДК.004.89

МГТУ им. Н.Э. Баумана

tarasov@rk9.bmstu.ru

maria.svyatkina@gmail.com

1. ВВЕДЕНИЕ

Интеллектуализация является главным направлением развития современных технологий, а свойство интеллектуальности присуще всем новейшим информационно-управляющим системам. Эти выводы вытекают из практического опыта работы ведущих промышленных фирм и компаний, занимающихся проблемами автоматизации управления в самых различных областях. Опыт последнего десятилетия по решению множества практических задач и созданию сотен практически действующих систем показал, что именно интеллектуальные технологии оказываются наиболее конструктивными и экономически оправданными при разработке современных систем автоматизированного управления.

В настоящее время системы класса SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, Диспетчерское управление и сбор данных) являются весьма эффективной технологией автоматизированного управления динамическими системами во многих отраслях промышленности. Современные SCADA-системы имеют схожие возможности и принципы функционирования, которые позволяют решить типовые задачи, такие как: диспетчерский мониторинг и сбор данных о протекании технологического процесса, управление при наличии четких алгоритмов и полной формализованной модели объекта управления. Однако промышленные и транспортные предприятия XXI-го века представляют собой весьма сложные социотехнические динамические многопараметрические комплексы, и средств, предоставляемых обычными SCADA-системами, уже недостаточно. Соответственно

в работе проанализированы этапы эволюции SCADA-систем и рассмотрены перспективы их дальнейшего развития.

2. НАЧАЛО РАЗВИТИЯ СИСТЕМ SCADA

На ранних стадиях развития автоматизированных систем управления прообразом современных систем SCADA являлись системы телеметрии и сигнализации, которые обеспечивали дистанционный мониторинг небольшого числа параметров. Первые системы телеметрии стали известны в XIX столетии. Одна из первых линий передачи была создана в 1845 г. между Зимним дворцом российского императора и штабами армий. В 1874 г. французские инженеры установили систему датчиков определения погоды и глубины снега на Монблане, передающей информацию в режиме реального времени в Париж.

Позднее для отображения текущего состояния системы использовались «имитационные стены» (Mimic Walls). Оперативность вывода информации на такие стены характеризуют как «приближающуюся к реальному времени»: показания индикаторов и лампочек изменялись вручную по мере того, как перемещающиеся по удаленным локациям операторы получали новые данные [1].

Управление технологическими процессами на основе систем SCADA стало осуществляться в передовых странах в 1980-е годы.

Основными областями применения систем диспетчерского управления (по данным зарубежных источников), являются:

- управление передачей и распределением электроэнергии;
- промышленное производство;
- производство электроэнергии;
- водозабор, водоочистка и водораспределение;
- добыча, транспортировка и распределение нефти и газа;
- управление космическими объектами;
- управление на транспорте (все виды транспорта: авиа, метро, железнодорожный, автомобильный, водный транспорт);
- телекоммуникации;
- военная область.

3. СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Термин «SCADA» охватывает процессы сбора информации реального времени с удаленных объектов для обработки, анализа и возможного управления этими объектами. Здесь под реальным временем понимается режим работы автоматизированной системы обработки информации и управления, при котором существуют жёсткие ограничения на ее временные характеристики.

Ошибочно считать, что реальное время всегда означает «быстро». Правильнее сказать, что реальное время означает «вовремя». Другими словами, система реального времени гарантирует, что отклик происходит за требуемое время.

Системы реального времени бывают двух типов: системы жесткого реального времени и системы мягкого реального времени. Системы жесткого реального времени не допускают никаких ошибок [2]. Иными словами, жёсткое реальное время – это такой режим работы системы, при котором нарушение временных ограничений равнозначно отказу системы. Мягкое реальное время – режим работы системы, при котором нарушения временных ограничений приводят к снижению качества работы системы.

Практически все современные SCADA-системы включают три основных структурных компонента [3,4] (рис. 1): RTU, MTU и CS



Рис. 1 Структурные компоненты SCADA-систем

Здесь Remote Terminal Unit (RTU) – это удаленный терминал, осуществляющий обработку задачи в режиме реального времени. Спектр воплощения RTU широк – от примитивных датчиков, осуществляющих съем информации с объекта, до специализированных многопроцессорных отказоустойчивых вычислительных комплексов, осуществляющих обработку информации и управление в режиме жесткого реального времени. Его реализация определяется конкретной областью применения.

В свою очередь, Master Terminal Unit (MTU) есть диспетчерский пункт управления, который осуществляет обработку данных и управление высокого уровня, как правило, в режиме мягкого реального времени. Одна из основных функций MTU – обеспечение интерфейса между человеком-оператором и системой.

Наконец, Communication System (CS) есть коммуникационная система (каналы связи), необходимая для передачи данных с удаленных объектов на центральный интерфейс оператора-диспетчера, и передача сигналов управления на RTU.

Таким образом, любую автоматизированную систему управления технологическим процессом (АСУ ТП) можно представить в виде трехуровневой системы (рис. 2).

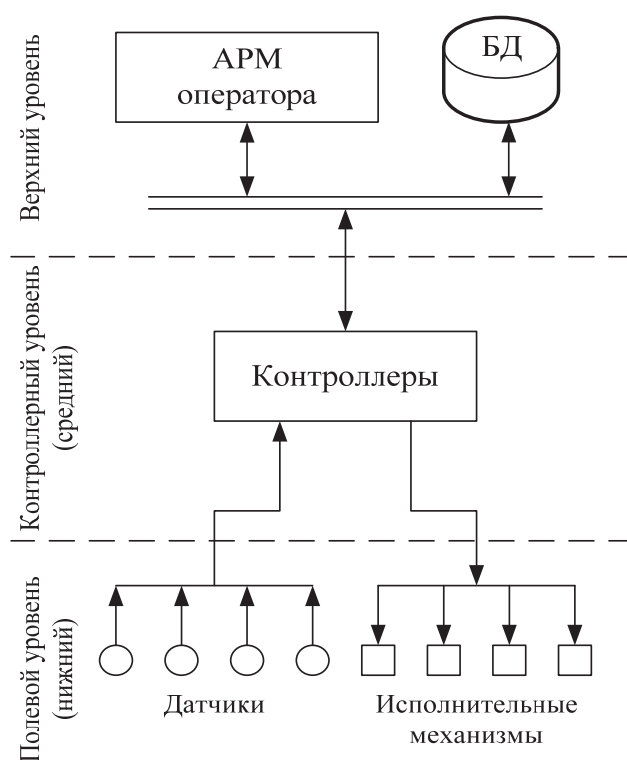


Рис. 2. Трехуровневая система АСУ ТП

Первый (нижний) полевой уровень системы автоматизации включает контрольно-измерительные приборы и приборы автоматики, а также исполнительные устройства управления, пульта сигнализации.

На втором (среднем) уровне для связи с технологическими объектами управления предусмотрены программируемые логические контроллеры (ПЛК). Они обеспечивают:

- сбор информации с полевого оборудования, входящего в АСУ ТП;
- обработку и передачу информации о состоянии объектов на верхний уровень системы;

- автоматическое регулирование и управление технологическим оборудованием и контроль его работы;
- прием информации с верхнего уровня управления и формирование управляющих воздействий на электроприводы исполнительных механизмов.

Третий (верхний) уровень включает в себя:

- автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов на базе персональных компьютеров со SCADA-системой операторского управления;
- сервер баз данных (БД), если используется автоматизированная система оперативного или коммерческого учета. [5]

4. ФУНКЦИИ ТРАДИЦИОННЫХ СИСТЕМ SCADA

Диспетчер в многоуровневой АСУ ТП получает информацию с монитора ЭВМ или с электронной системы отображения информации и воздействует на объекты, находящиеся от него на значительном расстоянии, с помощью телекоммуникационных систем, контроллеров, интеллектуальных исполнительных механизмов [3,4].

Основой, необходимым условием эффективной реализации диспетчерского управления, имеющего ярко выраженный динамический характер, становится работа с информацией, т.е. процесс сбора, передачи, обработки, отображения и представления информации.

Таким образом, можно выделить следующие основные функции SCADA-систем:

- сбор первичной информации от устройств нижнего уровня;
- обработка первичной информации;
- визуализация информации в виде графиков, гистограмм и т.п.;
- хранение информации с возможностью ее последующей обработки;
- управление и регистрация сигналов об аварийных ситуациях.

Существуют два типа управления удалёнными объектами в SCADA-системах: автоматическое и полуавтоматическое (инициируемое человеком). Во втором случае можно выделить пять функций человека-оператора в системе диспетчерского управления и сбора данных:

1) планирование (человек-оператор планирует, какие следующие действия необходимо выполнить);

- 2) обучение технической части (человек-оператор обучает компьютерную систему последующим действиям);
- 3) отслеживание результатов полуавтоматической и автоматической работы системы;
- 4) вмешательство в процесс при возникновении критических ситуаций – отказа автоматики или необходимости настройки и регулировки параметров процесса;
- 5) обучение человека-оператора в процессе работы.

В настоящее время, в связи с достаточно быстрым развитием информационных систем, от диспетчера требуется не только профессиональное знание технологического процесса, основ управления, но и опыт работы в этих информационных системах, умение принимать решение (в диалоге с ЭВМ) в нештатных и аварийных ситуациях и многое другое. Диспетчер становится главным действующим лицом в управлении технологическим процессом.

5. ПРЕДПОСЫЛКИ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ SCADA-СИСТЕМ

Как правило, технологические процессы, для которых применяют системы класса SCADA, как-то в энергетике, нефтегазовой и ряде других отраслей промышленности, являются потенциально опасными и при возникновении аварий приводят к человеческим жертвам, а также к значительному материальному и экологическому ущербу.

В [2-5] указано, что за тридцать лет (с начала 1960-х до конца 1980-х годов) число учтенных аварий удваивалось примерно каждые десять лет. В результате анализа большинства аварий и происшествий на всех видах транспорта, в промышленности и энергетике были получены интересные данные. В 1960-х годах ошибка человека была первоначальной причиной аварий лишь в 20 % случаев, тогда как к концу 1980-х доля «человеческого фактора» стала близкой к 80 %.

Одна из причин возникновения этой тенденции – старый, традиционный подход к построению сложных систем управления, т.е. ориентация на применение новейших технических и технологических достижений и недооценка необходимости построения эффективного человеко-машинного интерфейса, ориентированного на конкретного человека (диспетчера). Таким образом, требование повышения надежности систем диспетчерского управления является одной из ключевых предпосылок появления нового подхода при разработке таких систем.

Другая предпосылка дальнейшего развития и расширения возможностей традиционных SCADA-систем при управлении сложными техническими объектами и процессами обусловлена непрерывным возрастанием сложности управляемых объектов и процессов с одновременным сокращением времени, отводимого лицам оперативно-диспетчерского персонала на решение их задач. Ведь, несмотря на новые технические возможности, имеющиеся опыт и результаты ранее выполненных исследований и разработок SCADA-систем, при модернизации и развитии АСУ ТП по-прежнему нет надлежащего представления функций, ориентированных на усиление интеллектуальной составляющей деятельности оперативного персонала. Большинство таких систем ограничивается функциями получения, предварительной обработки и визуализации данных, т.е. исключительно информационными функциями, а обобщающие оценки возникающих ситуаций и принятие решений, выражающихся в конечном итоге в определении соответствующих планов дальнейших действий, по-прежнему остаются уделом оперативного персонала.

Эти системы обеспечивают контроль режимных параметров и предоставляют оперативному персоналу информацию о состоянии и режиме работы различных групп оборудования. Однако наряду с большими объемами контролируемой информации, факторами удобства и разнообразия форм ее представления оперативному персоналу, последний ощущает потребность в интеллектуальной поддержке со стороны автоматизированных систем, если требуются комплексный анализ и оценка возникающих ситуаций, обуславливающих необходимость оперативных действий.

Объяснение существующего положения дел, характеризующегося практическим отсутствием в существующих АСУ ТП компонентов, обеспечивающих решение аналитических и интеллектуальных задач, достаточно очевидно. Реализация, например, функций поддержки принятия решений требует от разработчиков АСУ ТП не только знаний своей предметной области, но также и знаний об особенностях технологических процессов и управлении ими.

Выбор конкретной модели из семейства SCADA-систем и требуемая информационная емкость определяются, прежде всего, потребностью обеспечения определенной степени «наблюдаемости» конкретного объекта. При этом все вопросы, касающиеся оперативного решения более сложных задач, выходящих за рамки традиционной обработки информации, остаются вне «поля зрения» этих систем. Следовательно, оперативный персонал, используя предоставляемую ему

информацию, будет действовать по-старинке при оценке ситуаций и принятии решений, т.е. без интеллектуальной поддержки со стороны этих систем.

К числу задач, стоящих перед человеком-диспетчером, относятся:

- анализ проблемной ситуации,
- идентификация возникшего отклонения от нормального (штатного) режима функционирования объекта,
- поиск возможных корректирующих решений по воздействию на объект,
- прогнозирование ситуаций,
- оценка последствий принимаемых решений,
- выдача команд на обработку необходимых управляющих воздействий.

Все эти задачи решаются в условиях неопределенности и жесткого дефицита времени. Здесь основные перспективы видятся в использовании беспроводных сенсорных сетей [6] для повышения автономности и надежности SCADA, интеграции средств SCADA с системами поддержки принятия решений (СППР) и разработке стратегий, методов и средств интеллектуализации SCADA.

6. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ SCADA

Интеллектуализация является главным направлением развития современных технологий, а свойство интеллектуальности должно быть присущим всем новейшим информационно-управляющим системам. Различные стратегии интеллектуализации SCADA-систем направлены на реализацию интеллектуальной информационной поддержки человека-оператора, использующего средства SCADA. Такую поддержку можно реализовать путем построения нечетких лингвистических баз данных/знаний вместе с подсистемами нечеткого вывода, причем информация для принятия решений может выводиться на автоматизированное рабочее место человека-оператора [7].

Опираясь на работы [7,8], приведем список основных интеллектуальных компонентов перспективной SCADA-системы.

К их числу относятся:

- Логико-лингвистическая модель ситуации.
- Нечеткая продукционная модель диагностирования.
- Нечеткая продукционная модель прогнозирования последствий аномальных ситуаций.

- Нечеткая продукционная модель прогнозирования действий диспетчера – «Что будет – если?».
- Когнитивно-графическая модель поддержки образного представления ситуации.
- Вопросно-ответная диалоговая модель.
- Модель поиска управляющих действий.

В качестве отечественного прототипа интеллектуальной SCADA-системы можно взять систему Спринт-РВ, разработанную под руководством А.А.Башлыкова [7].

На рис. 3 представлена общая архитектура интеллектуальной информационной системы управления, а на рис.4 показана реализованная в ней технология информационной поддержки человека-оператора.

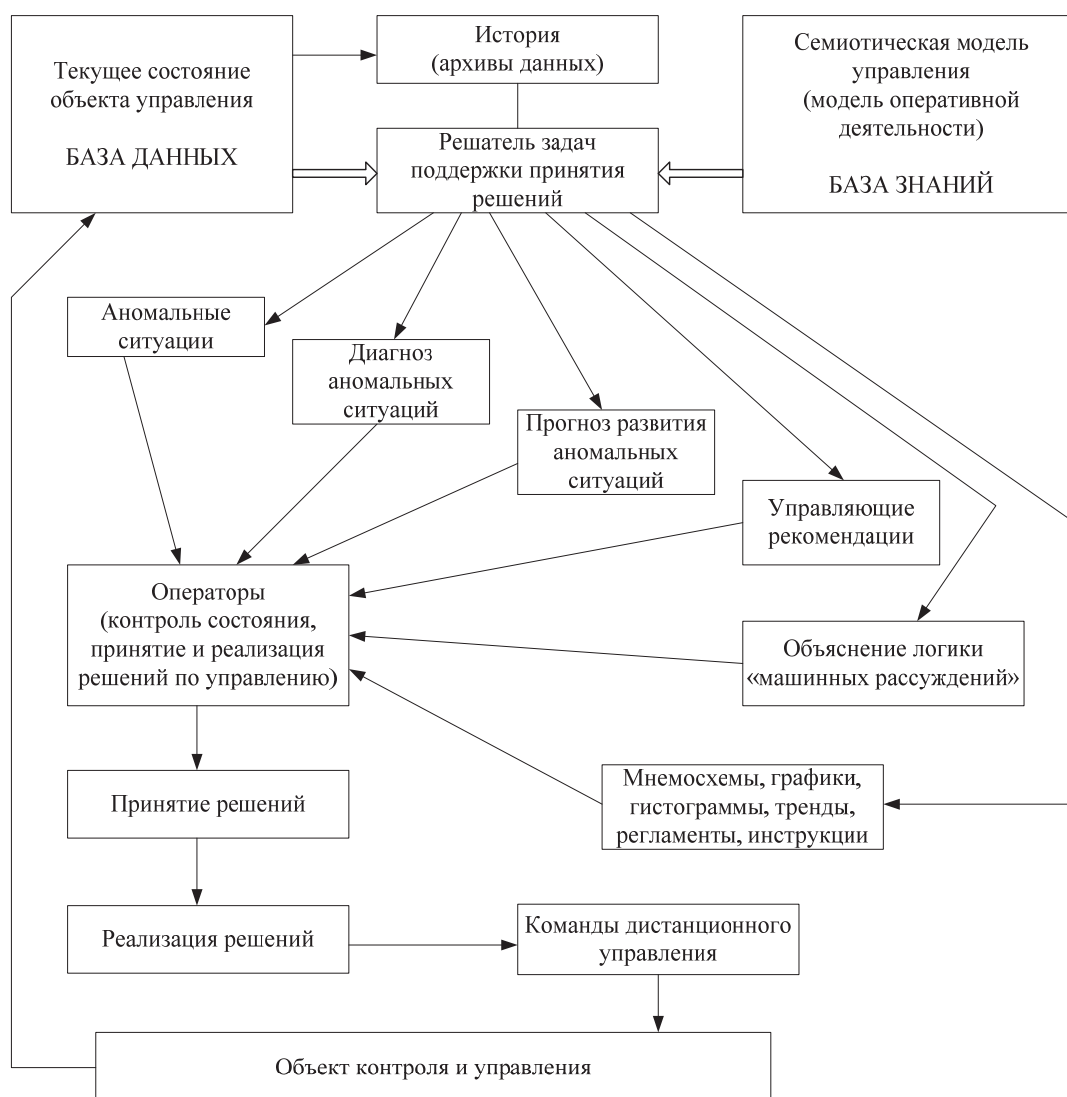


Рис. 3. Архитектура интеллектуальной информационной системы управления

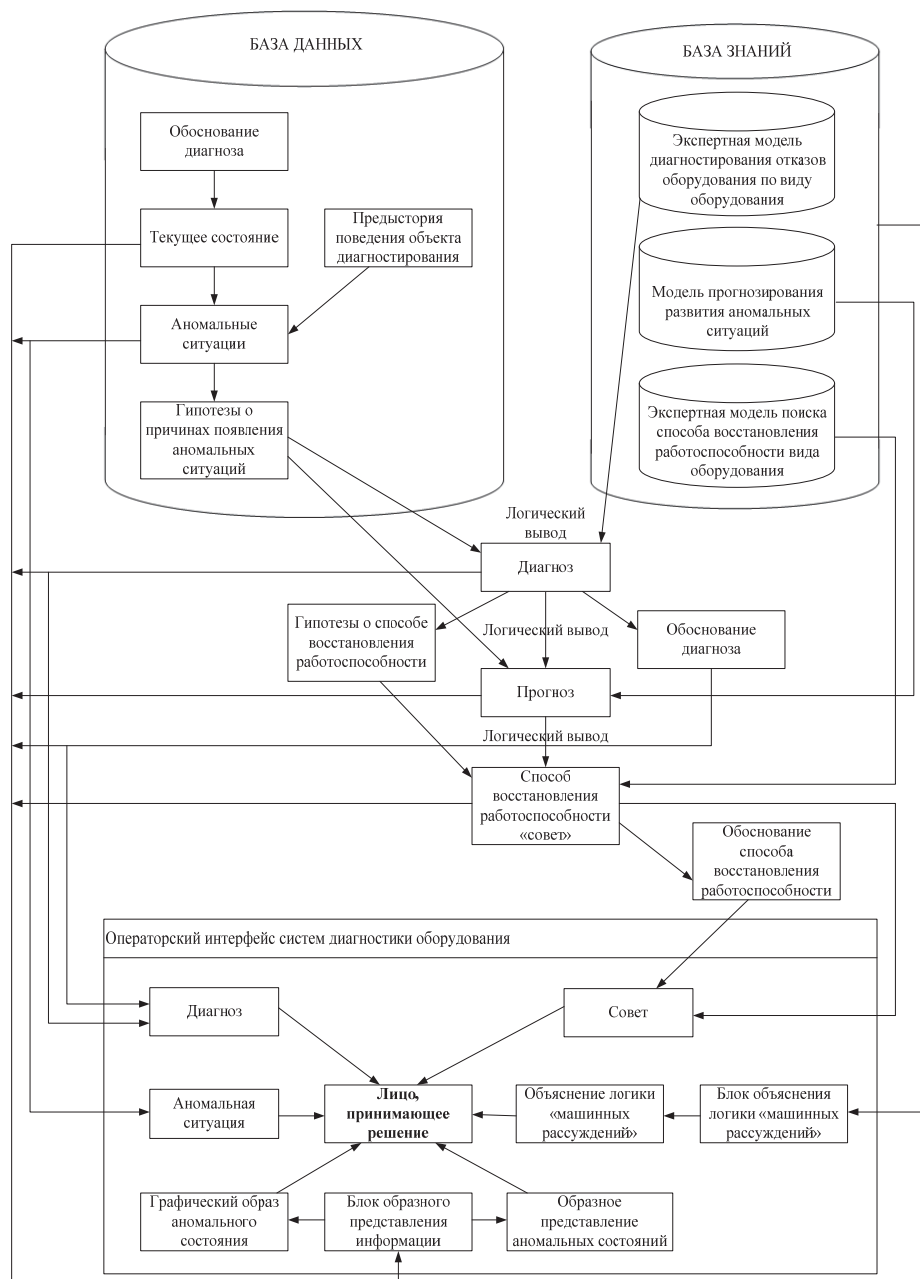


Рис. 4. Технология интеллектуальной информационной поддержки принятия решений человеком-оператором

Таким образом, функции интеллектуальных SCADA-систем включают в себя все функции традиционных систем SCADA, а также:

- ситуационный анализ состояний объектов контроля и управления;
- логический анализ событий, аномальных ситуаций;
- диагностика состояния технологического оборудования;
- прогноз поведения ТП во времени;

- оперативный поиск действий персонала при возникновении нештатных ситуаций;
- работа прикладной системы с наборами параметров, рассматриваемых как «единое целое» (грануляция информации).

7. КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СРЕД

В [9, 10] предложен вариант решения проблемы интеллектуализации управления и информационного обеспечения на основе концепции и методологии интеллектуальных сред. Термин «интеллектуальная среда» (дословно: «окружающий интеллект» – Ambient Intelligence) [11] служит для обозначения искусственных сред, чувствительных к присутствию людей и реагирующих на это присутствие. В [10] сформулирована концепция построения искусственной интеллектуальной среды как гибридного мета-агента с распределенной системой восприятия и централизованной исполнительной системой. Общая архитектура интеллектуальной среды как гибридного интеллектуального агента включает 4 основных компонента (рис. 5): 1) средства обработки знаний и рассуждений; 2) искусственные сенсорные системы; 3) искусственные средства осуществления действий; 4) программно-аппаратные средства реализации повсеместных вычислений (Ubiquitous Computing).

Ключевую роль при создании интеллектуальных сред призваны сыграть средства проведения автоматизированных измерений и оценок, относящиеся к классу SCADA-систем.

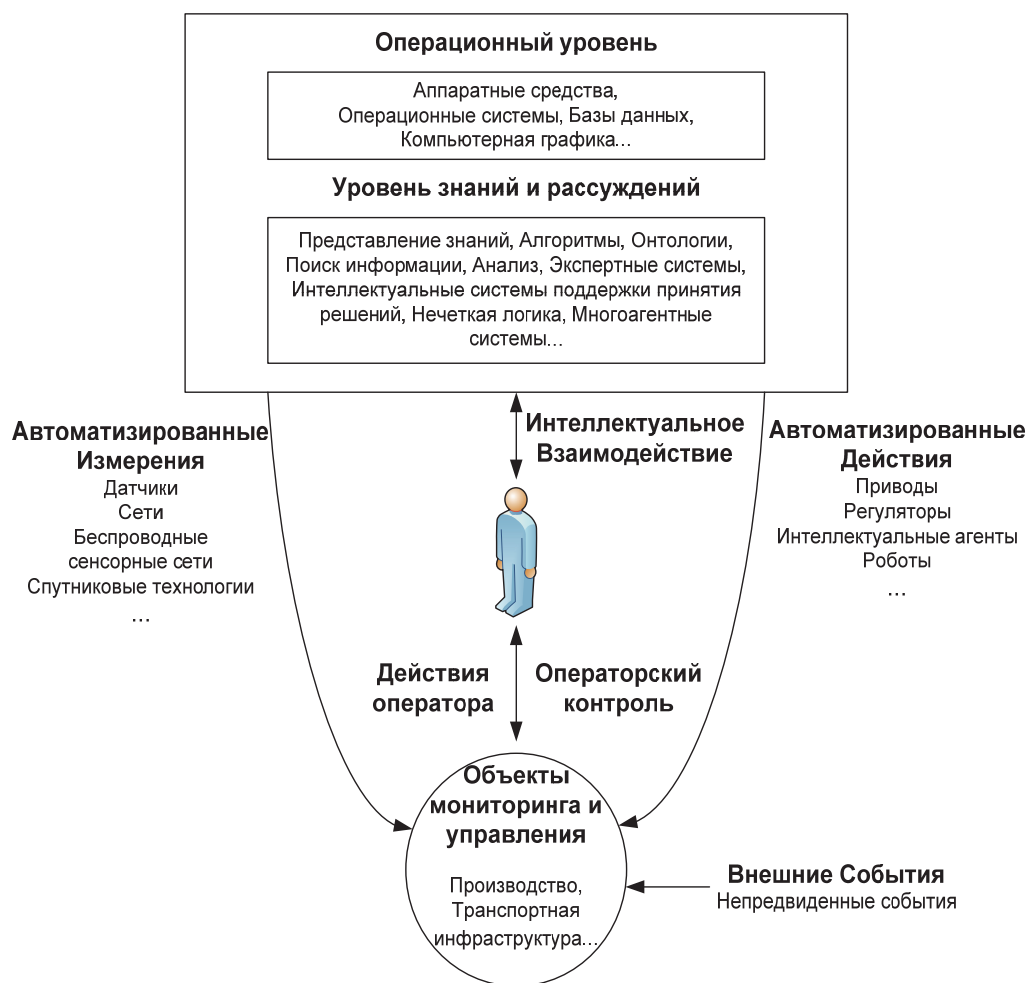


Рис. 5 Общая архитектура интеллектуальной среды как агента

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье показано, что дальнейшее развитие SCADA-систем неотъемлемо связано с развитием методов и средств искусственного интеллекта. Один из главных путей развития - интеллектуализация SCADA-систем путем создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР) и их интеграции с классическими SCADA-системами. Другой многообещающий подход к повышению автономности и надежности SCADA-систем состоит в использовании беспроводных сенсорных сетей и построении интеллектуальных сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эволюция SCADA: от телеметрических приложений до корпоративных систем // Средства и системы компьютерной автоматизации, 05.06.2009. – www.asutp.ru.
2. Щагин А.В., Демкин В.И., Кононов В.Ю., Кабанова А.Б. Основы автоматизации техпроцессов: Учебное пособие. – М.: Высшее образование, 2009.

3. Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. SCADA-системы: взгляд изнутри. – М.: РТСофт, 2004.
4. Пьявченко Т.А. Проектирование АСУТП в SCADA-системе. – Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2007.
5. Андреев Е.Б., Попадько В.Е. Технические средства систем управления технологическими процессами нефтяной и газовой промышленности: Учебное пособие. – М.: Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005.
6. Шабельников А.Н., Шабельников В.А., Ковалев С.М. Интеллектуальные системы распределенного мониторинга на основе беспроводных сенсорных сетей с использованием системы мобильных объектов// Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов V-й Международной научно-технической конференции (Коломна, 28-30 мая 2009 г.). В 2-х томах. Т.1. – М.: Физматлит, 2009. – С. 538-543.
7. Башлыков А.А., Жаров И.В., Шумилин В.Ю., Сапожников С.И., Якманова О.Б. Спринт-РВ – интеллектуальная SCADA-система// Приборы. –2006. – №12 (78). – С.27-39.
8. Lange T. Intelligent SCADA Systems// Engineer IT. Automation and Technical.Control April 2007. – P. 26-30.
9. Ковалев С.М. Тарасов В.Б. Проблемы развития интеллектуальных технологий на транспорте и производстве // Автоматизация и механизация технологических процессов на сортировочных станциях Труды 1-й международной научно-практической конференции (Москва, 24-25 ноября 2010 г). – С. 68-72.
10. Тарасов В.Б. От информационного общества к интеллектуальной экономике// Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями. Сборник научных трудов XIV-й научно-практической конференции (РБП-СУЗ-2011, Москва, МЭСИ, 28-29 апреля 2011 г.). – М.: МЭСИ, 2011. – С. 286-298.
11. Aarts E., Harwig R., Schuurmans M. Ambient Intelligence//The Invisible Future: The Seamless Integration of Technology into Everyday Life/ Ed. by P.J.Denning. – New York: McGraw-Hill Companies, 2001.