

УДК 004.03

Сервис-ориентированная система сбора и обработки телеметрической информации

Кудерметов Р.К., Хохлов Н.Н., Маслова Н.Д., Польская О.В.
Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье
кафедра компьютерных систем и сетей
E-mail: {krk, khokhlov, ndp, dolgopol}@zntu.edu.ua

Abstract

Kudermetov R.K., Khokhlov M.M., Maslova N.D., Polska O.V. The Service-Oriented System for Collecting and Processing TM-Information. The experience of usage of service-oriented architecture for a building of a system of TM-information collecting and processing for a space system is described. The orientation to usage this system within the virtual organization was the basic concept for system's architecture.

Введение

В настоящее время для создания распределенных систем широко используется технология Web-сервисов, сервис-ориентированная архитектура (Service Oriented Architecture, SOA) и стандарты GRID, в частности "Открытая архитектура GRID-сервисов" (Open Grid Services Architecture, OGSA) и "Открытая инфраструктура GRID-сервисов" (Open Grid Services Infrastructure, OGSII) [1, 2].

Основной концепцией SOA, OGSA и OGSII является представление компонентов распределенной компьютерной системы сервисами (службами), т.е. доступными по сети сущностями, которые обеспечивают некоторую функциональность путём обмена сообщениями. Вычислительные ресурсы, ресурсы запоминающих устройств, сети, программы, базы данных – это всё сервисы. Принятие такой универсальной модели, ориентированной на сервисы, подразумевает, что все компоненты среды виртуальны.

Рис. 1 иллюстрирует основные компоненты SOA и их взаимодействие. Любой сервис оповещает о своем существовании и свойствах посредством известного сервиса регистрации (реестра). Клиент может найти необходимый ему сервис в реестре, ознакомиться с его свойствами, способами взаимодействия, адресом. Затем клиент общается с сервисом по заданному адресу с помощью сообщений и получает результат функционирования сервиса.

Такое взаимодействие обеспечивается рядом стандартов и протоколов, которые включены в базовый профиль протоколов для обеспечения интероперабельности Web-сервисов (Web Services Interoperability Basic Profile, WS-I [1]), многоуровневое представление которого показано на рис. 2. Этот профиль включает спецификации SOAP 1.1, WSDL 1.1, UDDI 2.0, XML 1.0, XML Schema и HTTP 1.1.



Рисунок 1 – Компоненты SOA и их взаимодействие

Благодаря стандартам WSDL и UDDI стала возможной компонентная сборка приложений из Web-сервисов. Для этого создан набор стандартов и диалект языка XML – BPEL4WS (Business Process Execution Language for Web Services).

BPEL4WS			Композиция сервисов
Security	Reliable Messaging	Transactions	Обеспечение гарантий сервисов
XSD, WSDL, UDDI, Policy, MetadataExchange			Описание сервисов
XML, SOAP, Addressing			Сообщения
HTTP, HTTPS, SMTP			Транспортный уровень

Рисунок 2 – Базовый профиль интероперабельности WS-I

Фундаментальное свойство SOA – *слабая связанность*, которая означает, что взаимодействующие компоненты имеют минимальное знание друг о друге: они находят информацию, которая им нужна для взаимодействия, непосредственно перед взаимодействием. Обнаружив существующий сервис, клиент может определить его возможности, условия предоставления услуг, адрес, интерфейсы и поддерживаемые протоколы. Как только эти сведения получены, клиент может сразу же обратиться к сервису, используя любой

взаимоприемлемый протокол. Достоинствами слабой связанности являются:

- *гибкость*: сервис может быть расположен на любом сервере, а при необходимости - перемещен. Пока ссылка на этот сервис есть в реестре, предполагаемые клиенты будут в состоянии найти и использовать его;

- *масштабируемость*: функциональные возможности сервиса могут быть расширены или сужены, поскольку при этом описание сервиса может динамически изменяться и, соответственно, могут изменяться и запросы;

- *возможность модификации реализации*: при модификации сервиса оригинальные интерфейсы сохраняются, поэтому реализация сервиса может быть обновлена без сбоев в обслуживании клиентов;

- *отказоустойчивость*: если возникают проблемы в работе сервера, программного компонента или сегмента сети, клиенты могут сделать запрос к службе регистрации для обнаружения другого сервиса, который предоставляет требуемые услуги.

При этом система сбора и обработки ТМ-информации может выступать как одна из подсистем в процессе системного инжиниринга космической системы согласно терминологии European Cooperation for Space Standardization (ECSS) [3].

Являясь приложением для виртуальной организации, система должна удовлетворять определенным требованиям и обеспечить необходимое качество обслуживания, безопасность, управление распределённым потоком работ и ресурсов, скоординированное преодоление сбоев, обнаружение проблем и т.п. в пространстве множества ресурсов с гетерогенными и часто динамическими характеристиками.

Таким образом, поставщик данных, в данном случае организация, владеющая ТМ-информацией, должен предоставлять эти данные в виде услуги (сервиса), потребители этих данных (остальные организации космической миссии) должны выступать в роли клиентов.

Постановка задачи

Одним из ключевых вопросов организации системы хранения и поставки ТМ-информации (ТМ-данных) в виде сервиса является вопрос стандартизации интерфейса, по которому клиенты (участники миссии) получают доступ к данным. Стандартизация интерфейса дает возможность инкапсулировать реализацию службы, т.е. услуга, предоставляемая сервисом, перестает зависеть от средств реализации, аппаратной, программной и операционной платформ. Более того, служба может иметь несколько реализаций и несколько транспортных протоколов для доставки данных.

На сегодняшний день в отечественных публикациях почти не встречаются результаты исследований SOA, апробации инструментариев SOA и практической реализации концепций SOA в конкретных проектах. В данной работе ставится задача изложить опыт использования SOA для построения системы сбора и обработки ТМ-данных космической системы, который может быть применен и для других предметных областей, где необходимо осуществлять удаленный сбор данных, их хранение и предоставление пользователям.

Как правило, космические системы создаются и эксплуатируются кооперациями предприятий и организаций, в том числе международных, например Украинско-египетский проект Egyptsat 1, и, с учетом развития технологий обмена данными, реальным стало создание динамичных виртуальных организаций.

Основные решения

Анализ различных прецедентов в кооперации участников миссии создания и использования космической системы позволил выделить основных акторов и их роли в системе сбора и обработки ТМ-данных и представить эту систему в виде схемы, показанной на рис. 3.

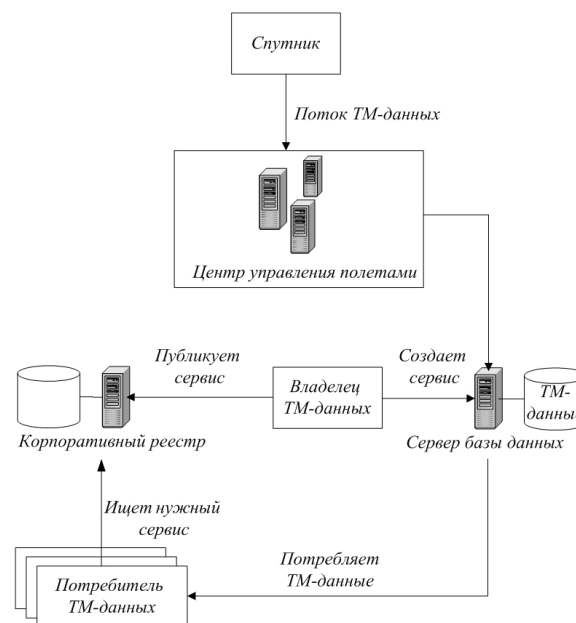


Рисунок 3 – Структура системы сбора и обработки ТМ-информации

Для достижения универсальности сервиса принято решение использовать "трехуровневую модель" архитектуры сервиса, которая отделяет уровень представления сервиса от реализации функций сервиса и функций доступа к базе ТМ-данных. Такой подход является естественным шагом обеспечения слабой связанности, но позволяет клиентам иметь прозрачный доступ к данным.

Дополнительным фактором, определившим выбор архитектуры системы, послужила разработанная по инициативе консорциума OMG XML-схема для обмена телеметрической и командной информацией – XML Telemetric and Command Exchange (XTCE) [4], которая позволяет создавать (является шаблоном) собственные схемы описания типов содержимого и формы передачи телеметрической и командной информации для космических систем. Эта спецификация учитывает требования таких международных космических стандартов и организаций, как Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS) и ECSS, поддерживается европейским космическим агентством - European Space Agency (ESA), ведущими космическими компаниями и рекомендуется для использования в ходе международных космических миссий.

Спецификация XTCE базируется на XML-схеме. XML-схема определяет класс XML-документов, под которыми в данном случае подразумеваются как документы, так и потоки данных, которыми обмениваются между собой приложения. Таким образом, мы имеем мета-мета-описание класса документов, которое является потоком ТМ-информации.

Место спецификации XTCE в иерархии представления данных показано на рис 4.



Рисунок 4 – Мета-модель ТМ-данных

XML-схема построена в соответствии с рекомендациями организации World Wide Web Consortium (W3C) и включает определения комплексных (например, TelemetryMetaData Type или ParametrTypeSet) и простых типов элементов (например, StringType), объявления элементов и атрибутов.

XML-схема для описания ТМ-информации представляет собой объектно-ориентированную структуру, в которой все элементы находятся внутри корневого элемента "космической системы" (SpaceSystem).

TelemetryMetaData Type – описание ТМ-данных, которое включает множество типов параметров (TelemetryTypeSet), множество собственно параметров (ParameterSet), множество контейнеров (ContainerSet), множество сообщений,

потоков и алгоритмов (соответственно MessageSet, StreamSet, AlgorithmSet).

Типы параметров (TelemetryTypeSet) являются мета-данными для параметров и используются для создания параметров. Эти мета-данные включают типы данных, описание, критические значения, единицы измерения, соглашения о преобразовании из потока, калибровки, возможно, данные о кодировании параметров, т.е. размер кода в битах, байтах, их порядок (младший-старший), сведения о проверке четности.

Параметры представляют собой простые имена и значения.

Множество контейнеров (ContainerSet) – это коллекция контейнеров-последовательностей SequenceContainers, которые определяют правила упаковки данных в пакеты, фреймы и другие структуры.

Для мета-представления XML-схемы спецификация XTCE использует UML-нотацию. Фрагмент UML-диаграммы представлен на рис. 5.

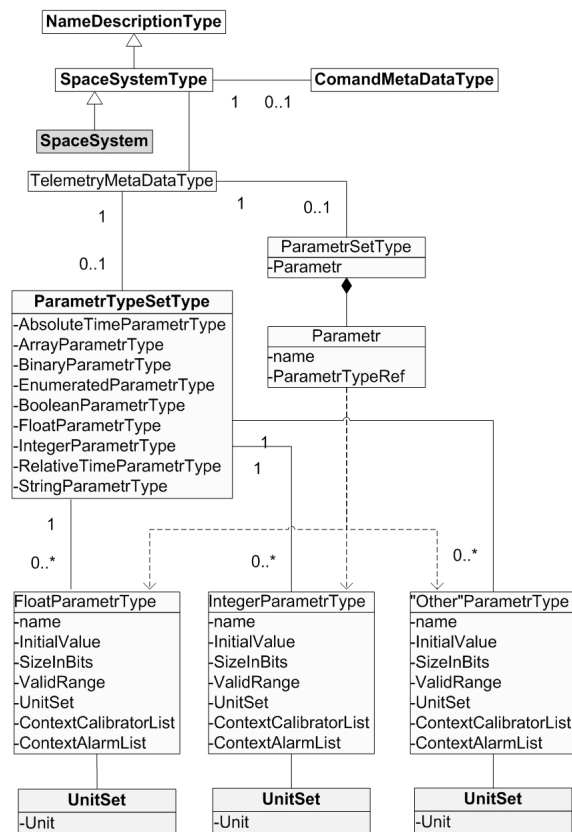


Рисунок 5 - UML-представление фрагмента спецификации XTCE

Разработка системы проводилась в соответствии с технологией Rational Unified Process (RUP) и с использованием объектно-ориентированного анализа и проектирования (ООА/П) [5]. Модель предметной области – это визуальное представление объектов предметной области или концептуальных классов, ассоциаций между ними и, при необходимости, атрибутов и методов концептуальных классов.

Листинг 1 демонструє фрагмент розробленої для супутника EgyptSat1 XTCE-схеми, визначає типи та структуру ТМ-даних, які запитуються в SOAP-повідомленнях клієнта (листинг 2) і повертаються в вигляді SOAP-відповіді сервером (листинг 3).

Листинг 1 - Фрагмент XTCE-схеми для ТМ-кадра №4

```
<xtce:SpaceSystem name="EgyptSat1"
xmlns:xsi=http://www.w3.org/2001/XMLSchema
-instance
xmlns:xtce=http://www.omg.org/space/xtce
xsi:schemaLocation="http://www.omg.org/
space/xtce..SpaceSystemV1.0.xsd">
<xtce:TelemetryMetaData>
<xtce:ParameterTypeSet>
<xtce:FloatParameterType
name="quaternionType">
<xtce:UnitSet />
<xtce:ValidRange maxExclusive="1.0"
minExclusive="-1.0" />
</xtce:FloatParameterType>
<xtce:FloatParameterType
name="angularVelocityType">
<xtce:UnitSet>
<xtce:Unit>degree/s</xtce:Unit>
</xtce:UnitSet>
</xtce:FloatParameterType>
<xtce:FloatParameterType
name="orbitPlaceType">
<xtce:UnitSet>
<xtce:Unit>km</xtce:Unit>
</xtce:UnitSet>
</xtce:FloatParameterType>
<xtce:FloatParameterType
name="orbitVelocityType">
<xtce:UnitSet>
<xtce:Unit>km/s</xtce:Unit>
</xtce:UnitSet>
</xtce:FloatParameterType>
</xtce:ParameterTypeSet>
<xtce:ParameterSet>
<xtce:Parameter parameterTypeRef=
"quaternionType" name="q0" />
. . .
<xtce:Parameter parameterTypeRef=
"angularVelocityType" name="wx" />
. . .
<xtce:Parameter parameterTypeRef=
"orbitPlaceType" name="rx" />
. . .
<xtce:Parameter parameterTypeRef=
"orbitVelocityType" name="vx" />
. . .
</xtce:ParameterSet>
</xtce:TelemetryMetaData>
</xtce:SpaceSystem>
```

Листинг 2 - Фрагмент SOAP-запроса даних ТМ-кадра №4

```
<sat:TMIData
xmlns:sat="http://sat.zntu.edu">
<sat:param0>699</sat:param0>
<sat:param1>10</sat:param1>
<sat:param2>5</sat:param2>
</sat:TMIData>
```

Листинг 3 - Фрагмент SOAP-відповіді з даними ТМ-кадра №4

```
<sat:TMIDataResponse
xmlns:sat="http://sat.zntu.edu">
<sat:return>
<xsd:q0
xmlns:xsd="http://sat.zntu.edu/xsd">
0.999713</xsd:q0>
. . .
<xsd:wx
xmlns:xsd="http://sat.zntu.edu/xsd">
0.0019</xsd:wx>
. . .
<xsd:rx
xmlns:xsd="http://sat.zntu.edu/xsd">
-1801.25</xsd:rx>
. . .
<xsd:vx
xmlns:xsd="http://sat.zntu.edu/xsd">
7.086313</xsd:vx>
. . .
<xsd:tm4
xmlns:xsd="http://sat.zntu.edu/xsd">
2007-06-07 09:34:15.000+03:00
</xsd:tm4>
</sat:return>
```

Выводы

В данной работе изложен практический опыт использования SOA для реализации системы сбора и обработки ТМ-информации, которая может служить подсистемой для многих технических систем, где необходима распределенная обработка данных. Основной концепцией, положенной в основу архитектуры системы, являлась ориентация на использование системы в рамках виртуальной организации. При разработке использовался модель-ориентированный подход. Апробация основных решений, положенных в основу системы, проведена с использованием реальных ТМ-данных.

Литература

1. The WS-I Basic Profile Version 2.0 (2007-10-25). [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.ws-i.org/profiles/basicprofile-2_0.
2. OGSA WSRF Basic Profile 1.0. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://schemas.ggf.org/ogsa/2006/05/wsrf-bp>.
3. ECSS-E-ST-10C - System engineering general requirements. 6 March 2009. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.estec.esa.nl/ecss/>
4. XML Telemetric and Command Exchange (XTCE). Version 1.0., formal/05-08-01. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.omg.org/space/xtce>.
5. Ларман К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования, 3-е издание. - М.: "Вильямс", 2007. – 736 с.

Поступила в редакцию 30.03.2010