

Контекстно-ориентированные системы сбора данных, ориентированные на использование в составе кибер-физических систем

А. И. Водяхо¹, Н. А. Жукова², С. А. Аббас³, И. А. Куликов⁴

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

¹aivodyaho@mail.ru, ²nazhukova@mail.ru,

³saddamabbas077@gmail.com, ⁴i.a.kulikov@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы построения контекстно-ориентированных систем сбора данных, ориентированных на функционирование в составе кибер-физических систем, реализованных на туманных платформах. Рассматривается специфика кибер-физических систем как объекта сбора данных, предлагается классификация контекстов, рассматриваются возможные архитектурные решения контекстно-ориентированных систем сбора данных. Описывается пример использования контекстно-ориентированного подхода для построения производственной системы.

Ключевые слова: контекстно-ориентированная обработка, кибер-физические системы, туманные вычисления, промышленный интернет вещей

I. ВВЕДЕНИЕ

Информационные и телекоммуникационные системы (ИТКС) в последние годы активно развиваются. При этом наблюдается ярко выраженная тенденция к их конвергенции. Современные ИТКС строятся как многоуровневые распределенные системы, при этом на разных уровнях используются разные технологии. В этом плане можно говорить о конвергенции технологий. Можно выделить следующие основные отличительные особенности ИТКС нового поколения. С точки зрения внешних характеристик – это постоянное увеличение структурной и поведенческой сложности создаваемых систем, постоянное ужесточение требований к функциональным возможностям, надежности функционирования, совокупной стоимости владения, сроков разработки и др. С точки зрения внутренней организации отличительными особенностями современных ИТКС являются высокая структурная сложность, которая часто выражается в изменении структуры системы в процессе функционирования, возможность реализации сложного, в частности, когнитивного поведения, распределенная структура, отдельные элементы которой могут представлять собой мобильные сущности. Кроме того, отдельные элементы, образующие систему, могут иметь разную природу. Это могут быть, в частности, природные, биологические объекты, а также люди.

Увеличение размеров систем, построенных из элементов разной физической природы, часто

сопровождается требованием повышения уровня интеллекта создаваемых систем, что в свою очередь, приводит к увеличению доли программной компоненты и к увеличению объема собираемых данных (хорошо известная проблема больших данных). Проблема больших данных [1] имеет несколько аспектов: проблема сбора данных, проблемы хранения и проблемы обработки данных.

Если данные уже собраны и хранятся в облачных хранилищах, имеющих практически неограниченные объемы, а обработка реализуется в postmortem режиме, то для этого могут использоваться виртуальные облачные вычислители. Если данные не удается переслать в облачные хранилища, то можно организовать обработку по месту сбора. В этом состоит идея граничных вычислений [2]. Определенные проблемы при сборе данных возникают в случае, когда приходится иметь дело с объектом наблюдения (Observed Object, Obs) структура и поведение которого постоянно изменяются. Задача еще больше усложняется, если накладываются временные ограничения на реализацию процедуры сбора и обработки данных.

II. ОБЪЕКТЫ СБОРА ДАННЫХ

Достаточно типичным представителем современных ИТКС можно считать кибер-физические системы (КФС), построенные на платформах туманных вычислений, обобщенная структура которых показана на рис. 1.

На нижнем (сенсорном) уровне располагаются сенсоры, актуаторы и контроллеры. Достаточно часто датчики и актуаторы располагаются на мобильных объектах. Объекты, расположенные на этом уровне, могут взаимодействовать друг с другом. Типовыми проблемами сенсорного уровня являются ограничения на потребляемую мощность и пропускную способность каналов связи. Расположенные на сенсорном уровне контроллеры маломощные и обычно не позволяют использовать виртуальные машины и контейнеры.

На туманном уровне располагаются связанные между собой опорные станции, построенные на базе достаточно мощных одноплатных компьютеров, которые, чаще всего, работают под управлением Linux. На них можно запускать контейнеры, виртуальные машины и организовывать

локальные хранилища данных [3]. На облачном уровне имеется набор сервисов и хранилищ данных. Обычно облачный уровень связан с туманным уровнем достаточно широкими каналами связи.

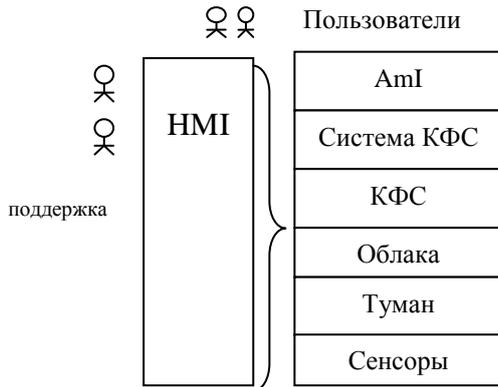


Рис. 1. Туманная платформа КФС

Перечисленные три уровня образуют платформу, на которой строятся КФС. С точки зрения КФС, эти уровни представляют собой набор сервисов. При этом может использоваться различное промежуточное программное обеспечение разного уровня [2]. Обычно КФС строятся как сервисно-ориентированные системы, в частности на базе платформенных сервисов. Крупные КФС могут иметь многоуровневую структуру. В этом случае, можно говорить о системе КФС (System of Cyber-Physical Systems, SoCPS). Это уровень, на котором отдельные КФС интегрируются на уровне данных и бизнес-процессов. Заинтересованные стороны, непосредственно работающие с системой, можно разделить на 2 большие группы: конечные пользователи и сервисный персонал. Конечные пользователи, безусловно, хотели бы видеть систему КФС как единую систему, обладающую гибким интуитивно понятным интерфейсом, которая может автоматически подстраиваться под потребности и предпочтения конкретного пользователя, т.е. как систему окружающего интеллекта (Ambient Intelligent System, AmS) [4].

III. ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ СБОРА ДАННЫХ

Решение многих задач практики включает в себя задачу сбора данных (Data Collection, DC), которая определена как процесс получения данных от разных источников и предоставление их заинтересованным сторонам в соответствии с их ролью в требуемой форме. На практике, чаще всего, встречаются следующие типы задач сбора данных: i) данные от разных источников собираются, накапливаются, обрабатываются и предоставляются заинтересованным сторонам в требуемой форме, ii) данные собираются и передаются исполнительной системе для формирования управляющих воздействий iii) собирается информация о контексте, которая используется для построения модели контекста.

Первый подход обычно используется при построении разного рода систем бизнес аналитики [5], для обработки накопленной информации могут использоваться достаточно сложные алгоритмы, в частности алгоритмы

Data Mining. Вторым подход чаще всего используется в управляющих системах, где набор собираемых данных достаточно четко определен, при этом очень часто требуется работа в реальном времени.

IV. КЛАССИФИКАЦИЯ КОНТЕКСТОВ

В данной статье рассматривается третий случай, когда сбор данных осуществляется с целью построения модели контекста. Применительно к КФС понятие контекста можно определить как «контекст сущности – это совокупность измеренных и выведенных знаний, которые описывают состояние и среду, в которой существует или существовала сущность» [6]. С понятием контекста тесно связаны как понятия, относящиеся к ситуационному управлению, так и понятия, относящиеся к интеллектуальным системам, такие как автономные системы, всеобъемлющие системы, проактивные вычисления, окружающий интеллект, разумные вычисления и др. [4, 6]. Эти понятия выражают разные точки зрения на проблему адаптации и, как следствие, в значительной степени пересекаются.

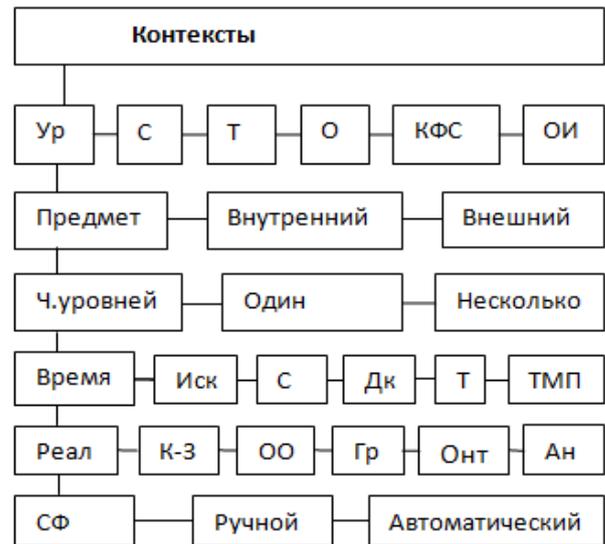


Рис. 2. Классификация контекстов

Понятие контекста является достаточно разноплановым понятием. Укрупненная классификация контекстов применительно к КФС показана на рис. 2. Контексты, с точки зрения уровней (Ур), можно классифицировать на контексты уровня сенсоров (С), туманного уровня (Т), облачного уровня (О), уровня КФС (КФ) и контексты уровня окружающего интеллекта (ОИ). Контекст может быть внутренним или внешним. Внутренний контекст обычно используется для реструктуризации самой системы (самодиагностики, самоадаптации т.п.). Внешний контекст может быть использован для формирования профилей пользователей. Контексты могут иметь разное число уровней (Ч. Уровней). Они могут быть как одноуровневыми, так и многоуровневыми. С точки зрения привязки ко времени, контексты можно разделить на исторические (Ист), статические (С), динамические (Д),

текущие (Т) и временные (ТМП). Для реализации (Реал) контекстов можно использовать пары ключ-значения (К-З), объектно-ориентированные представления (ОО), различные графовые представления (Гр), онтологии (Онт), можно также использовать аналитические модели (Ан). Выделяется 2 основных способа формирования контекста (СФ): ручной и автоматический.

V. АРХИТЕКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ КОНТЕКСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМ (КОС)

В зависимости от специфики постановки задачи КОС могут использоваться разные архитектурные решения, достаточно полное описание которых можно найти, например, в [6]. При построении КОС могут использоваться такие архитектурные стили как сервисные (микросервисные) архитектуры, мультиагентные системы, системы, построенные по принципу классной доски (blackboard). Обычно в КОС в том или ином виде присутствуют триподсистемы: подсистема получения данных и их предварительной обработки, подсистема работы с контекстом и исполнительная подсистема.

Можно выделить три основных подхода к построению и организации процесса получения данных: прямой сбор данных с датчиков, использование для доступа к данным промежуточного программного обеспечения и использование контекстного сервера (отдельного процессора). Для обработки контекстных данных чаще всего используются запросы к онтологиям или к графам знаний. Формирование управляющих воздействий может осуществляться либо для формирования требуемого представления, либо для формирования реакции, которая реализуется актуатором.

VI. ПРИМЕР

В качестве примера, иллюстрирующего использования контекстно-ориентированного подхода, рассмотрим систему сбора данных (ССД) с крановых комплексов, который является элементом гибкой производственной системы автоматизированного сборочно-сварочного участка. Эта система использует туманную структуру, в свою очередь, является элементом производственного предприятия с высоким уровнем автоматизации, реализующего концепцию Industry 4.0 [7].

ССД предназначена для сбора данных с крановых комплексов на производственных площадках, каждая из которых состоит из нескольких цехов. В цехах работают постоянно перемещающиеся мостовые и полукозловые краны. В цехе очень высокий уровень электромагнитных помех, поскольку ведутся сварочные работы. Суммарный объем передаваемых с крана данных составляет несколько Springer Nature Switzerland AG 2020Т байт за смену. Задержка при поступлении информации к оператору о

критически важных событиях не должна превышать 5 секунд. Структура кранового комплекса включает 3 уровня: на кранах установлены промышленные контроллеры компании MITSUBISHI серии MELSEC-Q, на которых реализуется сенсорный уровень, туманный уровень реализуется на одноплатных компьютерах ODROIDARMCPU и располагается в ремонтной зоне, основная обработка реализуется на цеховом сервере. ССД реализована как КОС, в которой присутствует 2 типа контекстов. На сенсорном уровне для представления контекста используются пары значений ключ-значение, а на верхнем уровне используются графы знаний, которые являются частью корпоративного графа знаний.

Использование контекстно-ориентированного подхода позволило решить 2 задачи: вдвое уменьшить объем передаваемых данных между краном и ремонтной зоной и обеспечить расширение функциональных возможностей в плане возможности увеличения числа собираемых параметров.

VII. ВЫВОДЫ

Контекстно-ориентированный подход можно рассматривать, как некоторый отдельный архитектурный стиль, его использование является действенным средством повышения эффективности функционирования КФС, реализованных, в частности, на туманных платформах. Реализация контекстно-ориентированной обработки на верхних уровнях позволяет реализовать работу с пользовательскими профилями, а на нижних уровнях позволяет реализовать механизмы, связанные с адаптацией[4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Prabhu C. S. R. Fog Computing, Deep Learning and Big Data Analytics-Research Directions. Gateway East, Singapore. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2019–71 p.
- [2] Rajkumar Buyya, Satish Narayana Srirama Fog and Edge Computing Principles and Paradigms. John Wiley & Sons, Inc, NJ, USA 2019–490 p.
- [3] Lea P. Internet of Things for Architects. Packt Publishing. Birmingham - Mumda. UK. 2018–499 p.
- [4] Korzun D., Balandina E., Kashevnik A., Balandin S., Viola F. Ambient Intelligence Services in IoT Environments: Emerging Research and Opportunities; IGI-Global, 2019, 199 p. DOI: 10.4018/978-1-5225-8973-0.
- [5] Sharda R., Delen D., Tuiban E. Business Intelligence, Analytics, and Data Science Pearson, NY, 2018–471 p.
- [6] Punnarumol TemdeeRamjee Prasad Context-Aware Communication and Computing: Applications for Smart Environment. Cham, Switzerland Springer International Publishing AG. 2018–148 p.
- [7] Srikanta Patnaik New Paradigm of Industry 4.0 Internet of Things, Big Data & Cyber Physical Systems. Cham, Switzerland Springer International Publishing AG. 2020–187p.