

Un modelo de datos semántico para catálogos activos de empresas de telecomunicación

Adolfo Ruiz Calleja¹, Guillermo Vega Gorgojo¹, Sergio García Gómez², Miguel L. Bote Lorenzo¹, Juan I. Asensio Pérez¹, Eduardo Gómez Sánchez¹

¹Escuela de Telecomunicaciones, Universidad de Valladolid

Paseo Belén 15, 47011 Valladolid, Spain

²Telefónica I+D, Boecillo, Valladolid, Spain

adolfo@gsic.uva.es, guiveg@tel.uva.es, sergg@tid.es,

migbot@tel.uva.es, juaase@tel.uva.es, edugom@tel.uva.es

<http://gsic.tel.uva.es>

Resumen—Hoy en día el mercado de las telecomunicaciones está cambiando y la capacidad de proporcionar servicios al usuario final de forma rápida es cada vez más importante. En este escenario, la extensibilidad de los Sistemas de Soporte a Operaciones cobra vital importancia. Para mejorar dicha característica se ha propuesto un nuevo componente, llamado catálogo, cuyo objetivo es identificar y relacionar todas las entidades que maneja el sistema. En el presente artículo, se discuten los beneficios de implementar dichos catálogos utilizando tecnologías semánticas y se propone un modelo de datos para la base de conocimiento del catálogo. La bondad de la propuesta se ilustra por medio de un ejemplo concreto para una empresa de telecomunicación, siendo sus principales beneficios la flexibilidad y extensibilidad de la conceptualización, así como la posibilidad de compartir el catálogo entre diferentes organizaciones.

Palabras Clave—Catálogo, Sistema de Soporte a Operaciones, tecnologías semánticas, ontología.

I. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Soporte a Operaciones (OSS *Operation Support Systems*) [25] actuales no son lo suficientemente flexibles, lo que provoca que la introducción y modificación de nuevos productos y servicios sea una tarea compleja que requiere mucho tiempo y esfuerzo. Esta limitación se debe fundamentalmente a que el conocimiento sobre la generación de servicios y productos está disperso en los diferentes componentes que forman el OSS. Por esta razón, se ha propuesto la creación de un nuevo componente del OSS, llamado catálogo [17], [24], con la finalidad de recoger dicho conocimiento, eliminándolo del resto de sistemas del OSS y así reducir la complejidad de los datos, lo que redundaría en un OSS capaz de evolucionar más fácilmente. De hecho, el TeleManagement Forum (TMF) ha lanzado recientemente la Iniciativa de Reunión de Productos y Servicios (PSA, *Product and Service Assembly initiative*) [24], una arquitectura para catálogos que contiene información sobre las entidades del sistema, junto con instrucciones para manejarlas de forma automática. Este tipo de catálogos se denominan “catálogos activos”, indicando que soportan las operaciones de crear, leer, actualizar y borrar información, así como otras relacionadas con la gestión de servicios, como la reserva de recursos o la coordinación de eventos [24].

Sin embargo, PSA sólo define una arquitectura de modelo de información y un conjunto de interfaces para el catálogo. Por ello, no es trivial producir datos que puedan ser utilizados

a partir de las especificaciones de PSA. De hecho, sólo unos pocos catálogos están disponibles actualmente [5], [26]. Dichos catálogos se centran en proporcionar un vocabulario comprensible, haciendo explícita la relación entre los productos y los servicios que se encuentran en el sistema. De esta forma, toda la información relacionada con la agregación de servicios para generar productos es recogida en un solo componente, teniendo un único punto de control para la gestión de los productos y servicios de la empresa. Dicha información puede ser utilizada, por ejemplo, por el personal de *márketing* para especificar los servicios que se incluyen en cada producto. No obstante, no hay ningún catálogo que considere las relaciones entre los servicios proporcionados a los usuarios y los recursos involucrados en ellos. Tal catálogo podría abarcar otras aplicaciones; por ejemplo, sería posible relacionar los productos comprados por un usuario con los servicios a él proporcionados y con las configuraciones necesarias en los recursos involucrados. Este problema ha sido detectado por los autores cuando se analizaron diversos OSS y se entrevistó a expertos en el dominio, y también ha sido percibido por las patentes [11], [27]. Sin embargo, las soluciones que dichas patentes proponen son sistemas y métodos para la configuración de un grupo de recursos que proveen un servicio, no siguiendo para ello ningún estándar. Además, los autores no tienen constancia de ninguna implementación de dichos sistemas.

Uno de los mayores problemas al diseñar un catálogo para un OSS que incluya productos, servicios y recursos es que los recursos son muy específicos para cada red. Esto hace difícil definir un catálogo que pueda ser reutilizado entre diferentes empresas. Sin embargo, sería interesante la creación de un catálogo de propósito general que pueda ser adaptado a diferentes OSS, de forma que se reduzca el tiempo y el esfuerzo de crear y evolucionar un catálogo. Además, como cierta información puede ser reutilizada, sería posible estandarizar los catálogos de la industria de las telecomunicaciones y federar los catálogos de diferentes compañías, lo cual es uno de los objetivos de PSA [24]. Es evidente que estos objetivos imponen flexibilidad en la base de conocimiento del catálogo, ya que debe ser capaz de adaptarse rápidamente a ambientes heterogéneos y en constante evolución, como un OSS de una Red de Próxima Generación (NGN, *Next Generation Network*) [9]. Las soluciones clásicas, como las

bases de datos relacionales, no proporcionan la flexibilidad requerida. Por ello, el presente artículo propone el uso de tecnologías semánticas para abordar dicho problema, puesto que permiten definir ciertas reglas entre la funcionalidad de los recursos y las características de los servicios y los productos. Así, la flexibilidad del catálogo debería incrementar, puesto que la relación entre los elementos del OSS existe en un metanivel, por lo que elementos semánticamente semejantes pero estructuralmente diferentes, pueden ser transformados automáticamente [20].

Como un primer paso en el desarrollo de un catálogo activo semántico, el presente artículo propone una conceptualización para su base de conocimiento, acorde con los estándares de TMF, y su implementación en una ontología. Un punto importante en dicha conceptualización es la consideración de niveles de abstracción diferentes, definiendo una conceptualización de alto nivel que podría ser compartida entre diferentes empresas y extendida por cada una de ellas para su contexto específico. Así, es posible desarrollar un catálogo compartido, permitiendo el intercambio de información entre diferentes organizaciones, facilitando la cooperación entre diferentes empresas para añadir valor al producto final, que es una de las características más importantes de las redes NGN [9]. Adicionalmente, las tecnologías semánticas proporcionan la extensibilidad necesaria para poder compartir el catálogo.

El resto del artículo se estructura como sigue: la sección II estudia las bondades de las tecnologías semánticas para desarrollar el catálogo. Posteriormente, la sección III explica los principios de diseño más importante del catálogo. La sección IV muestra cómo se conceptualizó la ontología propuesta, mientras que la sección V estudia cómo fue implementada y evaluada. Finalmente, la última sección resume las conclusiones más importantes del artículo, así como las posibles líneas de trabajo futuro.

II. LA NECESIDAD DE UN CATÁLOGO SEMÁNTICO

En los últimos años TMF ha propuesto la iniciativa NGOSS (*Next Generation Operations Support Systems*, Sistema de Soporte a Operaciones de Próxima Generación), que proporciona “un entorno de producción más productivo y una eficiente gestión de la infraestructura” [17]. NGOSS está formado por una metodología y cuatro marcos, uno de los cuales es SID (*Shared Information and Data Model*, Información y Modelo de Datos Compartido), un modelo de información que representa las diferentes entidades que aparecen en una empresa de telecomunicación y que puede ser utilizado como un “lenguaje común para desarrolladores e integradores de *software*” [16]. SID es especialmente interesante para el desarrollo de un catálogo de una empresa de telecomunicaciones porque define una conceptualización de los conceptos que aparecen en la empresa y de sus relaciones sin tener en cuenta detalles concretos de sus posibles implementaciones. Otra propuesta similar a SID son los estándares CIM (*Common Information Model*, Modelo Común de Información), desarrollados por DMTF (*Distributed Management Task Force*, Grupo de Trabajo de Gestión Distribuida) [3]. CIM está compuesto por un esquema de datos y una especificación que define los detalles para su integración con otros modelos de gestión. Los objetivos de SID y del esquema de CIM son semejantes: describir conceptos y relaciones que puedan aplicarse a todas las áreas

comunes de gestión independientemente de la implementación que se utilice; sin embargo, SID tiene mayor aceptación y actualmente es considerado un estándar de ITU-T[18].

NGOSS también ha detectado la necesidad de extraer el conocimiento de productos, servicios y recursos de los componentes del OSS existentes y recogerlo en un elemento único dentro de la arquitectura del OSS, llamado catálogo. Por eso TMF propuso la iniciativa PSA, definiendo una arquitectura de un catálogo activo y una serie de interfaces para su interoperabilidad con el OSS y con otros catálogos. Esos catálogos se llaman “activos” porque además de ser un registro de información soportan operaciones sobre el uso y el manejo de productos, servicios y recursos, tales como la reserva de recursos o la validación de servicios [24]. Una aspiración de PSA es estandarizar los catálogos activos de la industria de las telecomunicaciones, permitiendo su federación dentro de la empresa y también con diferentes proveedores de servicio. Dicha federación facilitaría la inclusión de servicios provenientes de terceros en la red, lo que supone una característica importante de las redes NGN [9]. La necesidad de un catálogo también ha sido percibida por diferentes autores, provenientes tanto de la industria como de la academia, incluyendo el Office of Government Commerce, quien publicó ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*, Librería de Información sobre Tecnología de Infraestructura), una lista de buenas prácticas para la gestión de servicios de información [13]. No obstante, para compartir información entre catálogos no sólo es necesario tener unas interfaces estandarizadas, sino que se debe compartir un modelo de información, el cual no está definido ni por ITIL ni por PSA. Dicho modelo de información debe estar basado en los estándares existentes, pero ni SID ni el esquema de CIM pueden utilizarse directamente, puesto que para que contengan todos los conceptos necesarios deben ser extendidos. Además, SID especifica una enorme cantidad de conceptos y no es trivial seleccionar cuáles son útiles para la base de conocimiento de un catálogo.

Según PSA, la base de conocimiento de un catálogo activo debe proporcionar información sobre productos, servicios y recursos, así como las relaciones entre dichos conceptos. El principal problema al considerar los recursos es que son muy específicos para cada red y cambian frecuentemente en las redes NGN [9]. Por esa razón la flexibilidad de la base de conocimiento es un requisito imprescindible si se especifican los recursos. Además, como PSA da soporte a la federación de catálogos, su base de conocimiento debe hacer posible el intercambio de información entre diferentes empresas y diferentes componentes del OSS. Por ejemplo, cuando un proveedor de servicio publica un nuevo servicio, otra empresa que desee integrar dicho servicio en sus sistemas debe ser capaz de obtener la información sobre los requisitos técnicos que debe cumplir para poder integrarlo. Ese intercambio de información es posible cuando se comparte una conceptualización entre diferentes catálogos, por lo que es imprescindible definir un núcleo para la base de conocimiento del catálogo que pueda ser compartido por diferentes organizaciones y posteriormente extendido por cada una de ellas. Por esta razón, la extensibilidad es otro requisito crítico en la base de conocimiento de un catálogo activo.

En cuanto a catálogos comerciales, los autores sólo tienen

constancia de dos implementaciones con notoria importancia. El primero está incluido en Tribold [26], un sistema de gestión de productos cuyo objetivo es reducir el tiempo y el coste de lanzar un producto al mercado por parte de una empresa de telecomunicación. Tribold utiliza su catálogo como un centro de control centralizado que proporciona un vocabulario de productos y servicios basado en SID. De esta forma Tribold tiene un único punto de control para la gestión de todos los productos y servicios de la empresa que apoya la gestión de productos y la inteligencia de negocio. A pesar de ello, Tribold no contempla la posibilidad de compartir información entre diferentes catálogos, ni tampoco proporciona un modelo de datos que pueda ser modificado de forma sencilla. Otra propuesta interesante es el proyecto SUPER [5], en el que se ha definido un catálogo para la provisión de servicios en la plataforma SUPER. La conceptualización del catálogo también sigue el modelo de SID y está implementada en una ontología con el objetivo de fusionar los estándares con el conocimiento de negocio proveniente de la industria. Sin embargo, dicha conceptualización sólo define los productos y servicios del sistema, mientras que los recursos no están contemplados. El uso de las tecnologías semánticas está motivado para describir los servicios que deben ser implementados y provistos por el sistema y para permitir su integración en la especificación del flujo de trabajo, de forma que las operaciones puedan ser todo lo automáticas que sea posible [14]. Su conclusión más importante es que las tecnologías semánticas hacen más sencilla la inclusión de productos de terceros en el catálogo, y pueden ayudar a abordar los problemas derivados de la heterogeneidad que aparecen de forma natural en el entorno de una empresa de telecomunicaciones. No obstante, el catálogo de SUPER sólo puede usarse cuando se despliegan servicios en la plataforma SUPER, y no aborda el problema de la heterogeneidad de recursos.

Se propone el uso de las tecnologías semánticas para afrontar los requisitos de extensibilidad y flexibilidad del catálogo. Un aspecto importante es implementar la base de conocimiento del catálogo en una ontología, proporcionando una solución flexible para modelar la información necesaria de un dominio, superando la rigidez de otras tecnologías como las bases de datos [4]. De hecho, cuando se incluyen los recursos en el catálogo es posible definir relaciones entre los servicios provistos a un usuario y algunas características de los recursos y, posteriormente, es posible especificar los recursos concretos que satisfacen dichas características. De esta manera, la mayor parte de la información puede ser compartida entre diferentes empresas y puede ser reutilizada si los recursos de una compañía se modifican. A pesar de ello, las tecnologías semánticas son más complejas que las soluciones clásicas, tales como bases de datos o esquemas XML. Esta desventaja es la principal razón por la que las tecnologías semánticas son todavía poco utilizadas en las empresas de telecomunicación [6]. No obstante, la eficiencia de las dichas tecnologías está mejorando e incluso algunas empresas, como Oracle [10], han lanzado sus propios productos comerciales basados en ellas.

Con todo, se propone el desarrollo de una ontología para la base de conocimiento de un catálogo activo que incluya pro-

ductos, servicios y recursos. Esta ontología debe dar soporte a la comunicación semántica entre diferentes catálogos, así que algunos de sus conceptos deben poder ser compartidos entre terceras empresas. Finalmente, la ontología debe ser lo suficientemente flexible como para satisfacer los cambios que sufren las redes NGN.

III. LA ARQUITECTURA DEL MODELO DE INFORMACIÓN DEL CATÁLOGO

Para desarrollar la base de conocimiento del catálogo se ha seguido la metodología On-To-Knowledge [19] debido a que es un método simple que está siendo empleado hoy en día en diferentes proyectos. De acuerdo con On-To-Knowledge, se deben estudiar fuentes de diferente naturaleza para distinguir cuáles son los conceptos relevantes que se han de incluir en la ontología. En este caso se estudiaron diferentes fuentes de información, incluyendo estándares de la industria de las telecomunicaciones, literatura publicada al respecto, diversas entrevistas con expertos y el análisis de un OSS real.

Se han seguido los estándares de NGOSS anteriormente citados, con especial interés en SID. Entre otros conceptos, SID distingue entre *products*, *services* y *resources*. *Services* se dividen en aquéllos que son directamente visibles por el consumidor del servicio, *customer facing services*, y aquéllos que no, *resource facing services*. Cualquier producto se puede relacionar con uno o varios grupos de servicios, definiendo los conjuntos de servicios que se agrupan para proporcionar un producto. Además, un servicio se relaciona con los diferentes grupos de recursos que lo pueden proporcionar. No obstante, SID no es adecuado para definir directamente la conceptualización de un catálogo, ya que no proporciona una taxonomía de productos ni servicios, por lo que no es trivial desarrollar una conceptualización que pueda ser utilizada como tal a partir de SID.

Una vez que toda esta información ha sido recogida, se ha propuesto una arquitectura para el modelo de datos que contempla dos gradientes de abstracción. El primer gradiente de abstracción define la arquitectura de cada catálogo y proporciona las relaciones entre diferentes elementos de forma acorde con SID, tal y como se muestra en la Figura 1. El segundo gradiente de abstracción define la relación entre cada catálogo específico y el resto de catálogos que potencialmente podrían aparecer dentro y fuera de la compañía, como muestra la Figura 2. La conceptualización se ha implementado utilizando palabras en inglés debido a que es el idioma en el que está descrito SID.

La Figura 1 muestra la estructura de más alto nivel del catálogo. Siguiendo esta estructura, un *product specification* está compuesto por uno o múltiples *customer facing services specification*. Tanto el concepto *product* como *customer facing service* abstraen todos los detalles tecnológicos y de implementación y sólo se centran en el comportamiento que dichos conceptos tienen de cara a los usuarios. Cualquier *customer facing service specification* se relaciona con al menos un grupo de *resource facing service specification*, definiendo así el agrupamiento de servicios de red que hacen posible proveer el servicio al usuario. Como puede haber

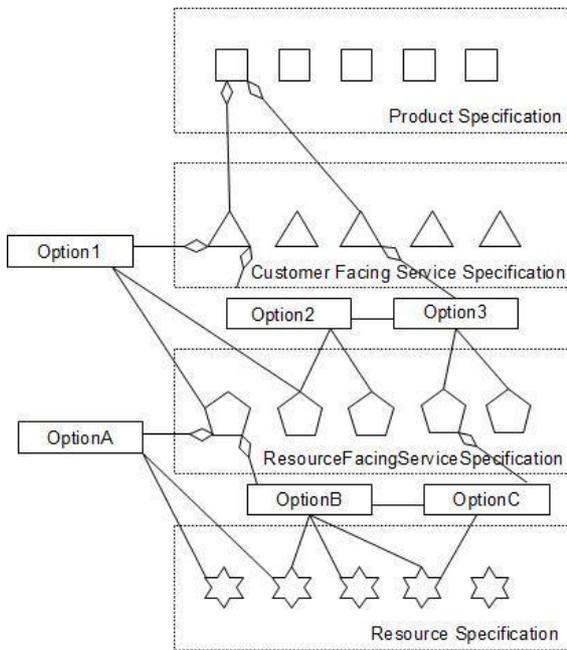


Fig. 1. Conceptos principales y sus relaciones en la arquitectura del catálogo.

múltiples opciones tecnológicas para proporcionar un mismo servicio a un usuario, un *customer facing service specification* puede relacionarse con diferentes grupos de *resource facing service specification* (definidos en la Figura 1 por los conceptos Option 1, Option 2 y Option 3). Del mismo modo, un *resource facing service specification* puede estar relacionado con uno o varios grupos de *resource specification*, dependiendo del tipo de recursos que puedan proporcionar el servicio (conceptos Option A, Option B y Option C en la Figura 1).

En este punto se deben resaltar algunos aspectos. En primer lugar, esta estructura es suficientemente general como para poder ser compartida por cualquier empresa de telecomunicación, debido a que no impone ninguna arquitectura tecnológica o empresarial y sólo define los conceptos que una empresa puede manejar. Además, siguiendo dicha estructura, cualquier producto, servicio o recurso puede ser definido. Eso no implica que se deba considerar cualquier concepto posible, pero se debe poder extender la conceptualización para definir la especificación de cualquier elemento, dependiendo de las necesidades particulares de la empresa. Finalmente, puede haber relaciones entre las diferentes opciones que enlazan los distintos niveles. Dichas relaciones permitirán hacer explícitas las dependencias tecnológicas entre las diferentes decisiones a tomar cuando se proporciona un servicio.

A partir de dicha estructura se ha desarrollado el núcleo del modelo del catálogo compartido, que puede ser entendido como una ontología de dominio [7]. Este núcleo debe ser extendido por cada compañía para desarrollar ontologías de aplicación [7] que se correspondan con el modelo del catálogo y que proporcionen todos los conceptos y axiomas necesarios para cada organización. Finalmente, este modelo se puede poblar para definir el catálogo de la empresa, el que variará con el tiempo. De esta manera, se han definido tres niveles de abstracción que se muestran gráficamente en la Figura 2.

El núcleo del modelo proporciona una conceptualización de dominio compartida, permitiendo que cada compañía seleccione los conceptos que necesite y posteriormente añada conceptos más específicos, desarrollando su propio modelo de catálogo. Posteriormente, los modelos pueden ser instanciados y a partir de ellos se pueden especificar diferentes catálogos, facilitando de esta manera su evolución. Nótese que si bien los catálogos de ambas compañías parecen muy diferentes, ambos comparten algunos conceptos, puesto que los conjuntos de conceptos que cada empresa tomó de la conceptualización compartida no son disjuntos, por lo que puede darse la comunicación semántica entre ambas compañías.

IV. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA ONTOLOGÍA

Siguiendo la metodología On-To-Knowledge se ha conceptualizado un modelo de información a partir de la arquitectura propuesta en la sección anterior. Partiendo de SID, la primera tarea fue seleccionar qué conceptos eran adecuados para ser utilizados en un catálogo. Posteriormente, algunos conceptos se definieron utilizando las fuentes de información anteriormente citadas. Se debe tener en cuenta que la conceptualización no intenta ser completa, sino definir unos principios de diseño, de forma que pueda ser extendido posteriormente adaptándola a cada contexto concreto. Concretamente, sólo se han considerado productos de usuarios domésticos, que se han relacionado exclusivamente con los servicios que son provistos directamente por una empresa de telecomunicación, tales como una conexión de datos y el acceso a la red. Otros servicios, como provisión de contenidos, no han sido especificados en el catálogo a pesar de que se podría extender para contemplarlos.

En la Figura 3 se observan algunos conceptos del núcleo del modelo de catálogo. Los conceptos que ya están definidos en SID se representan enmarcados en un rectángulo, mientras que el resto ha sido definido por los autores. La taxonomía de *product specification* no se considera explícitamente en la figura, pero se pueden entender como agrupaciones de *customer facing service specification*, tal y como se explicó en la sección anterior.

SID determinó que un *customer facing service* es “una abstracción que define las características y el comportamiento de un servicio concreto tal y como lo ve el usuario” [22]. En otras palabras, un *customer facing service* es lo que el usuario disfruta, esto es, el servicio que es dado al usuario abstrayendo todos sus detalles tecnológicos. SID distingue entre *simple* y *composite customer facing services*. Los servicios simples son atómicos y puede ser agregados para formar un servicio compuesto que será comprensible por el usuario. Un producto está compuesto por un conjunto de *customer facing services*, ya sean simples o compuestos.

Se han definido seis categorías principales de *customer facing service specification*: *UserEquipmentSpec*, relacionado con los servicios que proporciona el equipamiento en las pertenencias del usuario; *AccessSpec* incluye el acceso a la red; *CommunicationSpec* se relaciona con los diferentes medios de comunicación a los que el usuario puede tener acceso; *ContentDeliverySpec*, donde se incluyen los

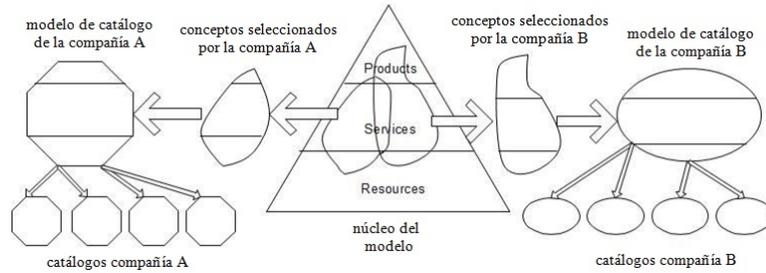


Fig. 2. Representación gráfica del núcleo, modelos y catálogos.

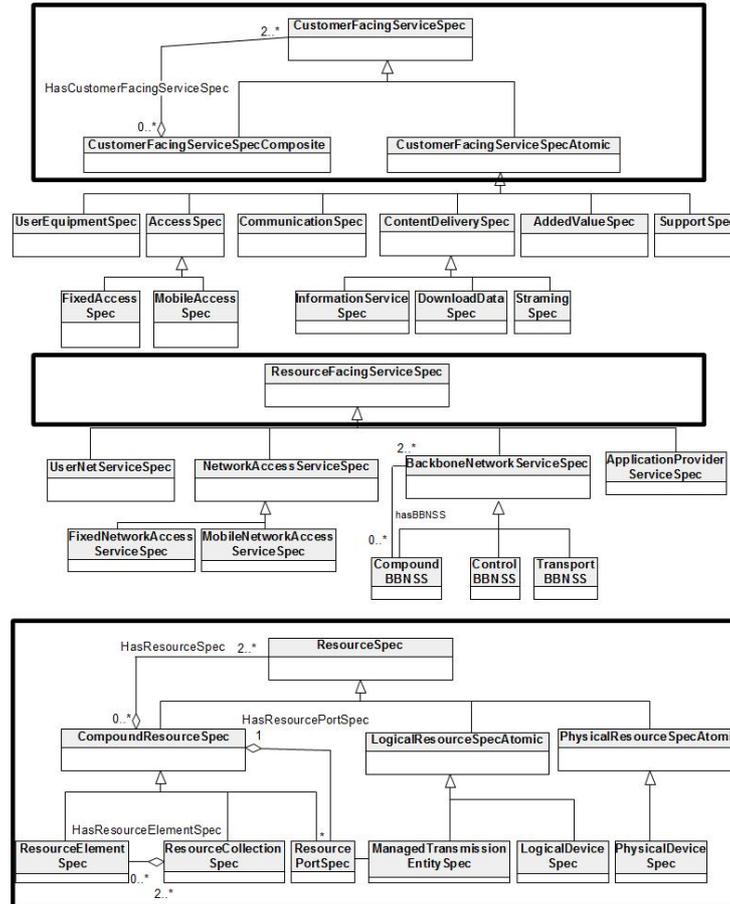


Fig. 3. Los conceptos de alto nivel del núcleo del catálogo.

conceptos relacionados con la provisión de contenidos, tanto si son bajo demanda como *broadcast*; *AddedValueSpec* especifica servicios que proporcionan un valor añadido a los servicios de comunicación; finalmente *SupportSpec* está relacionado con los servicios de soporte que se proporcionan al usuario.

Por otra parte, los *resource facing service* son “abstracciones que definen las características y el comportamiento de un servicio particular que no es visto ni comprado directamente por el usuario” [22], es decir, que servicios que proporciona la red al usuario para satisfacer las necesidades de los productos por él adquiridos, sin importar si el usuario es consciente de ellos o no. SID distingue entre *simple* y *composite resource*

facing service specifications, de manera que se puede definir una jerarquía de servicios de red. No obstante, para nuestros propósitos se han considerado cuatro categorías de *resource facing services specifications*: *UserNetServiceSpec* incluye las especificaciones de servicios relacionados con la red propia del usuario; *NetworkAccessServiceSpec* incluye los servicios relacionados con tecnologías que permiten comunicar al usuario con la red de backbone de la empresa de telecomunicaciones; *BackboneNetworkServiceSpec* se relaciona con cualquier servicio de la red de backbone; *ApplicationProviderServiceSpec* se relaciona con los servicios que permiten el acceso a la red de un proveedor de servicio.

Finalmente, *resource* es definidos en SID como una “entidad que es manejables en sí misma y que da lugar a un producto” [23]. Como la conceptualización de recursos está mucho más detallada que la de servicios, no ha sido necesario crear nuevos conceptos, sino simplemente seleccionar aquéllos que son útiles en un catálogo. *Resource specification* ha sido dividido en tres categorías principales: *PhysicalResourceSpec* es una clase abstracta que representa las especificaciones de “elementos *hardware* que pueden ser manejados”, mientras que *LogicalResourceSpec* representa las especificaciones de “conceptos lógicos y servicios que pueden ser manejados y que están relacionados con un elemento como un todo”. *ResourceCompoundSpec* se utiliza para describir especificaciones de “entidades manejables que son colecciones de otras entidades manejables”.

Una vez que se conceptualizó el núcleo del modelo de catálogo se particularizó para adaptarlo a las necesidades de un OSS concreto, y así diseñar el modelo de catálogo proporcionando un vocabulario más específico al OSS. Por ejemplo, el concepto *TransportBBNSS* fue extendido definiendo dos subconceptos: *ATMConnection* y *GBEthernetConnection*. Dichos conceptos están relacionados con las alternativas tecnológicas que un OSS puede contemplar al proporcionar un servicio de transporte de datos en la red *backbone* de la empresa.

A modo de ilustración, se ha diseñado un modelo de información para un catálogo concreto, tal y como muestra la Figura 4. Este ejemplo sólo contempla la especificación de producto *Speedy3Mb*, que es un producto doméstico que proporciona conexión a Internet, 10 cuentas de correo electrónico, almacenamiento web, soporte, *software* antivirus y acceso a algunos contenidos. Todos estos servicios son los *customer facing service specifications* definidos en el ejemplo, los cuales están relacionados con los conceptos definidos en el núcleo del modelo del catálogo. Con el ánimo de hacer la Figura 4 más legible, sólo se han hecho explícitas las relaciones de dos de estos servicios con sus *resource facing service specifications* correspondientes. Como ejemplo, *3MbFixedAccessSpec* tiene dos opciones que lo relacionan con servicios ADSL y VDSL. Nótese que los conceptos ADSL2+ y VDSL son particularizaciones de *ADSL2+AccessServiceSpec* y *VDSL-AccessServiceSpec*, que fueron definidos en el modelo de catálogo (véase la Figura 4). Finalmente, el concepto ADSL2+ está relacionado con dos grupos diferentes de recursos, algunos relacionados con los conceptos definidos en SID, tal como *TrailTerminationPortSpec*, y otros definidos en el modelo de catálogo, tal como *DSLAMSpec*.

V. IMPLEMENTACIÓN DE LA ONTOLOGÍA Y PRUEBA DE CONCEPTO

Para implementar la ontología anteriormente descrita se debe seleccionar un metalenguaje. En este caso, se escogió OWL-DL [2] puesto que proporciona la expresividad necesaria para implementar un catálogo activo mientras que la decidibilidad de la conceptualización está garantizada. Además, al ser un metalenguaje muy utilizado hoy en día, OWL-DL está muy documentado y existen numerosas herramientas que

le dan soporte. Protégé Ontology Editor 3.3.1 [8], es un editor ampliamente utilizado y fue seleccionado para facilitar la codificación de la ontología. Además, el razonador RacerPro 1.9.2 [15] se ha usado para clasificar la ontología y comprobar su consistencia, utilizando la interfaz DIG [1].

Durante el proceso de formalización se han seguido las buenas prácticas publicadas en [12], donde se indica que las clases deben relacionarse con los conceptos más generales (los que aparecen en el núcleo del catálogo y en el modelo del catálogo), mientras que los individuos deben representar a los más específicos (los conceptos del catálogo). La implementación de la ontología se dividió en tres ficheros: el primero implementa el núcleo del modelo del catálogo, el segundo lo extiende y define el modelo del catálogo y el tercero implementa el catálogo en sí. De esta forma los tres niveles de abstracción pueden extenderse de forma independiente tan sólo con la restricción de asegurar la consistencia entre ellos. Esto redundante en una mayor flexibilidad de la conceptualización, ya que cualquier capa puede ser modificada fácilmente sin necesidad de cambiar las demás, permitiendo que diferentes modelos de catálogos compartan un mismo núcleo y que diferentes catálogos particularicen un mismo modelo. Otra ventaja es que es posible compartir el núcleo del modelo entre diferentes empresas mientras que el modelo de catálogo se mantiene en privado.

De acuerdo con la metodología On-To-Knowledge, la ontología debe ser evaluada una vez que ha sido formalizada. Se ha llevado a cabo una evaluación preliminar, mezclando una evaluación centrada en el usuario, en la que se estudia si la aplicación satisface a los usuarios, y una evaluación centrada en la tecnología, donde se estudian las propiedades tecnológicas de la ontología [21].

Tal y como recomienda On-To-Knowledge, la evaluación centrada en el usuario consiste en estudiar si la ontología satisface una serie de preguntas de competencia. Concretamente, se pidió a dos expertos del dominio, externos a los autores, que propusieran algunas preguntas que debería responder el catálogo en un escenario real. Dichas preguntas fueron posteriormente traducidas de lenguaje natural a nRQL [15], un lenguaje comprensible por RacerPro. Las preguntas se relacionaban con dos escenarios diferentes: una situación en la que el personal de *marketing* consulta a la ontología qué servicios incluye un producto, y otro escenario en el que un sistema de provisión inquiriere sobre la configuración que deben tener los recursos para proporcionar un servicio a un cliente. Un ejemplo de una pregunta de competencia es “¿Puede conectarse un enlace VDSL a una red *backbone* con tecnología ATM?”. En vocabulario definido por la ontología, se pregunta si existe alguna relación de imposibilidad entre los conceptos *CFSSpec2RFSSpec* que relacionan los *customer facing service specifications* con VDSL y aquéllos que los relacionan con ATM. Dicha pregunta fue traducida como:

```
(retrieve (?y) (and (?y meta:Impossibility) (?x VDSL meta:isRelatedToRFSS) (?z ATM meta:isRelatedToRFSS) (?y ?x meta:hasCFSS2RFSS) (?y ?z meta:hasCFSS2RFSS)))
```

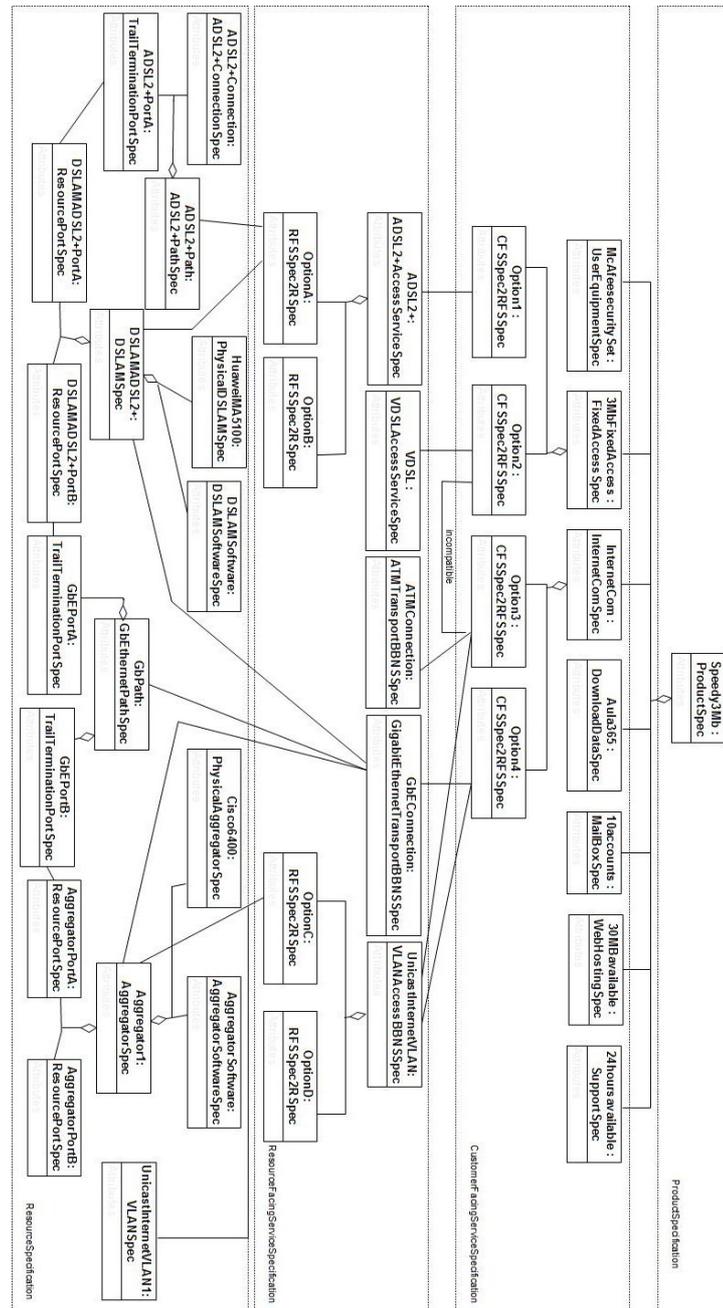


Fig. 4. Ejemplo de un modelo de información para el catálogo de una empresa de telecomunicaciones.

En este caso, el sistema devuelve el concepto `notVDSLandATM`, una instancia del concepto `Impossibility`. Dicha imposibilidad se muestra en la Figura 4 como una relación entre los conceptos `Option2` y `Option3`. De esta forma se hace explícito que ATM y VDSL son tecnologías incompatibles cuando se proporciona un servicio.

Por otro lado, la evaluación centrada en la tecnología debe mostrar la flexibilidad y extensibilidad de la ontología. Para evaluar estas características se supone una situación en la que una nueva especificación de un elemento se incluye en el sistema, concretamente se debe definir el concepto `agregador Cisco 10000`. Para ello se editó la ontología y se definió un nuevo concepto del tipo `PhysicalAggregatorSpec` y otro del tipo `AggregatorSpec`, definiendo el `hardware`

del agregador y el agregador como un todo respectivamente. Posteriormente, se consideró otro concepto para permitir la relación entre los nuevos conceptos creados y los `resource facing service specifications` previamente existentes. Así, al proporcionar conexión a Internet, el sistema permitirá dos opciones: una de ellas utiliza un CISCO 6400 y la otra un CISCO 10000. Se puede observar que con tan sólo crear tres conceptos, y sin necesidad de modificar los previamente existentes, es posible insertar la especificación de un nuevo elemento en el catálogo, relacionándolo con el resto de conceptos.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La creación de catálogos se ha propuesto recientemente en la industria de las telecomunicaciones, con el objetivo de

recoger el conocimiento sobre productos, servicios y recursos en un único componente del OSS. De esta manera, dicho conocimiento puede extraerse de los sistemas existentes, de forma que se reduzca su complejidad. Recientemente, se han propuesto algunos catálogos con el objetivo de mejorar la gestión de los procesos de negocio; sin embargo, ninguno de ellos tiene en cuenta las especificaciones de recursos, y por tanto no puede proporcionar una visión global de todas las entidades que toman parte en la provisión de un producto. El presente artículo propone la creación de un catálogo de productos, servicios y recursos utilizando tecnologías semánticas. A pesar de que las tecnologías semánticas sean relativamente complejas, la extensibilidad que proporcionan hace de ellas una solución adecuada para cumplir con la necesidad de compartir el catálogo entre diferentes empresas. Además, la posibilidad de definir restricciones en un nivel de abstracción mayor aumenta la flexibilidad del catálogo, lo que supone un requisito crítico cuando se trabaja con redes NGN.

El presente artículo supone un primer paso en el desarrollo de un catálogo semántico, presentando una conceptualización para la base de conocimiento de un catálogo y su implementación en una ontología. La conceptualización se basa en SID, un estándar actualmente en uso, esperando que así se facilite la integración del catálogo en el OSS y su distribución entre diferentes organizaciones. Para favorecer este último aspecto la conceptualización de la base de conocimiento define tres niveles de abstracción diferentes, permitiendo la federación de catálogo por parte de terceros. Esta conceptualización ha sido implementada y se ha llevado a cabo una prueba de concepto. A pesar de que se trata de una evaluación preliminar, se han logrado algunos resultados prometedores, puesto que se ha mostrado que la ontología es capaz de responder a algunas preguntas de competencia hechas por expertos externos a los autores y que se puede incluir nuevas especificaciones de elementos de forma sencilla.

Como se ha tomado la ontología On-To-Knowledge, se debe proceder de forma cíclica sobre el diseño y la evaluación de la ontología para refinarla. El trabajo futuro se centrará en desarrollar un primer prototipo del catálogo e integrarlo en un OSS real para dar soporte al sistema de provisión. Esta experiencia mostrará si la ontología es capaz de adaptarse a las necesidades de un OSS real y proporcionará una información muy útil para la mejora de la ontología. Posteriormente, debe comprobarse si la ontología da soporte a la comunicación semántica entre diferentes organizaciones.

VII. AGRADECIMIENTOS

El trabajo publicado en el presente artículo ha sido financiado por el proyecto Euricles, el cual supuso una colaboración entre Telefónica I+D (TID) y la Universidad de Valladolid. Los autores agradecen la ayuda por parte del personal de TID, especialmente a Mario López-Gallego, de TID Valladolid, y Francisco Javier Zorzano-Mier, de TID Madrid.

REFERENCIAS

- [1] S. Bechhofer. The DIG Description Logic Interface: DIG/1.1. Technical report, University of Manchester, febrero 2003. URL = <http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-81/bechhofer.ps>, última visita abril de 2009.
- [2] S. Bechhofer, F. van Harmelen, J. Hendler, I. Horrocks, D. L. McGuinness, P.F. Patel-Schneider, and L.A. Stein. OWL Web Ontology Language Reference. Recommendation, W3C, febrero 2004. URL = <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>, última visita abril de 2009.
- [3] Distributed Management Task Force, Inc. Common Information Model (CIM) Standards. URL = <http://www.dmtf.org/standards/cim/>, última visita abril de 2009.
- [4] D. Florescu. Managing semi-structured data. *Queue*, 3(8):18–24, 2005.
- [5] J. Frankowski, H. Kupidura, P. Rubach, and E. Szczekocka. Business process management for convergent services provisioning using the SUPER Platform. In *International Conference on Intelligence in service delivery Networks (ICIN)*, Bordeaux, France, October 2008.
- [6] J. Frankowski, P. Rubach, and E. Szczekocka. Collaborative Ontology Development in Real Telecom Environment. In W. Abramowicz and L. Macaiaszek, editors, *1st International Working Conference on Business Processes and Services Computing (BPSC 07)*, pages 40 – 53, 2007.
- [7] N. Guarino. Formal Ontology and Information Systems. In *Proceedings on Formal Ontology in Information Systems (FOIS '98)*, pages 3 – 15. IOS Press, 1998.
- [8] H. Knublauch, R. W. Ferguson, N. F. Noy, and M. A. Musen. The Protégé OWL plugin: An open development environment for semantic web applications. In *Proceedings of the Third International Semantic Web Conference (ISWC 2004)*, LNCS 3298, pages 229–243, Hiroshima, Japan, noviembre 2004.
- [9] C.S. Lee and D. Knight. Realization of the Next Generation Network. *IEEE Communications Magazine*, 43(10):34 – 41, 2005.
- [10] C. Murray. Oracle Database. Semantic Technologies Developer's Guide. Technical report, Oracle, noviembre 2009. URL = http://download.oracle.com/docs/cd/E11882_01/appdev.112/e11828.pdf, última visita abril de 2009.
- [11] B. Naughton, S. Osborne, G. Senior, and P. Kitteringham. Service assembly and delivery. Patent, International Publication Number WO 2008/068524 A2, junio 2008.
- [12] N. F. Noy and D. L. McGuinness. Ontology development 101: A guide to creating your first ontology. Technical Report SMI-2001-0880, Stanford Knowledge Systems Laboratory, marzo 2001.
- [13] Office of Government Commerce (OGC). ITIL Version 3 Lifecycle Process Model. Technical report, Office of Government Commerce (OGC), junio 2007. URL = <http://www.best-management-practice.com/ITILV3ProcessModel>, última visita abril de 2009.
- [14] Daniel Pop, Teodor-Florin Fortis, and Viorel Negru. Ontology-Based Modeling and Execution of Workflows for Virtual ISP. In *CISIS '08: Proceedings of the 2008 International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems*, pages 1007–1011, Washington, DC, USA, 2008. IEEE Computer Society.
- [15] Racer Systems GmbH & Co.KG. RacerPro user's guide. Technical Report 1.9, Racer Systems GmbH & Co.KG, diciembre 2005.
- [16] J. P. Reilly. *Getting Started with the SID. A SID Modeler's Guide*. The Lean Corporation, 2007.
- [17] J. P. Reilly and M. J. Creaner. *NGOSS distilled*. The Lean Corporation, 2005.
- [18] D. Sidor and K. Johannessen. ITU-T Recommendation M.3190 Shared Information and Data Model (SID). Recommendation, ITU-T, julio 2008. Prepublished recommendation.
- [19] S. Staab, R. Studer, H. P. Schnurr, and Y. Sure. Knowledge processes and ontologies. *IEEE Intelligent Systems*, 16(1):26–34, 2001.
- [20] S. Stein, C. Stamber, M. El Kharbili, and P. Rubach. Semantic business process management: An empirical case study. In M. Turowski K. Loos, P. Nüttgens and D. Weth, editors, *Proceedings of the MobIS 2008 Workshops*, pages 165–177, noviembre 2008.
- [21] Y. Sure, S. Staab, and R. Studer. Methodology for development and employment of ontology based knowledge management applications. *ACM SIGMOD Record*, 31(4):18 – 23, 2002.
- [22] TeleManagement Forum. Shared Information/Data Model (SID). Addendum 4S0. Service Overview Business Entity Definitions, 2004.
- [23] TeleManagement Forum. Shared Information/Data Model (SID). Addendum 5LR. Logical Resource Business Entity Definitions, 2004.
- [24] TeleManagement Forum. Product and Service Assembly Catalyst: Interface Implementation Specification, 2007.
- [25] K. Terplan. *OSS Essentials: Support System Solutions for Service Providers*. John Wiley, 2001.
- [26] Tribold. Tribold 3.0 white paper. URL = <http://www.tribold.com/index.cfm>, última visita abril de 2009.
- [27] B. Watson-Luke and D. J. Cooke. System and method for managing OSS component configuration. Patent US 2005/0114642 A1, mayo 2006.