



УДК 004.89:004.4

СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКАЯ СМАРТ-КОБОРГ СИСТЕМА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Соловьев В.И.*

** Научно-Инженерный Центр Ассоциации содействия Всемирной Лаборатории,
г. Москва, Россия*

sicwl@newmail.ru

В статье рассмотрены вопросы применения коборг-технологии для создания сетевых коборг-систем, представляемых вертикальной конфигурацией неоднородных мультиагентных коборгов (МА-коборгов). Предлагаемая архитектура позволяет реализовывать принципы самоорганизации МА-коборгов для достижения поставленных «центром» задач.

Ключевые слова: коборг – технология; мультиагентные коборги; сетевые системы.

ВВЕДЕНИЕ

Основная сущность коборг-технологии для диагностирования и управления сложными организованными объектами (A complicated organized objects-Coborgs) была освещена в [Соловьев В.И., 2011а], [Соловьев В.И., 2011б], [Соловьев В.И., 2012]. Она заключается в представлении таких объектов как некоторого организованного единства всех согласованно действующих в них процессов, органов, систем или функциональных узлов, не относящиеся к животному или растительному миру, но обладающие основными свойствами живых организмов. В этом случае при проектировании интеллектуальных систем в некоторой проблемно-ориентированной области необходимо в составе коборга: а) выделить органы (процессы, функциональные узлы или системы); б) сформулировать перечень информативных внутренних параметров состояния (ВПС) в виде различных проектных нормативов, заданных диапазонов и траекторий, предельно допустимых минимальных или максимальных величин; в) обеспечить возможность непрерывного контроля (измерения, регистрации) ВПС в реальном времени; г) определить перечень возможных расстройств (заболеваний) или аномальных состояний коборга при выходе ВПС за установленные интервалы. Дальнейшее построение интеллектуальной системы диагностирования и управления коборгом (SmartCoborgSystem) может производиться, например, на основе процедур использования и обработки знаний в соответствующей предметной области [Уэно Х. и др., 1989].

Коборг-технология достаточно хорошо зарекомендовала себя при создании систем диагностирования и управления локальными (сосредоточенными) объектами. Здесь укажем на металлургические агрегаты (доменные печи, агломерационные машины).

Основная часть

В данном докладе рассмотрена возможность применения указанного подхода к созданию интеллектуальных систем оперативного диагностирования и управления сложными мультиагентными объектами, находящиеся в едином сетевом пространстве, которые мы в соответствии с основной концепцией коборг-технологии назовем мультиагентными коборгами (МА-коборги). МА-коборгами могут быть:

- действующая группа интеллектуальных роботов - агентов;
- действующие отряды (соединения) локальных техно-коборгов (надводных и подводных судов, самоходных наземных машин, воздушных аппаратов), а также любое неоднородное сетевое пространство;
- подразделение (коллектив, команда, персонал), выполняющее определенное задание или решающая определенную задачу.

Здесь на примере создания интеллектуальной системы оперативного управления деятельностью металлургического предприятия, рассмотрим неоднородное сетевое пространство, включающее в себя на нижнем уровне в качестве программных агентов локальные техно-коборги

(технологические агрегаты) или отделы и участки, оснащенные автоматизированными рабочими местами (АРМ). На следующих "этажах" сети находятся соответственно цеховые коборги, коборги производств и, наконец, основные функциональные коборги, отражающие главные области деятельности предприятия: производство, коммерцию и финансы. Таким образом, создается структура "матрешечного" типа, в которой каждый локальный программный агент, оставаясь частью общей системы, осуществляет самостоятельно свои функциональные задачи.

На рисунке 1 представлен фрагмент сетецентрической архитектуры предприятия.

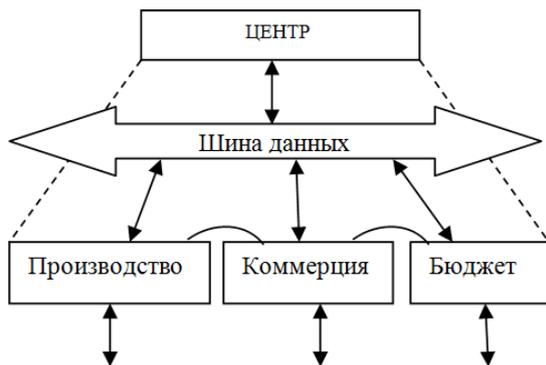


Рисунок 1 - Фрагмент (верхний этаж) сетецентрической архитектуры управления предприятием

Известны теоретические и прикладные разработки [Скобелев П.О., 2010], [Феоктистов А.Л. и др., 2012] применения сетецентрического подхода для целей управления сложными распределенными объектами. Сущность его заключается «...в организации управления сложными процессами в распределенной коммуникационной инфраструктуре, реализующей максимальную ситуационную осведомленность каждого узла и переходу к работе каждого узла в режиме самоорганизации на достижение поставленных задач» [Шабунин Б.А. и др., 2012].

Основным отличием предлагаемой сетецентрической архитектуры от общеизвестной заключается в том, что элементы и узлы на каждом «этаже» сети представляются сложными организованными объектами – коборгами. Такое представление позволяет возложить на коборг не только функцию планировщика, но и осуществлять диагностирование и прогноз текущего состояния коборга на предмет его функционального расстройства (заболевания), выявлять причины расстройства или аномального состояния и своевременно формировать параметрические и симптоматические воздействия по ликвидации развивающегося расстройства.

С точки зрения коборг-технологии сетецентрическое пространство на каждом этаже представляется в виде автономного МА-коборга, включающего коборг-координатор с соответствующим числом нижележащих

интеллектуальных коборгов-исполнителей (на рисунке 1 выделены пунктирной линией). В свою очередь, коборги-координаторы и коборги-исполнители изменяют соответственно своё назначение на других этажах сети.

Такой подход позволяет рассматривать МА-коборг как некое типовое самостоятельное подразделение, встроенное в общую архитектуру системы управления, соответствующее организационной структуре предприятия. Отметим основные отличительные свойства такого МА-коборга:

1. Каждый локальный коборг, входящий в состав МА-коборга имеет свою структуру и органы (узлы, компоненты, процессы) в соответствии со своей физической сущностью. Так, основными исполнительными органами координационного МА-коборга «ХЭД», представляющего оперативное состояние хозяйственно-экономической деятельности предприятия являются коборги «ПРОИЗВОДСТВО», «КОММЕРЦИЯ» и «БЮДЖЕТ». В свою очередь, основными органами координационного МА-коборга "ПРОИЗВОДСТВО" являются цеховые исполнительные коборги: "Доменное производство", "Сталеплавильное производство", "Прокатное производство", "4-ый передел". И наконец, в состав цеховых координационных МА-коборгов, например, "Доменный цех", входят исполнительные технокоборги: "Доменные печи".

Органами координационного МА-коборга «БЮДЖЕТ» являются функциональные исполнительные коборги: а) "финансовые обязательства предприятия"; б) "встречные обязательства" (платежи по обязательствам получателей); в) "ожидаемые финансовые резервы"; г) "фактические финансовые резервы". На следующем нижнем этаже исполнительными коборгами будут являться органы: "Приход", "Расход", "Отгрузка товаров и услуг", "Поступление платежей", в состав которых, в свою очередь, входят соответственно исполнительные коборги по основным статьям обязательств и расходов предприятия, получателям и плательщикам.

Органами координационного МА-коборга «КОММЕРЦИЯ» являются функциональные исполнительные коборги: а) "Сбыт готовой продукции"; б) "Поступление сырья"; в) "Отгрузка сырья поставщиками". На следующем нижнем этаже в состав координационных МА-коборгов: "Сбыт готовой продукции"; "Поступление сырья"; "Отгрузка сырья поставщиками" входят соответственно исполнительные коборги по видам и количеству отправляемой готовой продукции, поставляемого на предприятие и отгружаемого поставщиками сырья и материалов.

2. Функциональная структура МА-коборга содержит следующие два типа ВПС:

- а) индивидуальные параметры состояния (ИПС)

каждого исполнительного коборга в составе соответствующего функционального органа МА-коборга. Индивидуальными параметрами состояния могут являться:

- на уровне технологических агрегатов (техно-коборгов) – тепловые, механические и газодинамические показатели, характеризующие ход технологического процесса (характер движения шихты, химический состав и изменение содержания газов в процессе плавки металла, температуры нагрева зон печи и прокатываемого металла и др.);
- на уровне цехового коборга – текущие значения вероятности расстройтва или заболевания каждого техно-коборга, входящего в состав цеха;
- на уровне коборга «ПРОИЗВОДСТВО» – текущие значения вероятности расстройтва или нежелательного состояния каждого цехового коборга, входящего в состав производства;
- на уровне коборга «ХЭД» – текущие значения вероятности расстройтва или нежелательного состояния производственной, коммерческой и финансовой (здесь бюджетной) деятельности предприятия.

б) координатные параметры состояния (КПС), отражающие общие выходные показатели координирующего МА-коборга. На цеховом и общепроизводственном уровнях таковыми являются: выпуск готовой продукции, отправка готовой продукции со склада, удельные расходы сырья и материалов на производство (эффективность производства). На уровне коборга «ХЭД» этими показателями в оперативном плане могут являться доход и затраты. КПС используются при диагностировании состояния МА-коборга для корректирования (усиления или ослабления) влияния коэффициентов уверенности вывода на возможное изменение состояния коборга. Текущие значения и характер изменения КПС и ИПС отражают состояние и определяют результат деятельности и функционирования мультиагентного объекта на все этапы его жизненного цикла. Очевидно, что независимо от назначения МА-коборга его эффективное функционирование возможно тогда, когда он находится в нормальном состоянии. Нормальное (заданное) состояние МА-коборга, соответствующее достижению или приближению к поставленной цели (целевой функции), обеспечивается в случае, когда его основные ВПС находятся в заданных интервалах. Так заданные интервалы ИПС удобно представлять в виде проектных нормативов или оперативных заданий каждому интеллектуальному исполнительному агенту с учетом его принадлежности к определенному органу МА-коборга. Основные принципиальные технико-алгоритмические решения по диагностированию и управлению МА-коборгом представлены на рисунке 2.

Здесь: МА-Коборг – мультиагентный сложный организованный объект, состоящий из коборга –

координатора и индивидуальных (локальных), в общем случае, неоднородных коборгов;

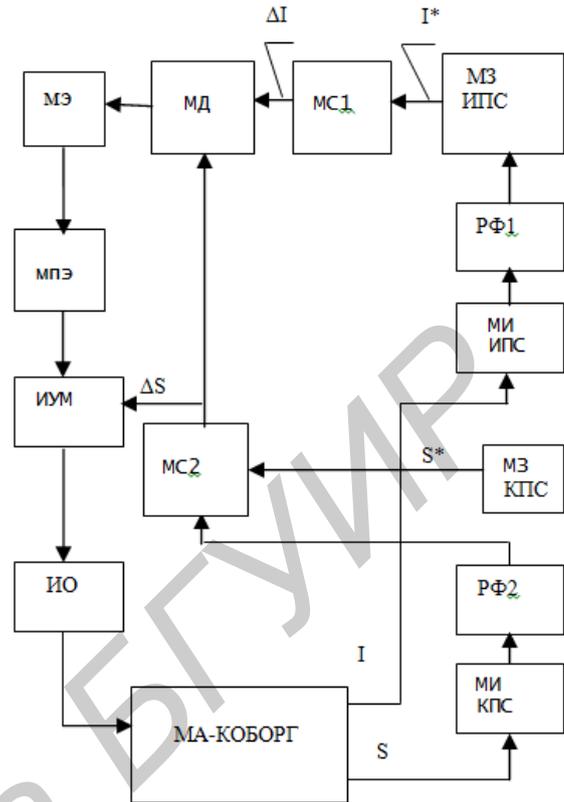


Рисунок 2 - Схема диагностирования и управления МА-коборгом

S^* , I^* , S , I – соответственно заданные и текущие значения координатных и индивидуальных параметров состояния МА-коборга; ΔS и ΔI – отклонения текущих значений параметров состояния от заданных; U – управляющие воздействия. МЗ КПС и МЗ ИПС – модули заданий координатных и индивидуальных параметров состояния МА-коборга; МИ КПС и МИ ИПС – модули измерения текущих значений координатных и индивидуальных параметров состояния; РФ-1 и РФ-2 – робастные фильтры; МС1 и МС2 – модули сравнения; МД – модуль диагностирования текущего состояния МА-коборга; МЭ-модуль экстраполяции; МПЭ – модуль пороговых элементов; ИУМ – информационно-управляющий модуль; ИО – исполнительный орган.

3. Под функциональным расстройством или нежелательным изменением состояния МА-коборга будем понимать нарушение нормального функционирования какого-либо органа или какой-либо системы, входящих в состав этого МА-коборга, носящее периодический или постоянный характер. Как правило, расстройство организма связано с закономерным сочетанием и развитием симптомов расстройтва или заболевания, представляющих собой устойчивые отклонения текущих значений ВПС от заданных диапазонов. В коборгах используются так называемые объективные симптомы, наблюдаемые в процессе его эксплуатации и тестирования в реальном времени. Отметим, что полезную информацию о

дополнительных характеристиках симптома (устойчивость тренда, дисперсия, скорость нарастания и др.) можно извлекать по всему диапазону текущего изменения ВПС. Система диагностирования производит выявление и оценку состояния каждого органа или процесса по текущему значению и тренду кривой вероятности развития расстройства в соответствии с процедурами (1) представления и использования знаний в соответствующей предметной области. Затем принимается решение о принадлежности текущего состояния МА-коборга к заранее определенному нечеткому терму состояния типа: «нормальное», «удовлетворительное», «неудовлетворительное», «критическое». Это позволяет оперативно оценивать как текущее состояние «здоровья» действующего МА-коборга, как в целом, так и его отдельных органов. Очевидно, что для таких сложных организованных мультиагентных объектов, не имеющих в отличие от медицины своей собственной терминологии расстройств и заболеваний, эти приемы нечеткой логики при оперативном диагностировании состояния остаются пока единственным решением.

Каждое из состояний, в котором может находиться коборг, характеризуется определенным диапазоном, так называемого коэффициента уверенности вывода CF_i , принимающего значения из интервала $[-1,1]$. При этом CF_i , принадлежащее к интервалу $(0,1]$, интерпретируется как вероятность наличия одного из этих состояний, а абсолютное значение CF_i , принадлежащее к интервалу $[-1,0)$, – как вероятность отсутствия какого-нибудь из этих состояний. Количественная оценка достоверности вывода о развитии расстройства функционирования коборга производится по следующим процедурам нечеткой логики MYCIN [Shortliffe E. H., 1976]:

1. При связи логического И (END) :
 $CF[A] = CF[X \text{ и } Y, .] = \min\{CF[X, .], CF[Y, .]\}$
2. При связи логического ИЛИ (OR):
 $CF[A] = CF[X \text{ или } Y, .] = \max\{CF[X, .], CF[Y, .]\}$
3. При комбинированной связи COMB (И - ИЛИ):
 - а) $CF[A, (X,Y)] = +1$, если $CF[A,X] = 1$ или $CF[F,Y] = 1$
 - б) $CF[A, (X,Y)] = CF[A,X] + CF[A,Y] - CF[A,X] \cdot CF[A,Y]$ (1)
 если $CF[A,X] > 0$ и $CF[A,Y] > 0$;
 в) $CF[A, (X,Y)] = CF[A,X] + CF[A,Y]$,
 если $CF[A,X] \neq \pm 1$ и $CF[A,Y] \neq \pm 1$, а $CF[A,X] \cdot CF[A,Y] \leq 0$;
 г) $CF[A, (X,Y)] = CF[A,X] + CF[A,Y] + CF[A,X] \cdot CF[A,Y]$,
 если $CF[A,X] < 0$ и $CF[A,Y] < 0$;
 е) $CF[A, (X,Y)] = -1$, если $CF[A,X] = -1$ или $CF[A,Y] = -1$,

где $CF[X]$ и $CF[A,Y]$ – коэффициенты уверенности вывода развития расстройства A , определяемые экспертными знаниями или промежуточными результатами доказательств на непрерывном интервале $[-1 + 1]$ от соответствующих симптомов x и y , появление которых обуславливается отклонением текущих значений параметров состояния объекта от установленного диапазона. Коэффициент CF , полученный из трех и более независимых доказательств выводится последовательно, используя указанные выше формулы.

Пример результата оперативного диагностирования МА-Коборга на высшем этаже сетецентрической сети предприятия приведен на рисунке 3.



Рисунок 3 - Диаграмма оперативного диагностирования МА-Коборга

На рисунке 3:

- «б» – текущее состояние исполнительного коборга «БЮДЖЕТ»;
- «п» – текущее состояние исполнительного коборга «ПРОИЗВОДСТВО»;
- «к» – текущее состояние исполнительного коборга «КОММЕРЦИЯ»;
- «хэт» – текущее состояние центрального координирующего коборга «ХЭД» (хозяйственно-экономическая деятельность предприятия).

4. В общем случае онтологический базис диагностирования и управления мультиагентными коборгами представляется некоторым множеством знаний в области диагностирования текущего состояния определенного функционального коборга, о числе и характере контролируемых внешних и внутренних возмущений, способов и приемов применения управляющих воздействий по ликвидации намечающихся расстройств или заболевания коборга. Общая функциональная структура любой коборг-системы содержит:

- а) модуль обработки входной информации (прием в реальном или псевдореальном времени измеренных или регистрируемых входных параметров); б) процессор искусственного интеллекта для формирования базы знаний на внешнем языке представления знаний, подсистему контроля и отладки базы знаний, отображения базы знаний и результатов диагностирования; в) базы

знаний расстройств (заболеваний) коборга. Представляется так называемым «коллективным экспертом», содержащего в себе некую совокупность знаний, извлекаемых из прикладных трудов предметной области, технологических и других инструкций типовых положений, правил, стандартов, а также знаний экспертов; г) базы знаний контролируемых внутренних и внешних возмущений (причин) расстройства или заболевания коборга; д) базы знаний управляющих воздействий. В оперативном плане в зависимости от степени расстройства или заболевания коборга применяются соответственно симптоматические или параметрические воздействия для ликвидации симптомов или причин, вызвавших расстройство функционирования коборга; е) архивный модуль для хранения непрерывных реализаций кривых ВПС, выходных параметров и фактических управляющих воздействий; ж) модуль развития и коррекции базы знаний для корректировки CFi порождающих правил.

5. Для работы с неоднородными объектами в системе использованы связанные друг с другом различные математические формализации и экспертные знания. В качестве формальной базовой спецификации, пригодной для описания математических моделей, произвольных вычислений, диалога и экспертных знаний в реальном времени используется математический аппарат функциональных сетей (ФС) [Юрченко В.В., 1992], который в качестве средства представления знаний открывает большие возможности в автоматизации построения систем искусственного интеллекта. База знаний диагностирования состояния МА-коборга представляет собой набор продукций, позволяющий сочетать логический вывод и вычисления коэффициентов уверенности CFi. Она имеет многослойную структуру, схематически изображённую на рисунке 4. Первый (нижний) слой образуют N блоков выходных переменных – результат измерений (x^j_1), причем x^j_1 может принимать несколько значений. Каждый блок входных переменных считывает результаты измерений одного из значений параметров соответствующего коборга. Так, например, группа $x^1_i = (x^1_i)$, $i=1, \dots, 9$ служит для описания параметров текущей отгрузки готовой продукции. При этом x^1_1 задает диапазон изменения количества отгружаемой продукции, x^1_2 – тенденцию изменения, а x^1_3 – описывает ритмичность отгружаемой продукции.

При этом: x^1_1 – диапазон по отгрузке имеет три альтернативы: а) заданное значение; б) выше заданного значения; в) ниже заданного значения.

x^1_2 – тенденция изменения отгрузки может принимать следующие значения: а) увеличивается; б) уменьшается; в) не меняется.

x^1_3 – показатель ритмичности : а) меньше или равно 0,5; б) больше 0,5, но меньше 0,8 ;

в) больше 0,8.

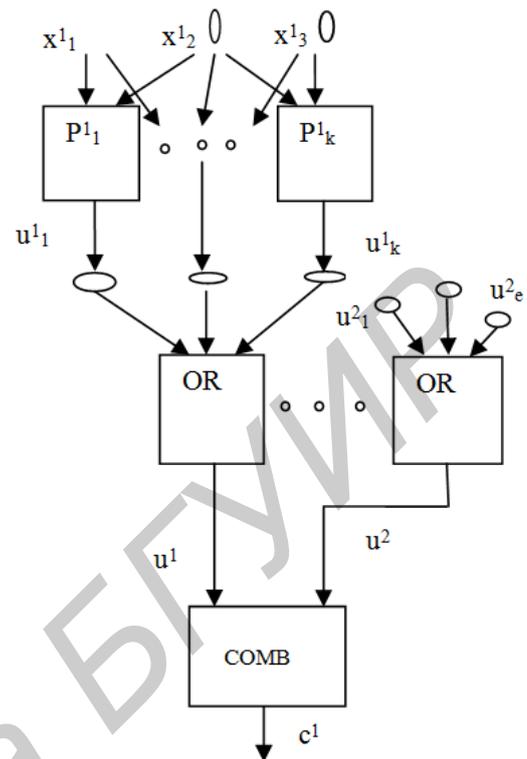


Рисунок 4 - Фрагмент базы знаний диагностирования коборга

Второй слой образуют блоки продукций P_{ij} вида:

IF «условие» THEN $u_i = a$ ELSE $u_i = 0$.

В качестве условия используются предикаты вида $u_{ij} = \langle \text{значение} \rangle$, объединенные логическим "И". Результатом выполнения продукции является значение переменной, имеющее смысл промежуточного коэффициента уверенности. Эти коэффициенты определяются экспертом при вводе правил в базу знаний. k-тый блок образуют продукций, в условиях которых используются переменные из k-того блока переменных. Фактические элементы j-того блока продукций описывают воздействие j-того параметра на состояние коборга.

Третий слой образуют блоки так называемых OR-правил. Эти правила выполняются по следующему алгоритму. Пусть s_1, \dots, s_n – входные переменные OR-правила, а s – выходная переменная. Тогда:

- 1) если все $s_i = 0$, то $s = 0$.
- 2) если $s_i \leq 0$, то в качестве s принимается максимальная отрицательная s_i .
- 3) если s_i имеют положительные, нулевые и отрицательные значения, то $s = \max s_i$.

Как видно из рисунка 4 OR-правила используются для объединения результатов, получаемых во втором слое. Четвертый и последующие слои образуют блоки так называемых COMB-правил. Эти правила выполняются в соответствии с алгоритмом (1). Многослойная структура позволяет удобно добавлять, расширять или удалять блоки правил в любом слое.

Заключение

Предложенная Коборг-технология позволяет:

- 1) создать универсальную основу при проектировании интеллектуальных систем оперативного диагностирования и управления сложными организованными объектами различного назначения (локальными коборгами), в том числе для неоднородных мультиагентных объектов сетцентрической архитектуры (МА-коборгами);
- 2) представление сетцентрической системы в виде совокупности многоуровневых сложных организованных мультиагентных объектов (МА-Коборгов) из центрального коборга и исполнительных интеллектуальных агентов (локальных коборгов). Это позволяет возложить на коборг не только функцию планировщика, но и оперативно осуществлять диагностирование и прогноз текущего состояния коборга на предмет его функционального расстройства (заболевания), выявлять причины расстройства или аномального состояния и своевременно формировать параметрические и симптоматические воздействия по ликвидации развивающегося расстройства.

Библиографический список

- [Соловьев В.И., 2011] Smart Coborg Systems. Материалы международной научно-практической конференции OSTIS-2011. г. Минск. Секция 8.
- [Соловьев В.И., 2011] Интеллектуальная система управления сложными организованными объектами (коборгами). Патент на изобретение RU №2435187 С2, 2011г.
- [Соловьев В.И., 2012] Интеллектуальные мультиагентные коборг-системы. Интеллектуальные системы: Труды Десятого международного симпозиума / Под ред. К.А. Пупкова.- М: РУСАКИ, 2012. С.254 – 258.
- [Уэно Х. и др., 1989] Представление и использование знаний. Под ред. Уэно Х, Исидзука М. – М.: Мир, 1989.
- [Скобелев П.О., 2010] Мультиагентные технологии в промышленных приложениях: к 20-летию основания Самарской школы мультиагентных систем. – «Мехатроника, Автоматизация, Управление», №12, 2010. – с. 33-46.
- [Феоктистов А.Л. и др., 2012] Разработка принципов построения многоуровневой мультиагентной системы для управления проектами и ОКР РКК «ЭНЕРГИЯ» - Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIV Международной конференции (19-22 июня 2012г., Самара, Россия / Под ред.: академ. Е.А. Федосова, академ. Н.А. Кузнецова, проф. В.А. Виттиха. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. с.718-723
- [Шабунин Б.А. и др., 2012] Сетцентрический подход к созданию распределенных систем управления ресурсами ОАО «РЖД» на основе мультиагентных технологий. - Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIV Международной конференции (19-22 июня 2012г., Самара, Россия / Под ред.: академ. Е.А. Федосова, академ. Н.А. Кузнецова, проф. В.А. Виттиха. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. с.724-734

[Shortliffe E. H., 1976] Computer-based Medical Consultations: MYCIN, Elsevier, New York.

[Юрченко В.В., 1992] Функциональные сети. - М: Наука, 1992. – 184 с.

NETWORK-CENTRIC COBORG-SYSTEM FOR OPERATIONAL DIAGNOSIS AND CONTROL

V.I.Soloviev

*Association for World Laboratory Assistance
Science and Engineering Center,
Moscow, Russia*

sicwl@newmail.ru

The paper describes approach creating network-centric system based on multi-agent MA-Coborgs. The offered Network – Centric architecture permits to realize principles of self-organizing MA-Coborgs for achievement of the tasks delivered by «Centre».

INTRODUCTION

The paper considers a system of diagnosis and management of a complicated organized multi-agent objects (MA-Coborgs). MA-objects are understood to be a certain unity of all the processes, organs and systems acting inside it. They belong neither to animal nor organic, vegetable, life, nevertheless they possess the main characteristics of life organisms. We name objects of this type Coborgs (A complicated organized objects) and the systems which operate them Smart Coborg Systems.

MAIN PART

Elements and nodes network-centric are submitted at every level by complicated organized objects-Coborgs. It allows not only accomplish planner function, but also include a self-diagnosis and prognosis status of the coborg, identify the causes of a disorder or a disease and timely form parametric and symptomatic impacts on the fault disorders. Group of Coborgs on every level forms the so-called multi-agent coborg (MA-Coborg), consisting of coordinating Coborg and executive Coborgs, which are bodies of MA-Coborg. The creation of intellectual systems of diagnostic and operational control was based on mathematical methods of fuzzy-logic, use knowledge the so-called collective expert.

CONCLUSION

Proposed Coborg-technology allows a universal basis for the designing intelligent systems for diagnosis and control of a complicated organized objects of different purposes (local Coborgs), including multivendor multi-agent objects Network-Centric architecture (MA-Coborgs). The offered Network Centric architecture permits to realize principles of self-organizing MA-koborgs for achievement of the tasks delivered by «Centre».