

КИБЕР ФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**Цветков В.Я.**

ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (ОАО «НИИАС»), Москва, e-mail: cvj2@mail.ru

Сообщение описывает кибер-физическую систему (cyber-physical system – CPS) как новую систему управления. Сообщение описывает связь кибер-физической системы с технологией интернет вещей (Internet of Things – IoT). Технология IoT служит технологической основой CPS. Показана связь кибер-физической системы с распределенными сетевыми системами. Показано что субсидиарная система с управленческих позиций представляет собой техническую субсидиарную систему. Описаны отличия киберфизической системы как сетевой системы от обычных коммуникационных сетей. Показана необходимость наличия интеллектуальных узлов в кибер-физической системе. Показана необходимость реконфигурации сети в кибер-физической системе основе интеллектуальной обработки. Показана необходимость параллельной и асинхронной обработки в кибер-физической системе. Сравнивается область применения кибер-физических систем и параллельных вычислительных систем. Отмечены границы применимости кибер-физической системы.

Ключевые слова: управление, распределенное управление, субсидиарное управление, распределенная система, интернет вещей технология, кибер-физическая система

CYBER-PHYSICAL SYSTEMS**Tsvetkov V.Ya.**

OAO «Scientific Research and Design Institute of Informatization, Automation and Communication in Railway Transport» (JSC «NIIAS»), Moscow, e-mail: cvj2@mail.ru

This paper describes the cyber-physical system (CPS) as a new management system. The report describes the relationship between the cyber-physical system and the Internet-to-Things technology (IoT). IoT technology serves as a technological basis for CPS. The connection of the cyber-physical system with distributed network systems is described. The article proves that the subsidiary system from the managerial point of view is a technical subsidiary system. The article describes the differences of the cyberphysical system as a network system from conventional communication networks. The article describes the need for intelligent nodes in a cyber-physical system. The article describes the need to reconfigure the network in a cyber-physical system based on intelligent processing. The article proves the need for parallel and asynchronous processing in a cyber-physical system. The article compares the field of application of cyber-physical systems and parallel computing systems. The article describes the limits of the applicability of the cyber-physical system.

Keywords: management, distributed management, subsidiary management, distributed system, Internet of things technology, cyber-physical system

Кибер-физическая система (cyber-physical system – CPS) – представляет собой сложную распределенную систему, управляемую или контролируемую компьютерными алгоритмами, тесно интегрированную с Интернет и его пользователями. Ее технологической основой явилась технология интернет вещей (Internet of Things, IoT) [1]. В системах CPS физические и программные компоненты тесно взаимосвязаны. Каждая компонента работает в разных пространственных и временных масштабах, проявляет множество различных поведенческих модальностей и взаимодействует друг с другом множеством способов, которые меняются в зависимости от контекста. Роста сложности задач управления обуславливает применения принципиально новых методов и систем управления.

Таковыми системами являются распределенные системы [2]. Применяемые достаточно широко методы управления: иерархическое управление, матричное управление

[3], ситуационное управление [4, 5] и сетцентрическое управление [6] – не обеспечивают эффективность управления в условиях сложности задач управления и при использовании распределенных систем. Эту проблему усиливает проблема больших данных [7], которая задает большие объемы данных и большое количество связей, растущих в геометрической прогрессии. Кроме того, возникает дополнительная проблема внутрисетевого управления для сложных распределенных систем, которая не имеет место для типовых сетей. Мало того, для сложных распределенных систем оказывается эффективным только интеллектуальное управление.

Вопросам внутри сетевого интеллектуального управления и моделирования уделяется мало внимания. Это обусловлено со стереотипным подходом применения сетей. Согласно этому подходу сети рассматривают как средства телекоммуникации, а не как средства вычислений и тем более интеллек-

туального анализа. Эта позиция задает стереотипную методологию применения сетей, при которой циклы и асинхронные процессы в сетях рассматривают как нежелательные явления. Это определило стереотипную методологию организации потоков в сетях. Для управления потоками строили модели последовательных информационных потоков. Параллелизм потоков в сетях рассматривался как нежелательное явление, которое приводит к неустойчивости, к снижению управляемости и потере надежности.

С другой стороны, реализация внутри сетевого интеллектуального моделирования может существенным образом повысить эффективность распределенных систем и обеспечит возможность их функционирования при решении «не решаемых задач». Одним из новых подходов решения отмеченных проблем и задач является применение кибер-физических систем и методов киберфизического управления. Кибер-физические системы осуществляют вычислительные процедуры в своей распределенной структуре, они включают «умные узлы» и делают возможным реконфигурировать потоки в сети в зависимости от условий. Таким образом, кибер-физические системы представляют собой распределенные системы с возможностью интеллектуальной обработки и реконфигурации потоков за счет интеллектуального управления.

Примеры CPS включают «умный грид», автономные автомобильные системы, медицинский мониторинг, системы управления технологическими процессами, робототехнические системы и автоматическую пилотную авионику [8]. CPS применяет трансдисциплинарные подходы, объединяя теорию кибернетики, мехатроники, проектирования и науки о процессах. Управление процессом часто называют встроенными системами (embedded systems) [9]. В этих системах акцент чаще всего делается на вычислительных элементах и меньше на интенсивной связи между вычислительными и физическими элементами. CPS похожа на технологию «Интернет вещей» (Internet of Things – IoT), использующие одну и ту же базовую архитектуру. Однако CPS представляет более высокую комбинацию и координацию между физическими и вычислительными элементами [10].

С системных позиций [11] CPS представляет собой распределенную субсидиарную систему [12]. Эта система имеет много уровней, но на каждом уровне масштаба и сложности появляются новые свойства, несводимые к свойствам простых уровней. В отличие от традиционных встроенных систем полнофункциональные CPS разрабатываются как сеть взаимодействующих элементов с физи-

ческим вводом и выводом, а не как автономные устройства. Понятие CPS тесно связано с концепциями робототехники и сенсорных сетей с интеллектуальными механизмами собственно вычислительного интеллекта, ведущих путь. Постоянный прогресс в науке и технике позволяет создавать связь между вычислительными и физическими элементами с помощью интеллектуальных механизмов, значительно увеличивая адаптивность, автономность, эффективность, функциональность, надежность, безопасность и удобство использования кибер-физических систем. Следует отметить определенные проблемы применения кибер-физических систем. Они требуют разработки новых математических методов вычислений типа квази параллельных вычислений. Эффективность применения киберфизических систем можно сравнить с эффективностью параллельных вычислительных систем. Параллельные вычисления эффективны на больших объемах информации с возможностью распараллеливания информационных потоков. При простых задачах параллельные методы не эффективны, а эффективны линейные методы вычислений. Точно также кибер-физические системы эффективны для управления сложными распределенными системами и для решения сложных задач. Для простых задач CPS также не эффективны, как и параллельные вычислительные системы.

Список литературы

1. Xia F. et al. Internet of things // International Journal of Communication Systems. – 2012. – Т. 25. – № 9. – С. 1101.
2. Цветков В.Я., Алпатов А.Н. Проблемы распределенных систем // Перспективы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 31-36.
3. Ожерельева Т. А. Структурный анализ систем управления // Государственный советник. – 2015. – № 1. – С. 40-44.
4. Цветков В.Я. Развитие технологий управления // Государственный советник. – 2015. – № 4. – С. 5-10.
5. Коваленков Н.И. Ситуационное управление в сфере железнодорожного транспорта // Государственный советник. – 2015. – № 2. – С. 42-46.
6. Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Соловьев И.В., Цветков В.Я., Кудж С.А. Концепция сетевцентрического управления сложной организационно-технической системой – М.: МаксПресс, 2010. – 136 с.
7. Чехарин Е.Е. Большие данные: большие проблемы // Перспективы науки и образования. – 2016. – № 3. – С. 7-11.
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. Rad, Ciprian-Radu; Hancu, Olimpiu; Takacs, Ioana-Alexandra; Olteanu, Gheorghe (2015). «Smart Monitoring of Potato Crop: A Cyber-Physical System Architecture Model in the Field of Precision Agriculture». Conference Agriculture for Life, Life for Agriculture. 6: 73–79.
11. Монахов С.В., Савиных В.П., Цветков В.Я. Методология анализа и проектирования сложных информационных систем. – М.: Просвещение, 2005. – 264 с.
12. Цветков В.Я. Применение принципа субсидиарности в информационной экономике // Финансовый бизнес. – 2012. – № 6. – С. 40-43.