

Overlay Distribution Network (ODiN) para Sistemas de Productor/Consumidor

Alejandro Juan Manuel Repetto

CIDESO¹, DIDEP² / EST³, IESE⁴ - Ejército Argentino

ajmrepetto@gmail.com

RESUMEN

Con el fin de dar soporte al sistema de *Comando y Control* (C2), requerido por el *Ejército Argentino* (EA) en sus proyectos basados en la inserción de nuevas tecnologías de la información, se presentan las líneas de investigación que seguirá a corto y mediano plazo el CIDESO.

Dentro de la arquitectura genérica de los sistemas de C2, las capas de distribución de información y comunicaciones se consideran como las de mayor complejidad. Para implementar estas capas, se propone la investigación y desarrollo de sistemas tipo *Overlay Networks* y *Publisher/subscriber*, como infraestructura de comunicaciones e integración de los subsistemas de negocio. Si bien ambas son arquitecturas conocidas sobre las cuales ya existen implementaciones reales en el ámbito comercial, los requerimientos específicos para su aplicación en el ámbito militar proponen un desafío extra de investigación.

El objetivo es pasar de una visión de alto nivel, expresada en la primera sección del presente documento, a una arquitectura y una implementación real poniendo énfasis en los aspectos detallados en la segunda sección.

Palabras Clave: overlay network, Publisher/subscriber, Comando y Control, interoperabilidad, sistemas distribuidos.

CONTEXTO

El Ejército Argentino financia y patrocina la construcción de un sistema de C2 para sus Grandes Unidades de nivel táctico (Brigadas) y cuenta con la asignación de presupuesto específico y subsidios asignados por el Programa de Investigación y Desarrollo para la Defensa (PIDDEF) del Ministerio de Defensa de la Argentina.

Los sistemas de C2 son de naturaleza socio – técnica y complejos en su concepción y diseño. En su implementación intervienen subsistemas informáticos y electrónicos, protocolos tecnológicos y procedimientos de estado mayor (flujos de trabajo del dominio del sistema) muy específicos. Su finalidad es dar soporte a los procesos decisorios que realizan los Comandantes y sus equipos asesores (Estados Mayores), optimizando el flujo de información operativa y decisoria en todos los niveles de la estructura orgánica las Brigadas, integrándola en forma horizontal y vertical. Otro objetivo indispensable es la interoperabilidad con otras organizaciones, ya sean nacionales, regionales o internacionales, civiles y militares, durante las operaciones militares, como se indica en [1] y [2].

Internamente, el CIDESO, posee *know how* en lo que respecta a sistemas de simulación para aplicaciones militares, tanto para problemas militares operativos - Batalla Virtual – como para operaciones militares de paz – Simupaz –. Como explotación de esa capacidad, se propuso la aplicación del conocimiento logrado al desarrollo del sistema de C2 del EA, bajo el nombre de proyecto SITEA (Sistema Integrado Táctico de Comando y Control del Ejército Argentino).

La arquitectura de sistemas de información es clave para orquestar a todos los actores, ya sean humanos, informáticos o electrónicos. Por su naturaleza, el sistema debe ser *ágil* – para transmitir la información en tiempo y forma –, *robusto* – pensado para actuar bajo condiciones inestables –, *seguro* – en el sentido de AAA (Autenticación, Autorización y Acceso) – y la complejidad del mismo debe ser *transparente para el usuario*.

Para cumplir con dichos requerimientos básicos, se piensa implementar un modelo

¹ CIDESO: Centro de Investigación y Desarrollo de Software

² DIDEP: Dirección de Investigación, Desarrollo y Producción

³ EST: Escuela Superior Técnica - Facultad de Ingeniería del Ejército Argentino

⁴ IESE: Instituto de Enseñanza Superior del Ejército - Universidad del Ejército Argentino

tipo *productor/consumidor*, que lograría la agilidad y la transparencia, montado sobre una *overlay network*, que bridaría seguridad y robustez, todo integrado en una arquitectura genérica de alto nivel llamada FISiCO^{2a}. Así, las dos grandes líneas de investigación se insertan en un requerimiento específico del EA y se pretende extender las facilidades de este nuevo sistema para permitir la interoperabilidad en el ámbito de las Fuerzas Armadas – Ejército, Marina y Fuerza Aérea - y, eventualmente, a las Fuerzas de Seguridad, Gendarmería y Prefectura -, así como también lograr la interacción con otros países.

1. INTRODUCCIÓN

Las arquitecturas de los sistemas de C2 han ido evolucionado con el correr del tiempo. Estos sistemas se iniciaron con la idea de lograr la integración de la información que fluía durante una operación militar. Sistemas de logística, de personal, de inteligencia, etc., que habían sido desarrollados por separado, debían interactuar para lograr una mejor explotación de la información permitiendo a los niveles decisores tomar acciones rápidas y precisas [3]. Estos sistemas evolucionaron, extendiendo las fronteras de sistemas informáticos convencionales, agregando sistemas de sensores, radares, sistemas de tiro de artillería, pequeñas fracciones de soldados, tiradores individuales y, además, focalizándose en la interoperabilidad entre fuerzas, como se detalla en [4], yendo a un esquema de apoyo a operaciones de guerra centrada en la red (*netcentric warfare*) [5].

Para lograr la interacción entre los sistemas mencionados, se ha coincidido (ver [5] [6]) en que el punto crítico eran las capas inferiores, desde el hardware de comunicaciones hasta el borde de negocio, con la mayor independencia posible de los procesos de alto nivel considerados. El objetivo final, es que las aplicaciones de negocio de C2 funcionen e interoperen con otras aplicaciones de modo transparente. Basándose en estas experiencias, se decidió centrar la investigación en la capa

de distribución, a través de la propuesta de desarrollo de una red de distribución tipo *overlay*, denominada ODiN (*Overlay Distribution Network*) y en una capa de interfaz entre esta última y la de aplicaciones, utilizando modelos productor/consumidor.

Específicamente, las *overlay networks* son sistemas de meta-enrutamiento que tienen como propósito enmascarar la red subyacente, en general redes del tipo TCP/IP. Dicho enmascaramiento se utiliza principalmente para forzar decisiones de enrutamiento con el fin de mejorar algún parámetro de la red real. En los inicios, el foco estaba puesto en la velocidad de entrega de los paquetes enrutados pero, con el avance de las tecnologías, estas redes se extendieron en busca de nuevos objetivos como por ejemplo, la seguridad, la confiabilidad [7] y la robustez de la red [8]. La evolución de estas redes trajo aparejado conceptos de redes sensibles al contexto. Los contextos estudiados son de gran variedad, por ejemplo sensibles a la topología de la red [9] o sensibles a la localización de los nodos emisores y receptores, como se indica en [10] y [11].

Por otro lado, el modelo de mensajería publicador/subscriptor (*publish/subscriber*) es un paradigma en el cual una serie de sistemas de información intercambian mensajes pre-clasificados según diferentes tópicos. Los publicadores o productores de la información no saben a ciencia cierta quiénes son los consumidores y, a la vez, los consumidores no saben quiénes son los potenciales productores, se describe en detalle en [12]. Así, los consumidores simplemente se suscriben a tópicos de su interés y los productores “liberan” a la red los mensajes clasificados. La inteligencia del protocolo hace que los mensajes lleguen a quienes les interesa, liberando a los extremos de la responsabilidad del enrutamiento. Existen gran cantidad de *middlewares* que implementan esta tecnología, como ser Apache ActiveMQ o IBM WebSphere.

La suma de dichas tecnologías, montadas sobre una capa física de comunicaciones, compuesta por nodos de comunicación genéricos, tanto radio-enlaces HF, UHF,

^a Framework de Interoperabilidad para Sistemas de Comando y Control, proyecto de investigación adoptado por el CIDESO para el corriente año.

satelitales, como nodos de comunicación estándar TCP/IP, conformarían una arquitectura cuatro capas, como muestra la Figura 1. La más baja sería la infraestructura de comunicaciones; la siguiente es la *overlay network*; la tercera, el *bróker* de mensajería publicador/subscriptor y, por último, una cuarta capa genérica donde se encontrarían todos los sistemas que intercambian información – desde humanos ingresando datos, hasta redes de sensores o radares publicando novedades en la red –.



Figura 1. Arquitectura de Capas para sistema de C2.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Dentro de cada arquitectura presentada en la sección 1, existen gran cantidad de puntos a considerar para lograr el fin propuesto

Particularmente, sobre *overlay networks* las líneas de investigación se centrarán sobre tres temas rectores: robustez, seguridad y sensibilidad al contexto. Respecto a la robustez de la red, considerando que los nodos de comunicaciones en los sistemas de C2 presentan gran inestabilidad – por ser objetivos claves a atacar durante operaciones militares-, la solución propuesta debe presentar la mayor redundancia posible evitando que los elementos queden incomunicados ante una eventual caída de nodos intermedios. El aumento en la redundancia perjudica el rendimiento, como se indica [13] y [14], e introduce problemas de enrutamiento relacionados con los bucles. Por ello, es fundamental realizar *un estudio*

buscando una solución equilibrada entre los beneficios de la redundancia y los problemas que la misma introduce [15]. La seguridad, desde la perspectiva AAA, y la sensibilidad al contexto, están relacionadas. Se abrirá *una línea de investigación relacionada con la ubicación de los nodos localizados mediante sistemas de posicionamiento global – GPS –, como se expone en [9], [11], [16], y, en base a ello, la confección de políticas de seguridad para brindar una validación previa de los actores, como se resume en [10], [17], [18].*

En lo que respecta a los sistemas publicador/subscriptor, se hará un análisis profundo *de los sistemas legacy* que se deben interconectar de modo de revelar la complejidad de las interfaces que deberán confeccionarse para la comunicación. Una vez realizado el relevamiento, se *estudiarán* los *sistemas disponibles en el mercado* para evaluar cuál se adapta a los requerimientos y el nivel de modificaciones que debe hacerse para cumplir las funciones específicas del sistema de C2. De este último estudio, se derivarán las *especificaciones de protocolos* de comunicación de software que deberán cumplir todos los subsistemas que integran el sistema de C2 para lograr una interoperabilidad óptima.

En resumen, las líneas de investigación y desarrollo para dar solución al problema planteado son las siguientes:

1. Solución eficiente robustez - rendimiento en *overlay networks* para implementar redes seguras sobre vínculos inestables.
2. Enrutamiento sensible al contexto para el aumento de la seguridad en *overlay networks* mejorando la AAA en redes con nodos móviles.
3. Análisis y definición de interfaces y protocolos de comunicación entre sistemas altamente heterogéneos para la interoperabilidad a través de middlewares tipo publicador/ subscriptor.

Obviamente, dichas líneas plantearán en el transcurso de su investigación otras relacionadas que profundizarán cada tema específicamente.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Dentro de una ventana de tiempo que no deberá superar los dieciocho meses, se deben alcanzar resultados concluyentes, incluyendo la implementación de componentes esenciales del sistema, que permitan validar la arquitectura propuesta. Como resultado de las líneas de investigación se espera obtener conocimiento profundo de las arquitecturas particulares para poder establecer en el corto plazo una arquitectura global que permita la implementación del sistema de C2. Se debe tener en cuenta que existe un alto nivel de dependencia entre las definiciones tomadas por estas líneas de investigación y el desarrollo de los subsistemas específicos de C2, ya que los mismos se encontrarán limitados por el protocolo que aquí se defina, debiendo cumplir formas y cargas según éste lo indique.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo principal que desarrollará las líneas de investigación propuestas está compuesto por un ingeniero militar (OIM) especialista en informática, responsable de coordinar las líneas de investigación y desarrollo de elementos no funcionales dentro del proyecto de C2. De él dependen un ingeniero informático con especialidad en infraestructura, sistemas criptográficos y sistemas distribuidos y un licenciado en ciencias de la computación con un perfil apto para modelado computacional e integración de software. En apoyo funcional, se disponen de ingenieros informáticos, analistas de sistemas y estudiantes con distintas capacidades específicas, como ser modelado y construcción de Sistemas de Información Geográfica (GIS), sistemas distribuidos, aplicaciones móviles, sistemas de simulación de comportamiento organizacional, tecnologías de objetos en diferentes lenguajes, entre otros. Los grupos de colaboración interna están integrados por estudiantes de grado y Analistas Universitarios de Sistemas. Durante 2009 se han continuado los trabajos de investigación colaborativos, realizándose una (1) Tesis de Posgrado (Universidad Politécnica de Milán)

y dos (2) Tesinas de Grado (UTN e IESE), todas aprobadas.

Los mencionados investigadores conforman el Equipo Integrado del Proyecto SITEA, el cual se ha organizado con funciones y perfiles apropiados para resolver la complejidad socio – técnica del proyecto, destacándose:

- Planificación y Evaluación del proyecto tecnológico: Jefe de Proyecto (Especialista del dominio del Sistema), Jefe de Desarrollo (OIM Ingeniero en Informática) y Asesor Operativo (Especialista de procesos de negocio del dominio del Sistema).
- Gestión de Ingeniería: Analista del Sistema (OIM Ingeniero en Informática), Arquitecto del Sistema (OIM Ingeniero en Informática), Ingeniero de Desarrollo Funcional (Ingeniero en Informática), Ingeniero de Desarrollo No Funcional (OIM Ingeniero en Informática), Ingeniero de Pruebas y Despliegue (Ingeniero en Informática), Ingeniero de Apoyo (Licenciada en Informática).
- Ingenieros de Productos: Ingeniero de Requerimientos y de Red de Sensores (Ingeniero Electrónico / Ingeniero en Informática), Ingeniero de Aplicaciones Distribuidas y Arquitecto de Software (Ingeniero en Sistemas de Información), Ingeniero de Aplicaciones Móviles (Ingeniero en Sistemas de Información), Ingeniero de Negocios y Arquitecto de Datos (Ingeniero en Sistemas de Información), Ingeniero de Interoperabilidad y Estándares (Ingeniero en Informática – Especialista en Criptografía y Seguridad Teleinformática), Ingeniero de Sistemas de Base e Infraestructura (Licenciado en Computación)

Si bien el CIDESO dispone de investigadores aptos para seguir las líneas propuestas, la colaboración entre laboratorios de informática busca el beneficio de la “sinergia” en I+D y constituye la materialización del aporte al desarrollo científico – tecnológico que el Ejército pretende en bien de la comunidad. Sobre las líneas de investigación propuestas, se buscará colaboración especialmente en la integración de sistemas. Dada la amplitud de sistemas a integrar, desde interfaces para sensores hasta

sistemas *legacy* desarrollados en distintos lenguajes de programación y con arquitecturas dispares, se buscarán contactos que posean conocimientos previos en el tema de modo de acortar los tiempos de investigación.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Alberts, David S. y Hayes, Richard E., *UNDERSTANDING Command and Control*. s.l.: Command and Control Research Program - DoD.

[2] US Marine Corps., *Command and Control*. s.l.: United States Government as represented by the Secretary, 1996.

[3] Wheatley, Gary y Noble, David., "A Command and Control Operational Architectur for Future Warfighters." s.l.: RTO, 1999. RTO SAS Symposium on "Modeling and Analysis of Command and Control".

[4] Department of Defence - USA., *Progress toward Security and Stability in Afghanistan*. 2009.

[5] Cebrowski, Arthur K. y Garstka, John J., "Network-Centric Warfare: Its Origin and Future." 1998. US Navy Instituel. Vol. 124, págs. 28-35.

[6] Fewell, M.P. y Hazen, Mark G., *Network-Centric Warfare- Its Nature and Modelling*. s.l.: Department of Defence - Australian Government, 2003.

[7] Sontag, David, y otros., "Scaling all-pairs overlay routing." Rome, Italy: ACM, 2009. 5th international conference on Emerging networking experiments and technologies. págs. 145-156.

[8] Doval, Diego y O'Mahony, Donal., "Overlay Networks: A Scalable Alternative for P2P." Internet Computing - IEEE, 2003, págs. 79-82.

[9] Junghee, Han, David, Watson y and Farnam, Jahanian., "Topology Aware Overlay Networks." s.l.: IEEE, 2005. IEEE INFOCOM.

[10] Cowling, James, y otros., "Census: Location-Aware Membership Management for Large-Scale Distributed Systems." San Diego, CA, USA: USENIX, 2009.

Proceedings of the 2009 USENIX Annual Technical Conference.

[11] Ittai, Abraham, y otros., "Practical Locality-Awareness for Large Scale." 2005. 4 th Intl. Workshop on Peer-to-Peer Systems (IPTPS).

[12] Eugster, Patrick TH., y otros., "The many faces of publish/subscribe." s.l.: ACM, 2003. ACM Computing Surveys. págs. 114 - 131.

[13] Feamster, Nick, y otros., "Measuring the effects of internet path faults on reactive routing." San Diego, CA, USA : ACM, 2003. 2003 ACM SIGMETRICS international conference on Measurement and modeling of computer systems.

[14] Das, Saumitra M., Pucha, Himabindu y Hu, Charlie, Y., "Performance Comparison of Scalable Location Services for Geographic Ad Hoc Routing." s.l.: IEEE, 2005. INFOCOM 2005. 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. págs. 1228-1239.

[15] Backx, P., y otros., "A comparison of peer-to-peer architectures." 2002. Eurescom Summit 2002.

[16] Saxena, Nitesh, Tsudik, Gene y Yi, Jeong Hyun., "Admission control in Peer-to-Peer: design and performance evaluation." s.l.: ACM, 2003. 1st ACM workshop on Security of ad hoc and sensor networks.

[17] DeCandia, Giuseppe, y otros., "Dynamo: Amazon's Highly Available Key-value Store." s.l.: ACM, 2007. XXI ACM SIGOPS symposium on Operating systems principles. págs. 205-220.

[18] Sherr, Micah, Thau, Boon y Blaze, Loo Matt., "Veracity: A fully decentralized service for securing network coordinate systems." 2008. VII International workshop on Peer-To-Peer Systems.