

Um Modelo de Alinhamento de Sistemas de Comando e Controle

Johanlemborg Ferreira de Almeida, José Maria Parente de Oliveira

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Divisão de Engenharia da Computação. Praça Mal. Eduardo Gomes 50 – São José dos Campos - SP

Resumo — Cada vez mais diversos países participam de operações militares multinacionais, combinadas e conjuntas. Estas operações pressupõem que os sistemas de Comando e Controle (C2) dos países participantes compartilhem um conjunto de informações. Entretanto, para que isso aconteça, os sistemas de C2 de suas Forças Armadas devem primeiro conversar entre si. A orquestração e composição de serviços descritos por um vocabulário comum gerenciado pelas comunidades de interesse (COI) e responsáveis pela suas publicações irá aumentar significativamente o nível de interoperabilidade dos sistemas. Este artigo apresenta um modelo de alinhamento de sistemas de C2.

Palavras-chaves — Comando e Controle, Vocabulário Comum, Comunidade de Interesse e Composições de Serviços.

I. INTRODUÇÃO

Cada vez mais diversos países participam de operações militares multinacionais, combinadas e conjuntas. Estas operações necessitam que os sistemas de C2 dos países participantes, geralmente heterogêneos e distribuídos, compartilhem um conjunto de informações cujos requisitos mudam rapidamente.

A aplicação da tecnologia de serviços Web semânticos (SWS) atende em boa parte a estas necessidades ao permitir que os processos de negócio das operações militares sejam criados, compostos e orquestrados através de serviços Web descritos com características semânticas.

A parte restante, garantia da consistência semântica das informações compartilhadas, cabe às Comunidades de Interesse (COI) ao definir, tornar público e gerenciar um vocabulário comum para a padronização das estruturas, conteúdos e significados destas informações.

Este artigo apresenta um modelo de alinhamento de sistemas de C2 através da criação, composição e orquestração de serviços Web semânticos em atendimento às necessidades correntes dos usuários durante o transcorrer de uma operação, utilizando-se do Joint Command, Control, and Consultation Information Exchange Data Model (JC3IEDM) [1] como modelo de dados e vocabulário comum.

O artigo está organizado como segue: A Seção 2 descreve o que vem a ser serviços Web semânticos, comunidade de interesse e vocabulário comum. A Seção 3 lista alguns trabalhos relacionados. A Seção 4 mostra o modelo de alinhamento dos sistemas de C2. Conclusões são apresentadas na Seção 5.

II – SWS, COI E VOCABULÁRIO COMUM

2.1 Serviços Web Semânticos (SWS)

Serviço Web (ou Web service) é a tecnologia mais utilizada na implementação da Arquitetura Orientada a

Serviços, e que tem como objetivo proporcionar a interoperabilidade entre sistemas distribuídos, independentes da plataforma e da linguagem de programação utilizada, disponibilizando uma melhor interligação destas aplicações.

Segundo a definição de [2], serviço Web é um sistema de software construído para dar suporte a interações de interoperabilidade máquina-máquina numa rede, tendo uma interface descrita, geralmente, em Web Service Description Language (WSDL), processável por máquina. Outros sistemas interagem com o serviço Web conforme previsto em sua descrição usando mensagens Simple Object Access Protocol (SOAP) baseadas no padrão eXtended Markup Language (XML), através de HTTP em conjunto com outros padrões Web.

A arquitetura dos serviços Web se baseia na interação de três entidades: provedor do serviço (service provider), cliente do serviço (service requestor) e servidor de registro (service registry).

Existem processos de negócios que não podem ser atendidos por determinados serviços básicos isoladamente, mas sim através da utilização de dois ou mais serviços formando um novo serviço. Esta operação é chamada de composição de serviços.

A composição de serviços pode ser classificada em estática ou dinâmica. Na estática, os serviços são selecionados e encadeados em tempo de desenvolvimento. Já na dinâmica, os serviços são selecionados e encadeados em tempo de execução.

As principais tecnologias padronizadas para os serviços Web são: XML, SOAP, WSDL, UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) e WS-BPEL (Web Services Business Process Execution Language). XML é a base de todas as outras. SOAP é o protocolo de comunicação em ambiente distribuído. WSDL é a linguagem de descrição de serviços baseada em XML. UDDI é o mecanismo que possibilita a publicação e a busca dos serviços em um registro de serviços. WS-BPEL, derivado da área de workflow, permite organizar e agrupar os serviços Web.

Porém, nenhum desses padrões estabelecidos resolveu os problemas de interoperabilidade e automatização dos serviços, pois exigem em algum momento a participação humana.

Para tentar resolver esses problemas, segundo [3] a Web semântica preconiza a utilização de uma camada semântica para melhorar a descrição dos serviços com o intuito de facilitar a automatização da descoberta, composição, monitoração e execução destes serviços.

A Web semântica é uma extensão da Web atual que permitirá aos computadores e humanos entenderem o significado das informações. Ela utiliza-se de ontologias. Segundo a definição de [4], uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceituação compartilhada. Uma linguagem com grande poder de

expressividade e recomendada pela W3C para representar as ontologias é a Web Ontology Language (OWL).

Dessa união da web Semântica com o serviço Web nasceu o serviço Web semântico. Para dar suporte a essa nova tecnologia foram desenvolvidos alguns frameworks que fazem uso de dois tipos de ontologias: domínio e serviço. A ontologia de domínio trata de uma determinada área de conhecimento da aplicação a ser disponibilizada como serviço. A ontologia de serviço é utilizada para descrever as características semânticas do serviço através da associação dos parâmetros de entrada, saída, pré-condições e efeitos (IOPE) que o descrevem com os conceitos definidos na ontologia de domínio.

Um desses frameworks é a Ontology Web Language for Service (OWL-S) que é baseada na linguagem OWL. OWL-S é uma ontologia superior para descrever serviços Web e é composta por quatro ontologias: Perfil do Usuário (Service Profile) - divulga o que o serviço faz; Modelo de Serviço (Service Model) - descreve como o serviço funciona; Ligação de Serviço (Service Grounding) - especifica os detalhes de como acessar o serviço; Serviço (Service) - liga todas as outras três ontologias.

2.2 Comunidades de Interesse - COI

A utilização do termo Comunidade de Interesse (Community of Interest - COI) recentemente tem chamado bastante a atenção da comunidade de C2 como um mecanismo para garantir a consistência semântica das informações compartilhadas entre as organizações.

O US DoD Net-centric Data Strategy (NCDS) [5] define COI como um grupo colaborativo de usuários que devem trocar informações na busca de suas metas, interesses, missões ou processos de negócio compartilhados e que devem ter um vocabulário compartilhado para as informações que eles trocam.

Segundo [6], COI é definida como um grupo de pessoas encarregadas com a troca de informações em alguma área de interesse. A comunidade é composta de usuários / operadores que efetivamente trocam informações; os construtores de sistemas que desenvolvem sistemas de computadores para estes usuários; e os proponentes funcionais que definem os requisitos e adquirem sistemas no interesse dos usuários. A área de interesse é qualquer área de conhecimento a ser compartilhada pelas pessoas de uma COI. E para que os sistemas e organizações se comuniquem, ou seja, haja interoperabilidade de dados, as pessoas de uma COI devem todas conhecer e compreender as definições de consenso dos dados que elas irão trocar.

Ainda segundo [6] essas definições de consenso dos dados é uma tarefa que exige muito trabalho e por isso enfatiza a importância do painel de dados das COI e de suas tarefas para apoiar as Representações Comuns dos Dados (CDR) a serem utilizadas dentro das COI para troca de dados.

A principal tarefa do painel de dados é produzir e manter o CDR de acordo com o domínio das COI. A CDR é uma representação explícita do conhecimento semântico compartilhado das COIs e que deverá ser organizado em ontologias, esquemas abstratos e esquemas concretos. A idéia é que o painel de dados produza um conjunto de dados de referência, tanto em valores quanto em significados. Poderá também produzir regras de negócio (restrições em valores de dados) e modelos de processo (como o dado é usado).

O painel tem como foco somente os dados trocados e considera a relação custo / benefício quando da escolha de qual dado a ser trocado deverá ser primeiro modelado. Os sistemas legados não são obrigados a mudar a sua representação interna dos dados para atender a CDR.

O processo de criação do painel começa quando alguém identifica uma necessidade para um novo painel de dados. Isto pode acontecer de forma bottom-up, quando diferentes organizações percebem que elas podem formar uma COI e, portanto, necessitam de um painel de dados para construir a sua CDR de consenso. Pode acontecer também de forma top-down, por determinação, sem esperar por outras organizações para perceberem que elas necessitam cooperar para um painel de dados.

O Multilateral Interoperability Programme (MIP) [7], fundado dentro da OTAN (Organização do Tratado do Atlântico Norte), é uma comunidade de interesse de C2 militar exclusivamente focada na interoperabilidade de dados.

MIP foi criado inicialmente para dar suporte multinacional em operações militares combinadas e conjuntas. O objetivo é conseguir interoperabilidade internacional dos sistemas de C2 em todos os níveis através do desenvolvimento de padrões de modelos de dados e mecanismos para troca de dados. MIP permite que sistemas possam compartilhar informações sobre Planos e Ordens e Consciência Situacional.

MIP é um programa multilateral o qual participam 26 nações e organizações em todo o mundo e tem sido formalmente adotado pela OTAN.

A especificação MIP é uma interface gerenciada entre os sistemas de C2. Quando incorporada em um sistema, ela possibilita a interoperabilidade de informação entre quaisquer outros sistemas que também tenham incorporados a especificação.

2.3 Vocabulário Comum – JC3IEDM

O JC3IEDM, resultado da especificação MIP, define os requisitos técnicos e operacionais mínimos para que os sistemas de C2 interoperem com troca automática de dados. As suas principais características são:

- A estrutura deve ser suficientemente genérica.
- O modelo de dados descreve todos os objetos de interesse das operações militares, como organizações, pessoas, equipamentos, facilidades, características geográficas, fenômenos atmosféricos e as medidas de controle militar como as fronteiras.
- Objetos de interesse podem ser genéricos em termos de uma classe ou tipo e específico em termos de um item individual identificado. Todos os itens de objetos devem ser classificados como sendo do mesmo tipo.
- Deve ser possível designar um local para cada item na esfera da operação. Além disso, várias formas geométricas precisam ser representadas para permitir que comandantes possam planejar, dirigir e monitorar operações.
- Diversos aspectos de status de itens devem ser mantidos.
- O modelo deve permitir a descrição de composição de um tipo de objeto em termos de outros tipos de objetos.
- O modelo deve oferecer facilidades para a especificação presente, passada e futura do papel dos objetos, como parte dos planos, ordens e eventos.

- Há cerca de 270 entidades.
- As duas árvores mais importantes são Object, Fig. 1, e Action, Fig. 2.

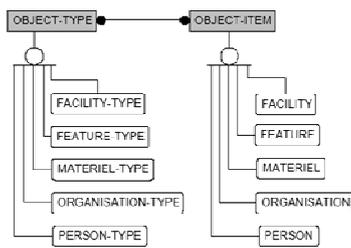


Fig. 1. Object.

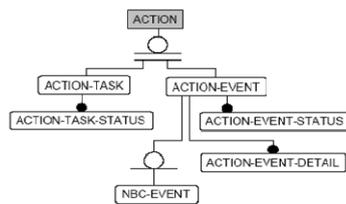


Fig. 2. Action.

O JC3IEDM [7]-[8]-[9] é um modelo relacional e é dividido em três modelos: conceitual, lógico e físico. O modelo conceitual representa a visão de mais alto nível da informação em termos de conceitos generalizados e é útil para o entendimento do escopo da estrutura da informação. O modelo lógico representa toda a informação baseada no detalhamento dos conceitos de alto nível em informações mais específicas que são normalmente usadas. O modelo físico fornece as especificações detalhadas necessárias para a geração do esquema físico que define a estrutura do banco de dados.

III – TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção, são apresentados e discutidos alguns trabalhos relacionados com o problema da interoperabilidade dos sistemas de C2. A maioria concorda com a adoção da tecnologia de serviços Web e de um modelo de dados comum.

Em [10] é apresentada a arquitetura e alguns princípios operacionais. É utilizada uma camada de serviços de mediação de dados baseada em XML e no modelo de dados Command and Control Information Exchange Data Model (C2IEDM), versão anterior do JC3IEDM. Para se conseguir o gerenciamento de um vocabulário comum é usada a proposta da engenharia de dados, conforme descrito em [11]. Porém, o próprio autor reconhece como trabalho futuro resolver o problema de similaridade de conceitos dos dados a serem compartilhados e propõe a utilização de ontologias, mas não descreve como isso pode ser feito.

Em [12] é apresentado um modelo com duas abordagens, top-down e bottom-up, para apoiar os processos de diferentes organizações com as informações compartilhadas dos diversos sistemas. A abordagem top-down trata das organizações participantes, do modelo conceitual e do vocabulário específico de dados. A abordagem bottom-up identifica os sistemas e os modelos de dados das organizações, utiliza a engenharia de dados baseada em modelo, conforme descrito em [13], para gerenciar o modelo de referência comum e adota o acesso através de serviços Web atômico, composto e agregado para este modelo. Porém,

não foi tratado o problema de similaridade de conceitos tão comum nesse tipo de abordagem.

IV – MODELO PROPOSTO

Para resolver os problemas de interoperabilidade semântica dos atuais sistemas militares de C2, propõe-se um modelo de alinhamento de sistemas de C2 para uma operação combinada cuja estrutura está representada na Fig. 3. O modelo consiste na criação de uma infraestrutura juntamente com as definições e atribuições de papéis e responsabilidades para permitir inclusive a composição dinâmica de serviços.

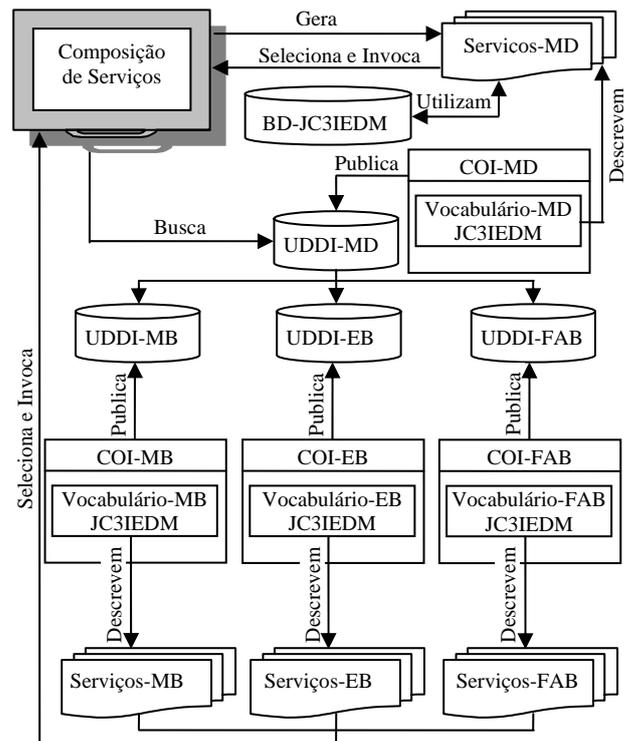


Fig. 3. Modelo Proposto.

4.1 Processos de Negócios

No modelo proposto, o MD (Ministério da Defesa) é o responsável por gerenciar a criação dos processos de negócios das operações combinadas com a participação dos especialistas das áreas de conhecimento das respectivas Forças.

Este trabalho é o ponto inicial para a criação dos primeiros serviços.

4.2 COI

Inicialmente, são criadas quatro grandes COI (COI-MD, COI-MB, COI-EB, COI-FAB) distribuídas respectivamente pelo MD (Ministério da Defesa), MB (Marinha do Brasil), EB (Exército Brasileiro) e FAB (Força Aérea Brasileira) de acordo com as suas áreas de conhecimento e que serão os elos entre elas. Outras COI poderão ser criadas dentro de cada Força, caso haja necessidade de uma maior especialização de domínios, mas o seu acesso pelas outras Forças será através de um dos elos de ligação.

O papel principal das COI é criar, manter e atualizar o seu vocabulário, representativo de sua área de conhecimento,

mantendo a similaridade dos conceitos, relações e estruturas com a ontologia JC3IEDM.

Cada COI é responsável pela publicação dos serviços de sua Força, desde que os mesmos estejam devidamente descritos conforme previsto em 4.4.

4.3 Modelo de dados JC3IEDM

Somente o MD utilizará o JC3IEDM como seu modelo de dados para representar o domínio de sua aplicação. O modelo será criado de forma incremental em atendimento às necessidades funcionais do sistema a ser desenvolvido. À medida que novas funcionalidades forem sendo implementadas, outras partes do JC3IEDM serão adicionadas ao seu modelo.

4.4 Ontologia JC3IEDM

Os serviços criados pelas Forças, em atendimento às solicitações do MD, deverão ser descritos em OWL-S, utilizando-se de ontologias representativas de partes do modelo de dados JC3IEDM, ou da própria ontologia JC3IEDM. Em vistology [14], está disponível gratuitamente uma ontologia OWL gerada automaticamente a partir do modelo lógico JC3IEDM [15].

4.5 Registros UDDI

Será utilizada uma federação com quatro registros UDDI (UDDI-MD, UDDI-MB, UDDI-EB, UDDI-FAB). O registro central, UDDI-MD, será o local onde serão publicados os serviços criados pelo MD através de composição de outros serviços básicos ou compostos do próprio MD ou das outras Forças. Nos outros três registros serão publicados os serviços básicos ou compostos criados pelas respectivas Forças.

4.6 Serviços Básicos

Cada Força criará e publicará os serviços básicos em seus registros UDDI à medida que os processos forem sendo definidos. A linguagem, banco de dados e ferramentas de desenvolvimento a serem utilizadas na criação desses serviços ficarão a critério de cada Força. A única padronização é quanto à utilização da ontologia JC3IEDM para descrição dos serviços.

4.7 Orquestração de Serviços

Uma vez publicados os serviços nos respectivos registros UDDI, o MD fará uma orquestração dos serviços em atendimento às funcionalidades dos processos de negócios definidos anteriormente. A utilização da ferramenta WS-BPEL facilita todo este processo de orquestração, uma vez que ela permite a realização de todo o processo de orquestração de serviços.

4.8 Composição Dinâmica de Serviços

O MD poderá, a qualquer momento, fazer composições dinâmicas de serviços. Estas composições serão feitas com base nas descrições semânticas do serviço solicitado e das restrições fornecidas.

V - CONCLUSÃO

Como foi mostrada, interoperabilidade semântica entre Sistemas de C2 é um requisito fundamental para o correto compartilhamento e troca de informações em operações militares multinacionais, combinadas e conjuntas.

A utilização da tecnologia de serviços Web descritos com características semânticas através de um vocabulário comum e apoiados por uma infraestrutura adequada é uma solução promissora para tratar dos problemas de heterogeneidade e distribuição dos sistemas de C2.

A escolha do JC3IEDM como vocabulário comum é uma opção viável, devido ao seu alto nível de consenso e maturidade adquiridos na área de C2, fruto dos vários anos de experimentações e evoluções desse modelo.

Com a criação das COI, outros vocabulários poderão ser criados caso haja interesse das autoridades em criar o seu próprio vocabulário.

O modelo proposto, em sua fase de implementação, além de propor uma infraestrutura para o alinhamento dos sistemas de C2 das Forças Armadas através de composição de serviços, permite também o alinhamento com outros sistemas de C2 de países membros da OTAN, o que facilitaria uma futura participação em operações multinacionais.

REFERÊNCIAS

- [1] MIP, JC3IEDM Overview, Greding, Germany, December 2005. http://mip-site.org/publicsite/Baseline_3.0/JC3IEDM-Joint_C3_Information_Exchange_Data_Model/JC3IEDM-Overview-UK-DMWG_Edition_3.0_2005-12-09.pdf
- [2] World Wide Web Consortium W3C. Web Services Architecture - W3C Working Draft 8 August 2003. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>
- [3] G. Antoniou and F. Van Harmelen, A Semantic Web Primer. MIT Press, 2008.
- [4] T. R. Gruber, A Translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, v. 5, p.199-220, 1993.
- [5] DOD Net-Centric Data Strategy, DOD Chief Information Officer, 9 May 2003.
- [6] S. A. Renner, A Community of Interest Approach to Data Interoperability. Proceedings Federal Database Colloquium '01, San Diego, August 2001.
- [7] Multilateral Interoperability Programme. <http://mip-site.org/>.
- [8] MIP, Joint C3 Information Exchange Data Model (JC3IEDM Main), Greding, Germany, December 2005. http://mip-site.org/publicsite/Baseline_3.0/JC3IEDM-Joint_C3_Information_Exchange_Data_Model/JC3IEDM-Main-UK-DMWG-Edition_3.0_2005-12-09.pdf
- [9] MIP, JC3IEDM Model Diagram. Greding, Germany, December 2005. http://mip-site.org/publicsite/Baseline_3.0/JC3IEDM-Joint_C3_Information_Exchange_Data_Model/JC3IEDM-MODEL%20DIAGRAM-Edition_3.0_2005-12-09.pdf
- [10] A. Tolk and J. Pullen, Using Web Services and Data Mediation/Storage Services to Enable Command and Control to Simulation Interoperability, Proceedings of the 9th IEEE International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT 2005), pp. 27-34, Montreal, Canada, October 2005.
- [11] Tolk, A.: "Common Data Administration, Data Management, and Data Alignment Systems as a Necessary Requirement for Coupling C4ISR Systems and M&S," Information and Security, pp. 164-174, Volume 12, Number 2, 2003.
- [12] A. Tolk, C. D. Turnitsa and S. Y. Diallo, Model-based alignment and orchestration of heterogeneous homeland security applications enabling composition of system of systems. Winter Simulation Conference 2007: 842-850.
- [13] A. Tolk and S. Y. Diallo. Model-Based Data Engineering for Web Services. IEEE Internet Computing 9(4): 65-70 (2005).
- [14] <http://www.vistology.com/ont/2007/JC3IEDM3.1a>
- [15] C. Matheus and B. Ulicny, On the Automatic Generation of an OWL Ontology based on the Joint C3 Information Exchange Data Model. 12th ICCRTS, Newport, RI, June 19-21, 2007.