

В.Я.Цветков

Распределенное интеллектуальное управление

Статья описывает распределенное интеллектуальное управление на основе применения идеологии киберфизических систем. Раскрыто содержание принципов управления, которые послужили основой формирования распределенного интеллектуального управления. Описана связь киберфизического управления с сетевым управлением. Описаны технологии матричного и сетевого управления, как прототипы распределенного интеллектуального управления. Вводится и раскрывается понятие гармонизирующего информационного потока и понятие киберфизического управления. Раскрываются функции интеллектуальных узлов в данной схеме управления.

Ключевые слова: управление, распределенное интеллектуальное управление, интеллектуальный узел, гармонизирующий информационный поток, субсидиарное управление, киберфизическое управление

V. Ya. Tsvetkov

Distributed intelligent control

The article describes distributed intellectual control based on the use of cyberphysical systems. The article reveals the content of the principles of management, which served as the basis for the formation of distributed intellectual management. The article describes the relationship between cyber physics and subsidiary management. The article describes the technologies of matrix and subsidiary management, as prototypes of distributed intellectual management. The article introduces the concept of a harmonizing information flow and the notion of cyber-physical control. The article describes the functions of intelligent nodes in this control scheme.

Keywords: management, distributed intellectual management, intellectual node, harmonizing information flow, subsidiary management, cyber-physical management

Введение

Длительное время интеллектуальное управление в бизнесе [1] и отличалось от интеллектуального управления в робототехнических [2] или транспортных системах [3]. Управление в робототехнических системах характеризовалось распределенностью. Управление в бизнес системах характеризовалось локальностью. Общим для разных видов интеллектуального и не интеллектуального управления было понятие информационной управленческой ситуации [4] и технологии управления. Рост сложности информационных управленческих ситуаций и развитие сетевых и информационных технологий привели к необходимости и возможности создания нового типа интеллектуального управления. В технологиях управления появилась техническая и методическая возможность внутрисетевого интеллектуального моделирования. Одним из новых подходов, позволяющим осуществлять распределенное интеллектуальное управление является применение киберфизических систем и методов киберфизического управления. Технологией управления, которая позволила создать такую возможность, является технология сетевого, или субсидиарного, управления, которое многим не известно.

Линейная сложность и масштабная сложность как причины интеллектуального управления

Управление в робототехнических системах и в транспортных интеллектуальных системах в первую очередь связаны с анализом линейных последовательных информационных ситуаций, часто во времени и реальном пространстве. Для каждой информационной ситуации в определенный момент времени может существовать набор состояний. Но, как правило, этих наборов состояний не так много и поведение объекта в таких состояниях детерминировано. Существует много примеров и стереотипов поведения объекта в таких состояниях, что приводит к выбору варианта поведения на множестве известных состояний. Это приводит к необходимости анализа развития процесса «в длину». Это создает проблему «линейной сложности» стыковки шагов управления для перехода от одной информационной ситуации к другой.

Управление в бизнес системах и в локальных технических системах в первую очередь связаны с анализом масштабных вариантов состояний для текущей информационной ситуации. На информационную ситуацию объекта в пространстве параметров существенно влияют внешние не предсказуемые условия. Большое количество не детерминированных факторов создает элемент не предсказуе-

мости. Это создает проблему «масштабной сложности» - анализа множества состояний для одной информационной ситуации. В силу этого интеллектуальное управление в бизнесе часто ориентировано на решение задач второго рода [5]. Оба вида сложности создают информационную неопределенность, которая требует привлечения интеллектуального управления [6, 7]. Развитие киберпространства и необходимость управления в киберпространстве объединило оба направления и поставило задачу распределенного интеллектуального управления. При этом развитие киберпространства привело к появлению новых систем, которые называют киберфизическими системами.

Появление киберфизических систем. Киберфизические системы [8, 9] возникли на основе развития теории и эволюции технических и технологических средств. Именно они служат основой интеллектуального распределенного управления. Концепция киберфизической системы (cyber-physicalsystem - CPS) основана интеграции вычислительных ресурсов в физические процессы. В такой системе датчики, коммуникации и информа-

ционные (интеллектуальные) системы соединены в единую цепочку создания продукции или стоимости, выходящую за рамки одного предприятия или бизнеса. Части CPS взаимодействуют друг с другом с помощью стандартных интернет-протоколов и дополнительно интеллектуального анализа для прогнозирования, самонастройки и адаптации к изменениям. Как системы кибер-физические системы представляют собой сложные технические системы, которые построены на основе «бесшовной» интеграции вычислительных алгоритмов и физических компонент.

На рис.1 приведена схема формирования распределенного интеллектуального управления. Ключевым элементом схемы является киберфизическая система. Верхняя часть схемы отражает особенности интеграции систем и технологий в киберфизическую систему. Нижняя часть схемы показывает составляющие компоненты и их иерархию для формирования интеллектуального распределенного управления. Наиболее существенным фактором, который создал возможность появления киберфизической системы, является технология интернет вещей [10].

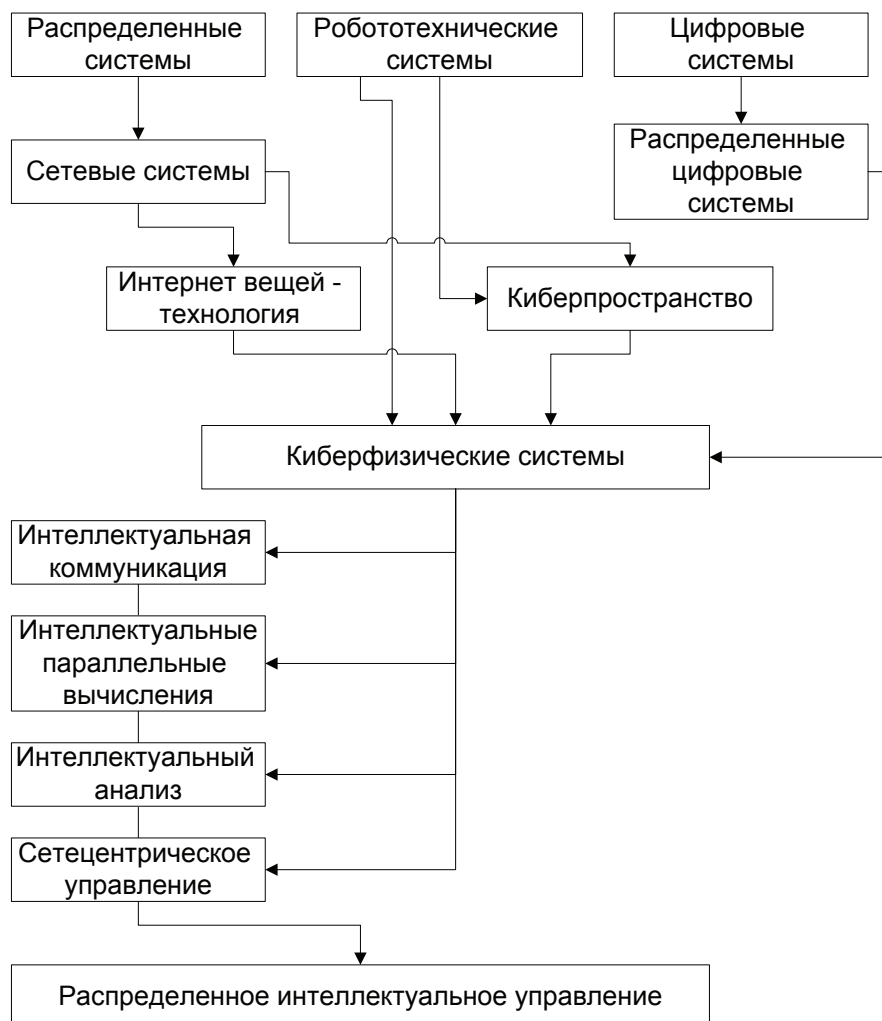


Рис.1. Схема формирования распределенного интеллектуального управления

Технология Интернет вещей (IoT) представляет собой технологию [10], в которой любой физический объект может быть соединен с любым другим физическим объектом. То есть в аспекте коммуникации и сетевой организации IoT послужила каркасом для CPS. Однако сетевое соединение в CPS отличается от соединения в обычной телекоммуникационной технологии. Главными функциями технологий телекоммуникационных сетей являются передача информации и обмен информацией. В киберфизических системах эти функции являются вспомогательными. Главными функциями киберфизических систем является обработка информации, интеллектуальный анализ и управление. Управление в киберфизических системах, как правило, сетевое [11] или субсидиарное [12-14]. Распределенное интеллектуальное управление (рис.1) основано на сетевой коммуникации, параллельных вычислениях и интеллектуальном анализе.

Киберфизические системы имеют важное значение при организации крупномасштабных распределенных систем автоматизации и управления. Киберфизические системы позволяют осуществлять сбор и всестороннюю оценку данных из разных источников, что создает возможность принятия решений в режиме реального времени для сложных информационных ситуаций. При этом сложность может быть линейной или масштабной.

Для киберфизических систем, в отличие от сложных систем, сложных технических систем или сложных организационно-технических систем применяют название «система систем». Этим подчеркивается ее интеграция на основе систем, которые сами по себе могут

функционировать автономно, но будучи интегрированными в CPS, создают качественно новую интегрированную систему с эффектом эмерджентности [15]. Например, промышленные работы индивидуально могут выполнять довольно сложные операции. Однако их интеграция в CPS позволят роботам взаимодействовать друг с другом и на этой основе корректировать свои действия, что дает возможность решения новых сложных задач.

В перспективе киберфизические системы служат основой для новой интеллектуальной промышленности будущего. Однако их эффективное использование возможно только с применением субсидиарного управления.

Под структурой киберфизической системы понимать ее организацию из распределенных компонентов и элементов, для которых заданы способы информационного взаимодействия [16] на основе сетевых технологий. Интеллектуальный сетевой обмен возможен за счет так называемых структурных функций киберфизических систем. Еще одной особенностью CPS является допустимый параллелизм сетевых потоков, и включение специальных гармонизирующих информационных потоков для регулирования управления.

Принципы распределенного интеллектуального управления. Распределенное интеллектуальное управление основано на применении киберфизических систем. Киберфизические системы должны быть обеспечены интеллектуальными узлами, что является новым понятием для систем управления. На рис.2 показаны управленческие принципы, формирующие принципы интеллектуального распределенного управления в киберфизических системах.

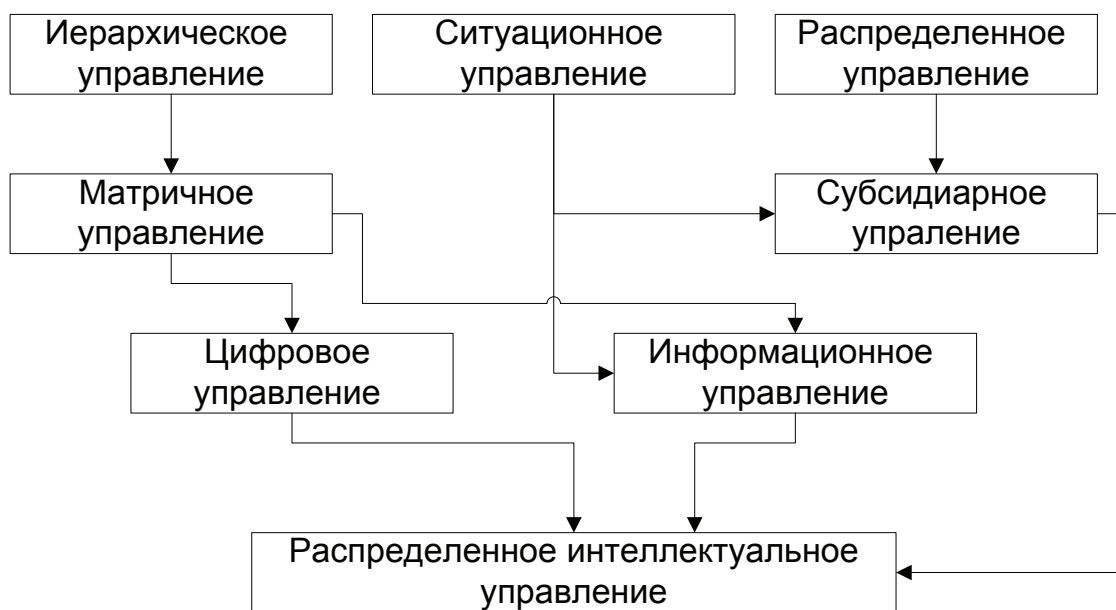


Рис.2. Компоненты распределенного интеллектуального управления

Эти принципы включают принципы иерархического управления, принципы матричного управления, принципы субсидиарного (сетцентрического) управления, принципы информационного управления, принципы цифрового управления. Отметим, что субсидиарное и сетцентрическое управление аналоги по функциям, но могут различаться по структуре. Субсидиарное управление может быть построено на иерархической, матричной или сетцентрической структуре. Сетцентрическое управление всегда субсидиарно.

Матричное и сетцентрическое управление. В иерархической схеме управления [17] существуют нисходящие потоки и восходящие потоки. Свойством иерархического

управления является рост масштаба элементов иерархической системы с ростом числа уровней. Это ведет к общему росту интенсивности информационных потоков. Поэтому при большом числе уровней, значительно возрастает общее время на прохождение директивных (нисходящих) и отчетных (восходящих) потоков. Именно рост времени на прохождение нисходящих и восходящих потоков, исключает возможность применения иерархического управления в ситуациях с критическими требованиями ко времени принятия решений и в системах с большим числом распределенных дочерних предприятий. Этот недостаток отчасти устраняет матричная система управления [17]. На рис.3 приведена матричная схема управления.

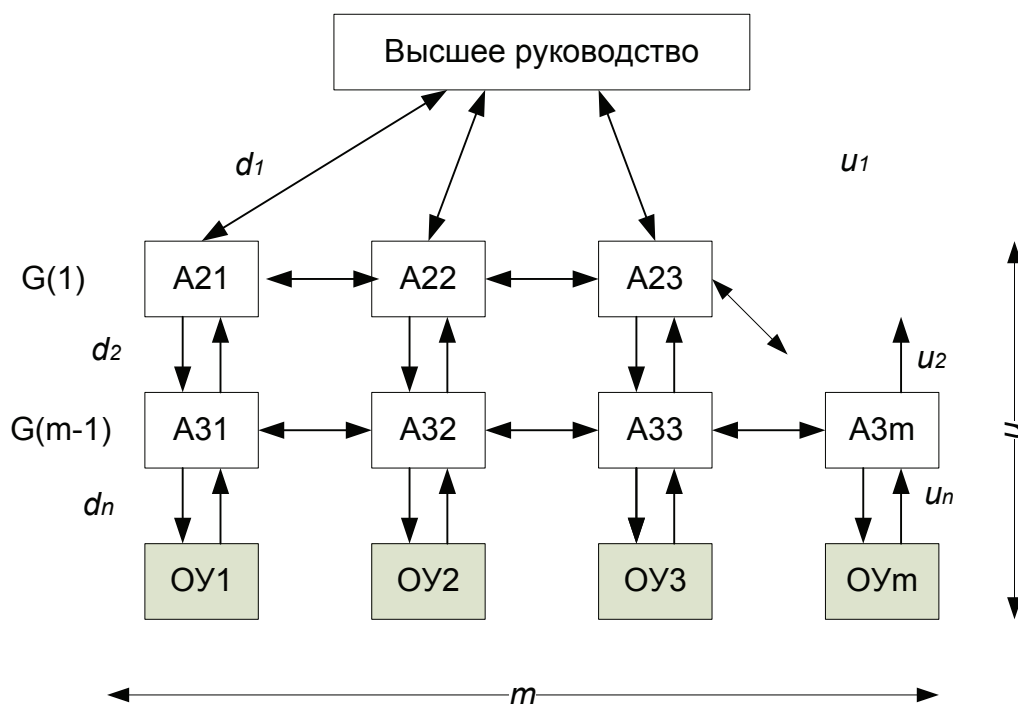


Рис.3. Структура матричного управления

Следует сразу оговорить, что матричное управление содержит уровни иерархии и по существу является не чистой матрицей, а модификацией иерархического управления. Матрица имеет размерность $m \times n$, где n – число уровней, m – максимальное число элементов на нижнем уровне. Новым в матричном управлении в сравнении с чистым иерархическим является появление регулирующих горизонтальных потоков G , связывающих элементы одного уровня иерархии. Эти потоки снижают нагрузку на управление, разгружают восходящие потоки и сокращают время принятия решений.

Основой распределенного управления является сетцентрическое управление, структура которого приведена на рис.4.

В ядре управления, как правило, высшее руководство на каждый филиал имеет два

штаба: $A1$ – штаб по отправке и регулированию исполнительной документации; $A2$ – штаб по приему и обработке отчетной документации. На схеме рис.4. показаны: d – нисходящие потоки; u – восходящие потоки.

Рис.4 можно рассматривать как модификацию матричного управления в котором уровни матрицы замкнуты в концентрические окружности. Но главное отличие проявляется на нижнем уровне управления. Элемент нижнего уровня управления A_n – обладает дополнительными полномочиями и осуществляет самостоятельное управление по сетевой замкнутой схеме, не отправляя ненужную частную информацию в верхние инстанции. Этим существенно разгружается информационный трафик и существенно повышается оперативность управления.

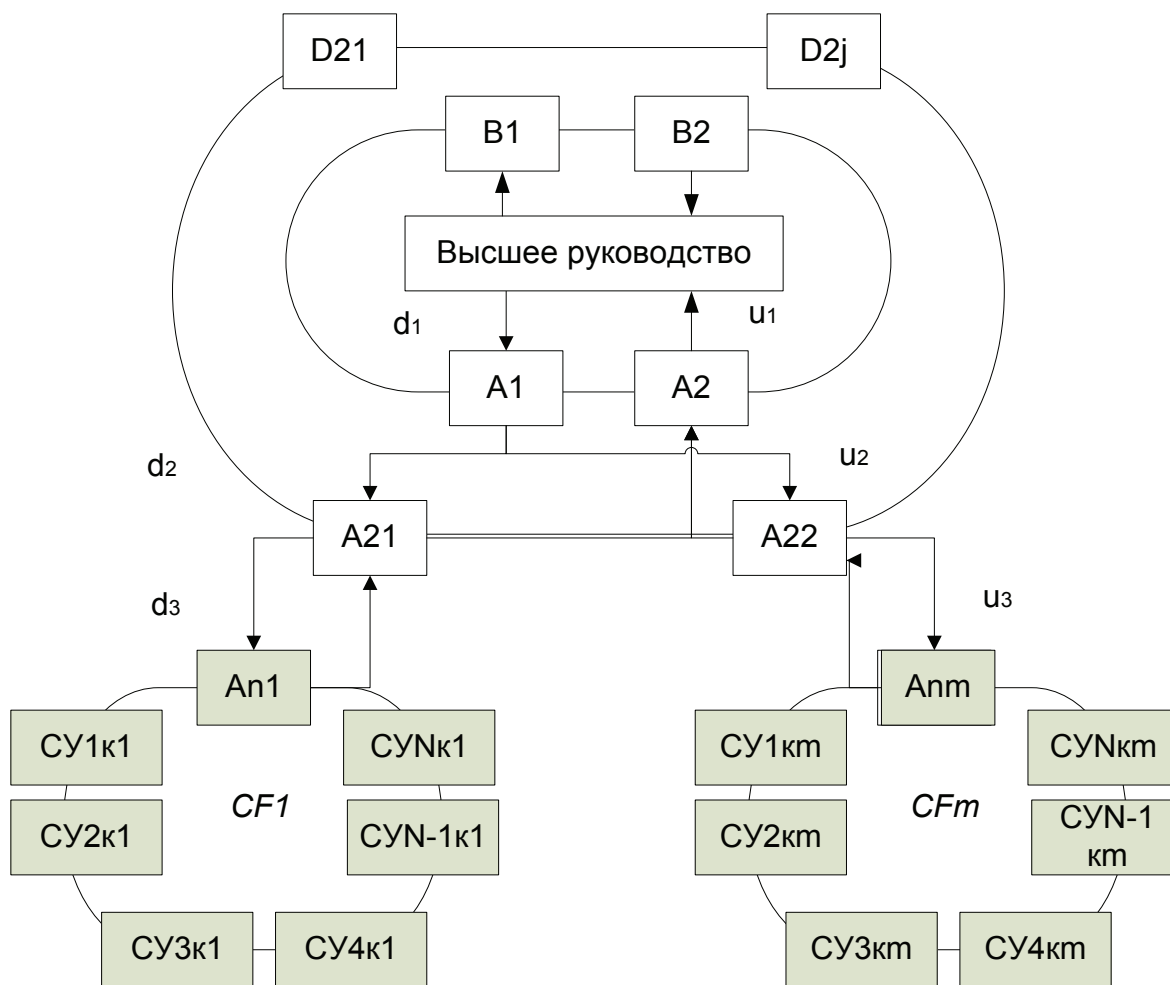


Рис.4. Структура субсидиарного управления

Структура распределенного интеллектуального управления. Распределенное интеллектуальное управление по существу является киберфизическим управлением. Оно показано на рис.5.

Его основой является субсидиарное управление, что подчеркивается сходством схем на рис.4 и рис.5. Отличие заключается в новых узлах, которые в обычном субсидиарном управлении не применяют. Распределенное интеллектуальное управление (РИУ) строится сетевыми. В центре РИУ (рис.5) находится ядро управления. По концентрическим окружностям расходятся уровни управления. По этим замкнутым уровням функционируют гармонизирующие потоки: Гпк_у – гармонизирующий поток корпоративного управления. Гпи_у – гармонизирующий поток интеллектуальных узлов данного уровня. Ф – филиалы корпорации, или крупные узлы сети. Под филиалами находятся интеллектуальные узлы реализации решений. В них осуществляется трансформация управленческих решений, применительно к внешней информационной ситуации. Эти узлы связаны информационными потоками Гпи_у, которые осуществляют прежде всего решение задач баланса и обмен

опытом решения задач для разных внешних ситуаций. Причем это делается как по запросу, так и в порядке информирования.

Ключевым в схеме является наличие интеллектуальных управленческих узлов (ИУуз) оперативного управления или интеллектуальных узлов циклического управления. Они соответствуют элементам А_п на схеме рис.4. В данной схеме нижний уровень содержит совокупность интеллектуальных узлов, которые осуществляют самостоятельное управление, согласно заданной стратегии. Каждый интеллектуальный узел обслуживает замкнутый контур, включающий большое число объектов управления. Это на порядок увеличивает число объектов управления в сравнении с матричной схемой. В этом контуре циркулирует гармонизирующий поток оперативного управления Г_п, который выполняет интеллектуальные регулирующие функции применительно. Например, при заданной стратегии обеспечения информационной безопасности, циклическая система (ИУуз) самостоятельно блокирует доступ к ядру системы и к остальным уровням. При этом ИУуз могут реализовать коллективную технологию типа мультиагентной, что создает дополнительный эффект.

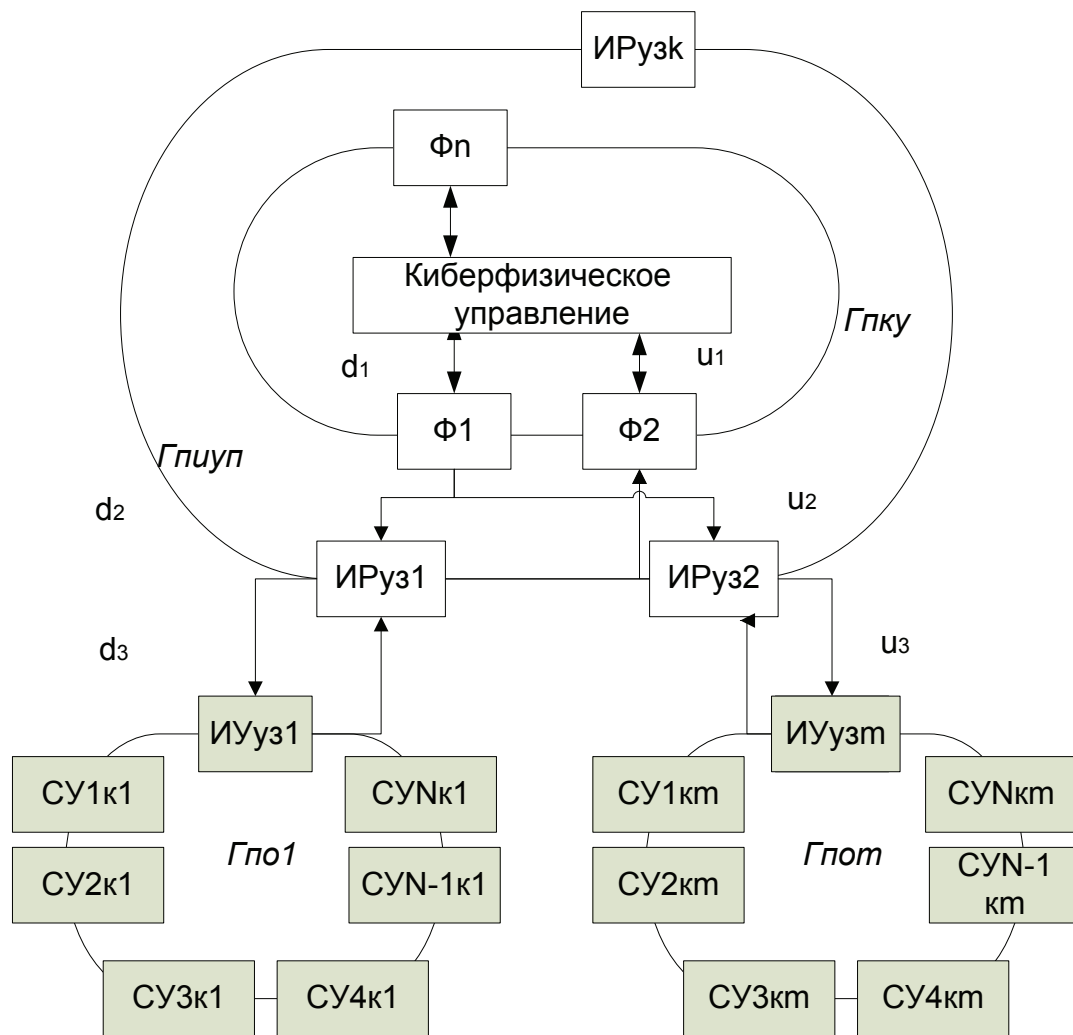


Рис.5. Схема киберфизического управления

Заключение

Сетецентрическое управление является основой распределенного интеллектуального управления, использующего киберфизические системы. Интеграция сетецентрического управления и киберфизических систем дает основание ввести понятие киберфизического управления. Применение сетецентрического подхода в киберфизических системах обеспечивает эмерджентность [15] и дополнительные сервисы [16]. Отличительными особенностями интеллектуального распределенного управления являются параллелизм информационных потоков, асинхронность принятия реше-

ний, наличие интеллектуальных гармонизирующих процессов и пр. Принципиальным отличием РВУ от сетецентрического управления является включение в схему управления интеллектуальных узлов и выполнение интеллектуальной обработки информации. Этим сетевая система переводится в интеллектуальную систему и становится аналогом «открытой» нейронной сети. Применение киберфизических систем возможно как с сетецентрическим управлением, так и без него. Сочетание этих объектов создает синергетический эффект и способствует повышению эффективности управления сложными объектами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианов В. Интеллектуальная модель управления в бизнесе // Проблемы теории и практики управления, №7, 2005г. - С.11-14.
2. Афонин В. Л., Макушкин В. А. Интеллектуальные робототехнические системы - М.: Интернет-университет информационных технологий- ИНТУИТ. ру. – 2005.
3. Кабашкин И. В. Интеллектуальные транспортные системы: интеграция глобальных технологий будущего // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – Т. 27. – №. 2. – с.34-38
4. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. 2012, Vol.(36), 12-1, p.2166- 2170
5. Цветков В.Я. Решение задач второго рода с использованием информационного подхода // Международный

- журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. - №11. (часть2) – с.191-195.
6. Александров А.В. Интеллектуальное управление // Славянский форум, 2016. -1(11). – с.15-22
 7. Tsvetkov V.Ya. Intelligent control technology. // Russian Journal of Sociology, 2015, Vol. (2), Is. 2.-p97-104.DOI: 10.13187/rjs.2015.2.97 www.ejournal32.com
 8. Khaitan et al., "Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey", IEEE Systems Journal, 2014/
 9. Lee, E.A., Seshia, S.A.: Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach. LeeSeshia.org, 2011.
 10. Логинов Е. Л. «Интернет вещей» как аттрактор объективной экономической реальности //Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2010. – №. 18.
 11. Кудж С.А. Принципы сетецентрического управления в информационной экономике // Государственный советник. – 2013. - №4. – с30-33
 12. Цветков В. Я. Субсидиарное управление// Современные технологии управления. —№1 (73). - С.6-12.
 13. Ulf Andersson, Mats Forsgren and Ulf Holm The strategic impact of external networks: subsidiary performance and competence development in the multinational corporation // Strategic Management Journal. - 2002. - 23. – p.979-996.
 14. Логинова А.С. Оценка применимости субсидиарного управления // Актуальные проблемы современной науки.- 2015. - № 3. - с. 297-301.
 15. Цветков В.Я. Эмерджентизм // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 2-1. – С. 137-138.
 16. Мулюха В.А., Заборовский В.С, Ильяшенко А.С, Лукашин А.А. Сетецентрический метод организации информационного взаимодействия киберфизических объектов в среде облачных вычислений // Робототехника и техническая кибернетика. -2014. – 3(4). – с.43-47
 17. Ожерельева Т. А. Структурный анализ систем управления // Государственный советник. – 2015. - №1. – с40-44

Информация об авторе:**Цветков Виктор Яковлевич**

(Россия, Москва)

Профессор, доктор технических наук.

Московский технологический университет (МИРЭА)

Э-почта: cvj2@mail.ru

Information about the author:**Tsvetkov Viktor Yakovlevich**

(Russia, Moscow)

Professor, Doctor of Technical Sciences.

Moscow Technical University (MIREA)

E-mail: cvj2@mail.ru