

Modelo ontológico para bases de datos multimedia

Ontological model to multimedia database

Muñoz, Ana^{1*} y Aguilar, José²

¹Instituto Universitario Tecnológico de Ejido (IUTE)

²Centro de Estudios en Microelectrónica y Sistemas Distribuidos (CEMISID)
Departamento de Tecnología. Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes

Mérida-Venezuela

*anamunoz@ula.ve

Recibido: 16-07-2008

Revisado: 26-03-2009

Resumen

Las bases de datos multimedia han tenido un gran desarrollo en los últimos años. El uso efectivo de metadatos multimedia requiere de bases de datos multimedia para administrar, almacenar, buscar y entregar metadatos. Esta base de datos necesita tener conocimientos acerca de la ubicación de los datos media y de los metadatos, y debe enlazar descripciones de uso con los requerimientos de recursos media. Todo esto implica una serie de manipulaciones que deben definirse a través de parámetros muy específicos que contemplen su semántica, es decir sus conceptos, operaciones y restricciones. En este artículo se muestra una ontología para representar los conceptos, operaciones y restricciones que tienen las bases de datos multimedia, así como un caso de estudio del modelo generado.

Palabras clave: Bases de datos multimedia, metadatos, objetos multimedia, modelo ontológico.

Abstract

The multimedia databases have been a great development in the last years. The effective use of multimedia metadata requires of multimedia databases to manage, store, look for and give metadata. This database needs to have knowledge about the data mediates and metadata locates, and must connect use descriptions with the requirements of resources mediate. All this implies a series of manipulations that must be defined through very specific parameters that contemplate their semantics, that is to say, their concepts, operations and restrictions. This paper shows ontology to represent the concepts, operations and restrictions that have multimedia databases, as well as a study case of generated model.

Key words: Multimedia database, metadata, multimedia object, ontological model.

1 Introducción

La aplicación de sistemas multimedia en la vida diaria se ha extendido vertiginosamente estos últimos años. Ejemplos de ello son los sistemas multimedia sobre Internet tales como video-y-audio-por-demanda, video-conferencia y e-learning a distancia. Estos sistemas son peer-to-peer, este modelo de red contrasta con el modelo cliente-servidor. Un requerimiento muy importante de los sistemas multimedia peer-to-peer son los metadatos. Los metadatos describen semánticamente el contenido multimedia.

La International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission (ISO-IEC) ha establecido estándares para los metadatos, proponiendo la

descripción de esquemas para multimedia, de tal forma de permitir encontrar datos multimedia por contenido (Kosh Harold, 2004). Un ejemplo de ello es el estándar Moving Picture Experts Group (MPEG-7).

El uso efectivo de metadato multimedia requiere de una base de datos multimedia para administrar, almacenar, buscar y entregar metadatos. Un Sistema Administrador de Base de Datos Multimedia (SABDMM, siglas en inglés MMDBMS) necesita soportar tipos de datos multimedia, además de proporcionar los servicios de las bases de datos tradicionales. El SABDMM integra texto, datos, video, imagen (estática y dinámica) y sonido. La naturaleza de los datos multimedia hace que sea importante soportar nuevas funciones, como administración de grandes volúmenes de datos multimedia, los cuales requieren una organización

específica sobre un servidor de almacenamiento. Además, el SABDMM debe proporcionar los medios para recuperación e indexación de la información de manera eficiente y soportar modelos conceptuales de datos multimedia (Roan-tree Mark, 2002). En este artículo se muestra un modelo ontológico para las bases de datos multimedia. En una primera parte se muestran algunos trabajos relacionados en el área, luego se muestran los componentes teóricos de las bases de datos multimedia, luego el modelo ontológico para las bases de datos multimedia, y finalmente, un ejemplo que verifica el comportamiento del modelo.

2 Antecedentes

2.1 Los primeros SABDMM

Se basaban en el sistema operativo para almacenar y consultar archivos. Estos eran sistemas ad-hoc que servían principalmente como repositorios. A mediados de los 90 surge la primera generación de los SABDMM comerciales. Estos sistemas permitían manejar diferentes clases de datos y proporcionaban mecanismos de consulta, recuperación, inserción y actualización de datos.

2.2 En una segunda generación

Surgen los sistemas que manejan contenido multimedia, proporcionando tipos de datos complejos de diferentes clases de medios. La orientación a objeto proporciona facilidades para definir nuevos tipos de datos y operadores apropiados para esta nueva clase de datos media como video, imagen y audio. Los SABDMM ven los datos como Objetos-Relacionales Extendidos. Las soluciones más avanzadas al respecto las tienen Oracle, IBM DB2 e IBM Informix, que extienden la administración del SABDOR (Sistema Administrador de Base de Datos Objeto-Relacional) a imágenes, video, audio y objetos espaciales.

MIRROR (Multimedia Information Retrieval Reducing Information Overload) (Argen P. de Vries et al, 1999) es un SABDMM de investigación, desarrollado para comprender la clase de administración de datos que se requiere en el contexto de librerías digitales multimedia. DISIMA (V. Oria et al, 2000), es un sistema de bases de datos para procesamiento de imágenes distribuidas y que permite la consulta de imágenes basada en contenido.

2.3 La tercera generación

Incluye los proyectos que están dirigidos principalmente a la necesidad de aplicaciones para contenido de enriquecimiento semántico. La mayoría de ellos se basan en los nuevos estándares MPEG-7 y MPEG-21 (Kosh Harold, 2004). MPEG-7 es el estándar ISO/IEC 15938 de descripción multimedia. Es un estándar de metadato multimedia basado en XML que propone la descripción de elementos para el ciclo de procesamiento multimedia desde la captura, análisis/filtrado,

hasta su uso. MPEG-21 es el estándar ISO/IEC 21000 que define una estructura multimedia abierta que permite el uso transparente de los recursos entre redes y dispositivos utilizados por diferentes comunidades. Un proyecto basado en este estándar es MARS (Multimedia Analysis and Retrieval System) (www.mars.ics.uci.edu), que permite la recuperación de información multimedia y soporta objetos de información multimedia basado en su contenido semántico. Otro proyecto es el MPEG-7 Multimedia Data Cartridge (MDC) (Kosh H, 2005).

3 Bases teóricas

3.1 Bases de datos multimedia

En las bases de datos multimedia se pueden distinguir dos tipos: las referenciales y las descriptivas. Las bases de datos referenciales son bancos de datos sobre material como películas, series de televisión o música, en la mayoría de los casos la información que se almacena hace referencia a cuestiones descriptivas (autor, título, duración, productor, etc.) o a cuestiones técnicas (formato, duración, etc.). Las bases de datos multimedia descriptivas, además de los datos técnicos y generales, aportan información específica sobre el contenido, indicando, por ejemplo, dónde se sitúan los cambios de plano en una película o la transcripción de un diálogo determinado.

En un sistema de base de datos multimedia, de acuerdo a como se realice el tratamiento de los datos (de manera integrada o no con el sistema de base de datos), se presentan diferentes arquitecturas (Prabhakaran B, 1997).

- Arquitectura de acoplamiento: separado (loose coupling) esta arquitectura está conformada por 3 módulos: el sistema administrador de base de datos manipulador de los metadatos, el administrador de archivos multimedia y el módulo integrador de ambos (Prabhakaran B, 1997).
- Arquitectura de acoplamiento compacto: (tight coupling) en este caso, el administrador de base de datos maneja la base de datos multimedia y los metadatos. En esta arquitectura toda función del administrador de base de datos se aplica sobre la base de datos multimedia (Prabhakaran B, 1997).
- Arquitecturas de hipermedia: funciona básicamente como un hipertexto. El inicio del enlace o su origen está denotado por un "link marke", y el final del enlace o su destino es un "link anchor".

De lo ya mencionado anteriormente pueden surgir otros aspectos, por ejemplo puede existir un SBDMM (Sistema de Bases de Dato Multimedia) que podría ser usado dentro de sistemas de bases de datos comerciales como un SABD Orientado a Objeto para manejar objetos multimedia, o bien se podría tener un SABDMM que se encuentre distribuido (Prabhakaran B, 1997).

- Metadatos multimedia: un metadato describe varios atributos de los objetos de información y les otorga significado, contexto y organización. Los tipos y funciones de los metadatos pueden clasificarse en tres categorías: descriptivos, estructu-

rales y administrativos. Las funciones aplicadas para extraer metadatos pueden ser dependientes o independientes del contenido de los objetos media. Basado en estas funciones, los metadatos multimedia pueden ser (Becarević D. et al, 2004): Metadatos dependientes del contenido, Metadato descriptor de Contenido y Metadatos independientes del contenido.

Otra clasificación de acuerdo a su uso es la siguiente:

- Metadatos para texto: es el objeto media más simple, en términos de requerimientos de almacenamiento, representación, identificación del contenido de información, etc. Los siguientes tipos de metadatos se usan para describir objetos texto
- Descripción de contenidos de documentos: proporciona información adicional del contenido del documento.
- Representación de datos texto: describe el formato, técnicas de codificación y compresión utilizadas para almacenar los datos.
- Documento histórico: describe la historia de creación del documento. Este metadato es descriptivo.
- Localización del documento: este metadato independiente del contenido describe la localización en donde se encuentra el documento (estación de trabajo o PC dentro de una red).
- Metadatos para el habla: se refiere al lenguaje hablado y no está definido como un tipo de dato independiente. Es considerado como parte del audio. Los metadatos generados para el habla pueden ser:
 - Identificación de palabras habladas: este metadato consiste del tiempo inicial y final del discurso.
 - Identificación del hablante: (speaker). Los metadatos generados como parte del reconocimiento del hablante se consideran descriptivos del contenido.
 - Identificación de la información prosódica: que puede ser utilizada para llamar la atención de una frase o una oración, o alterar el significado de la palabra. Los metadatos que describen la información prosódica son dependientes del contenido.
- Metadatos para Imágenes: los metadatos de imágenes dependen del tipo de imágenes a ser analizadas y la aplicación que se utilizará para analizar los datos. Algunos de estos tipos de imágenes son:

Metadatos para imágenes satelitales.

Metadatos para imágenes de diseño arquitectónico.

Metadatos para imágenes faciales.

Metadatos para video que pueden ser: dependientes del Contenido, de contenido descriptivo, independientes del contenido.

3.2 Ontología

Una definición de ontología hecha en términos de base de datos, es la que ofrece Weigand: “Una ontología es una base de datos que describe los conceptos del mundo de un dominio específico, algunas de sus propiedades y cómo estos conceptos se relacionan entre sí”.

El conocimiento representado dentro de una ontología

es formalizado a través de cinco componentes:

- Conceptos o clases: son las ideas a formalizar. Son todas las ideas importantes relevantes para un determinado dominio de aplicación y pueden estar organizadas en taxonomías.

Relaciones: representan las interacciones entre las clases, y están definidas como un subconjunto de un producto cartesiano.

- Funciones: son casos especiales de relaciones, donde se generan elementos mediante el cálculo de una función.
- Instancias: se usan para representar elementos o individuos en una ontología.
- Axiomas: sirven para modelar sentencias que siempre van a ser ciertas. Se usan para representar conocimiento.

(Van Heist et al, 1996) propone una clasificación de las ontologías de acuerdo con el tipo de concepto a describir y su uso. Así, se pueden encontrar los siguientes tipos de ontologías:

- Terminológicas: especifican los términos que son utilizados para representar conocimiento en el universo del discurso. Suelen ser usadas para unificar vocabulario en un dominio determinado.
- De información: especifican la estructura de almacenamiento de bases de datos. Ofrecen un marco para el almacenamiento estandarizado de información.
- De modelado del conocimiento: especifican conceptos vinculados al conocimiento. Contienen una estructura interna rica y suelen estar ajustadas al uso particular del conocimiento que describen.

La ontología para bases de datos multimedia es una ontología de conocimientos y modela un dominio en concreto que es el comportamiento de las bases de datos multimedia.

4 Ontología para bases de datos multimedia

Siguiendo la metodología Methontology (Fernandez-López et al, 1997) para desarrollar ontologías, y la arquitectura ontológica para bases de datos propuesta en (Muñoz et al, 2006); (Muñoz, Aguilar, Martínez 2005); (Muñoz, Aguilar, 2005), a continuación se presenta el modelo ontológico para las bases de datos multimedia. En general, las bases de datos multimedia poseen conceptos, operaciones y restricciones, como se muestra en la siguiente taxonomía.



Fig. 1. Taxonomía de las bases de datos multimedia

Las bases de datos multimedia poseen los siguientes atributos que describen sus características:

BASE_DE_DATO_MULTIMEDIA (Id_BDMM, Nom-

bre_BDMM, Dirección, Usuario, Tipo_BDMM, Esquema_BDMM, Modelo_BDMM, Lenguaje_de_Consulta, SABD).

Donde:

Id_BDMM: identificador de la BDMM, este identificador es único.

Nombre_BDMM, donde se coloca el nombre de la base de datos.

Dirección: ubicación de la base de datos.

Usuario: propietarios de la BDMM.

Tipo_BDMM: tipo de base de datos multimedia, por ejemplo de video, de música, híbrida, etc.

Esquema de la BDMM: nombre de los esquemas que conforman la base de datos multimedia. Por ejemplo: General, Metadata, etc.

Modelo_BDMM: modelo utilizado por la base de datos multimedia para representar sus esquemas. Por ejemplo: Orientado a Objeto, Entidad-Relación.

Lenguaje de Consulta: Lenguaje de Consulta que utiliza el Sistema Manejador de Base de Datos. Por ejemplo: SQL SABD: Sistema Administrador de Base de Datos. Por ejemplo: MySQL, Informix.

A continuación se muestran los axiomas para esta taxonomía.

Tabla 1. Axiomas de las bases de datos multimedia

Sentencia	LPO
Una base de datos Multimedia	$V \times BDMultimedia(x) \Rightarrow$
tiene conceptos, operaciones y restricciones	$V \text{ tiene}(x, ConceptoBDMM)$
	$V \text{ tiene}(x, OperacionesBDMM)$
	$V \text{ tiene}(x, RestriccionesBDMM)$

4.1 Conceptos

La Fig. 2 muestra la representación taxonómica de la ontología de los conceptos de las bases de datos multimedia. A continuación se listan los atributos que poseen los conceptos de Base de datos multimedia, se describen a manera de esquemas de bases de datos.

BDMM (Nombre, ModeloBDMM).

METADATO_TEXTO (Formato_Texto, Tipo_Font, Tamaño_Página, Descripción_Contenido_Texto, Representación_Texto, Documento_Histórico, Localización del documento).

METADATO_HABLA (Formato_Compresion, Tiempo_Inicial_Discurso, Tiempo_Final_Discurso, nombre del hablante información_prosodica=Significado).

IMAGEN_SATELITAL (Fila, Columna, Capa_Profundidad).

IMAGEN_DISEÑO_ARQUITECTÓNICO (Nombre_Edificación, Ubicación, Nombre_Arquitecto, Costo_Estimado, Nombre_Compañía).

METADATO_IMAGEN_FACIAL(Color_Cabello, Descripción_de_Ojos, descripción_Nariz, Descripción_Boca, Nombre_Persona, Sexo_Persona, Identificación_Persona)

METADATO_VIDEO (Frames, Formato, Movimien-

to_de_Camara, Altura_Camara, Nivel_de_Luz, Objetos_en_Secuencia_de_Video, Enfoque_de_Camara, Angulo_de_Toma, Movimiento_de_la_Toma, Descripción_de_la_Acción, Tipo_de_Objetos_en_la_Toma, Fecha_de_Producción, Nombre_Productor, Nombre_Director).

HERRAMIENTA_SOPORTE_USUARIO (NombreHerramientaSU, SistemaOperativoSU, LenguajeSU).

HERRAMIENTA_SOPORTE_APLICACION (Nombre_HerramientaSA, SistemaOperativoSA, LenguajeSA)

DATO_TEXTO (Titulo, Autor, Afiliación_Autor, Resumen, Secciones, Subsecciones, Párrafos, Lenguaje de representación).

DATO_AUDIO (Tipo_Audio, Calidad_Digitalización).

DATO_IMAGEN (Tipo_Imagen, Color, Formato).

DATO_GRAFICO (Descripción, Nombre_Aplicacion).

DATO_VIDEO (Estándar, Esquema_Compresion).

DATO MEDIA GENERADO (Tipo_Presentación, Formato).

Relaciones: tiene

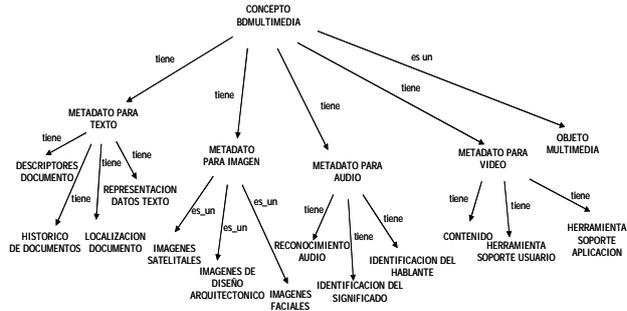


Fig. 2. Taxonomía de conceptos para bases de datos multimedia

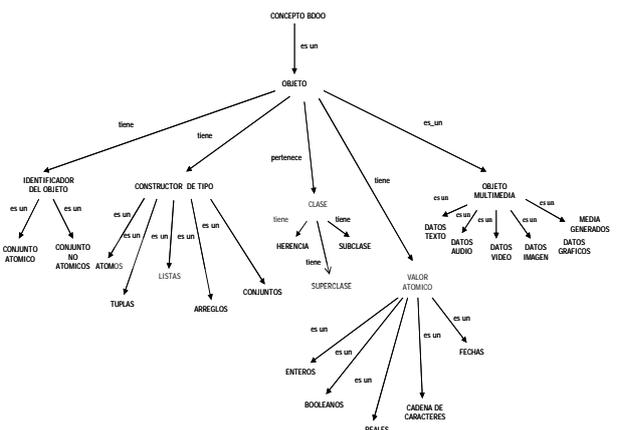


Fig. 3. Taxonomía de conceptos para bases de datos orientados a objeto

Dado que las bases de datos multimedia están conformadas por Objetos, a continuación se muestra la ontología de conceptos para las bases de datos orientadas a objetos.

A continuación se listan los atributos que poseen los conceptos de base de datos orientados a objeto vinculados al objeto multimedia.

OBJETOMM (Id_Objeto, Tipo, Nombre_Objeto, Dimension_Ventana, Duracion_Presentacion).
 DATOS_TEXTO (Titulo, Autor, Afiliaciones_del_Autor, Resumen, Secciones, Subsecciones, Idioma)
 DATOS_AUDIO (Escala_de_Tiempo, Tipo_de_Audio, Calidad).
 DATOS_IMÁGEN (Calidad, Tipo_de_Imagen=Color, BlancoyNegro, Formato).
 DATOS_GRÁFICOS (Tipo_de_Gráfico, Nombre_Programa, Aplicación).
 DATOS_VIDEO (Tipo_de_Estándar, Tamaño_Pixel, Frame, Calidad_de_Digitalización, esquema_de_Compresión)
 DATOS_GENERADOS (Tipo_Representacion, Formato):
 son los datos generados por el usuario a través de diferentes aplicaciones: por ejemplo: power point con gráficos y video).

Relaciones: pertenece los axiomas de los conceptos para las bases de datos orientadas a objeto se muestran en la tabla 3.

Tabla 2. Axiomas de los conceptos de bases de datos multimedia

Sentencia	LPO
Un concepto de base de datos multimedia tiene metadato para texto, metadato para imagen, metadato para audio, o metadato para video	$\forall x \text{ ConceptoBDMultimedia}(x) \Rightarrow \text{tiene}(x, \text{MetadatoTexto}) \vee \text{tiene}(x, \text{MetadatoImagen}) \vee \text{tiene}(x, \text{MetadatoAudio}) \vee \text{tiene}(x, \text{MetadatoVideo})$
Un concepto de base de datos multimedia es un objeto multimedia	$\forall x \text{ ConceptoBDMultimedia}(x) \Rightarrow \text{esUn}(x, \text{ObjetoMM})$
Un metadato para texto tiene descriptores de documento, histórico del documento, Localización del documento y representación de datos texto	$\forall x \text{ MetadatoTexto}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{DescriptorDocumento}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{HistoricoDocumento}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{LocalizacionDocumento}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{Representación_Datos_Texto})$
Un metadato para imagen puede ser una imagen satelital, imagen de Diseño arquitectónico, o una imagen facial	$\forall x \text{ MetadatoImagen}(x) \Rightarrow \text{Es_un}(x, \text{ImagenSatelital}) \wedge \text{Es_Un}(x, \text{ImagenDeDiseñoArquitectonico}) \vee \text{Es_un}(x, \text{ImagenFacial})$
Un metadato para video tiene contenido de video, herramientas de soporte al usuario y herramientas de soporte de aplicación	$\forall x \text{ MetadatoVideo}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{Contenido_de_Video}) \vee \text{Tiene}(x, \text{Herramientas_Sop_Usurio}) \vee \text{Tiene}(x, \text{Herramientas_Sop_Aplicacion})$
Un metadato para audio tiene audio reconocimiento del habla, Identificación del significado e identificación del hablante	$\forall x \text{ MetadatoAudio}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{Reconocimiento_del_Habla}) \vee \text{Tiene}(x, \text{Identificacion_del_Significado}) \vee \text{Tiene}(x, \text{Identificacion_del_Habla})$

Tabla 3. Axiomas que conforman los conceptos para las bases de datos orientadas a objeto

Sentencia	LPO
Un concepto de base de datos orientada a objetos es un objeto	$\forall x \text{ ConceptoBDOO}(x) \Rightarrow \text{EsUn}(x, \text{Objeto})$
Un objeto tiene identificador de objeto, constructor de tipo, y valor atómico	$\forall x \text{ Objeto}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{IdentificadorObjeto}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{ConstructordeTipo}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{Valor_atómico})$
Un objeto pertenece a una clase	$\forall x \text{ Objeto}(x) \Rightarrow \text{Pertenece_a}(x, \text{Clase})$
Una clase tiene herencia, superclases y subclases	$\forall x \text{ Clase}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{Herencia}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{Subclases}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{Superclases})$
Un identificador de objeto puede ser un conjunto atómico o un conjunto no atómico	$\forall x \text{ IdentificadordeObjeto}(x) \Rightarrow \text{es_Un}(x, \text{ConjuntoAtómico}) \vee \text{es_Un}(x, \text{ConjuntoNoAtómico})$
Un constructor de tipo puede ser un átomo o una tupla o una lista o un arreglo o un conjunto	$\forall x \text{ ConstructordeTipo}(x) \Rightarrow \text{es_Un}(x, \text{Atomo}) \vee \text{es_Un}(x, \text{Tupla}) \vee \text{es_Un}(x, \text{Lista}) \vee \text{es_Un}(x, \text{Conjunto}) \vee \text{es_Un}(x, \text{Arreglo})$
Un valor atómico es un entero, booleano, real, cadena de caracteres, fecha	$\forall x \text{ ValorAtómico}(x) \Rightarrow \text{es_Un}(x, \text{Entero}) \vee \text{es_Un}(x, \text{Booleano}) \vee \text{es_Un}(x, \text{Real}) \vee \text{es_Un}(x, \text{Cadena}) \vee \text{es_Un}(x, \text{Fecha})$
Un objeto es un Objeto Multimedia	$\forall x \text{ Objeto}(x) \Rightarrow \text{es_Un}(x, \text{ObjetoMM})$
Un objeto multimedia es un dato texto, dato audio, dato imagen, dato gráfico, dato video o datos media generados.	$\forall x \text{ ObjetoMM}(x) \Rightarrow \text{es_Un}(\text{Dato_Texto}, x) \vee \text{es_un}(\text{Dato_Audio}, x) \vee \text{es_un}(\text{Dato_Imagen}, x) \vee \text{es_un}(\text{Dato_Grafico}, x) \vee \text{es_un}(\text{Dato_Video}, x) \vee \text{es_un}(\text{Dato_MediaGenerado}, x)$

4.2 Operaciones

En estas bases de datos, además de las operaciones propias de las bases de datos relacionales, poseen operaciones dadas por los tipos de datos que ellas manejan: video, imagen, texto y audio. Las operaciones de las bases de datos multimedia son: representación de datos, consultas y actualizaciones, búsqueda y edición, determinación de calidad de servicios procesados, y administración de seguridad/integridad. Por otro lado, los datos multimedia manejan el tiempo de la siguiente manera:

- Instantes: representan chronons simples, son utilizados para representar el instante en el que ocurre el hecho.
- Periodos temporales: representa el conjunto de instantes contenidos entre dos instantes específicos.
- Intervalos temporales: denota un tamaño de tiempo específico, sin precisar el instante de inicio y de fin. Por ejemplo, un día.
- Conjunto de instantes: es utilizado para representar un conjunto de instantes finitos, no necesariamente contiguos, que eventualmente se repiten.

- Elementos temporales: es un conjunto finito de períodos temporales no necesariamente contiguos.

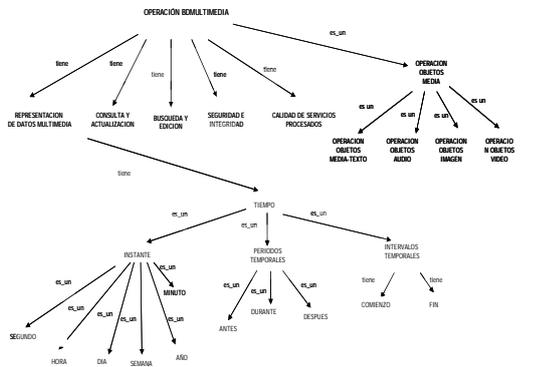


Fig. 4. Taxonomía de operaciones para bases de datos multimedia

Los Axiomas de las restricciones se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Axiomas que conforman las operaciones para bases de datos multimedia

Sentencia	LPO
Una operación de Base de Datos Multimedia es una consulta, una actualización o una búsqueda y edición.	$\forall x \text{ OperacionBDMMM}(x) \Rightarrow \text{EsUn}(x, \text{ConsultaBDMMM}) \vee \text{EsUn}(x, \text{ActualizacionBDMMM}) \vee \text{EsUn}(x, \text{BusquedaEdicion}) \vee \text{Tiene}(x, \text{Seguridad}) \vee \text{tiene}(x, \text{Integridad}) \vee \text{Tiene}(x, \text{Calidad Servicios- Procesados}) \vee \text{Es_un}(x, \text{Operación_Objetos_Media})$
Una representación de datos multimedia tiene tiempo	$\forall x \text{ RepresentacionDatosMM}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{Tiempo})$
El tiempo es un instante, un periodo temporal, o un intervalo temporal	$\forall x \text{ Tiempo}(x) \Rightarrow \text{EsUn}(x, \text{Instante}) \vee \text{EsUn}(x, \text{PeriodoTemporal}) \vee \text{EsUn}(x, \text{IntervaloTemporal})$
Un instante puede ser un segundo o un minuto o una hora o un día o una semana o un año	$\forall x \text{ Instante}(x) \Rightarrow \text{EsUn}(x, \text{Segundo}) \vee \text{EsUn}(x, \text{Minuto}) \vee \text{EsUn}(x, \text{Dia}) \vee \text{EsUn}(x, \text{Hora}) \vee \text{EsUn}(x, \text{Semana}) \vee \text{EsUn}(x, \text{Año})$
El periodo temporal es un antes, un durante y un después	$\forall x \text{ PeriodoTemporal}(x) \Rightarrow \text{EsUn}(x, \text{Antes}) \wedge \text{EsUn}(x, \text{Durante}) \wedge \text{EsUn}(x, \text{Después})$
Un intervalo temporal tiene un comienzo y tiene un fin	$\forall x \text{ IntervaloTemporal}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{Comienzo}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{Fin})$
Una Operación de Objetos media es una operación de objetos media texto, objetos media audio, objetos media video u objetos media imagen	$\forall x \text{ Operación_Objetos_media}(x) \Rightarrow \text{es_un}(\text{ObjetoMedia_Texto}, x) \vee \text{es_un}(\text{ObjetoMedia_Audio}, x) \vee \text{es_un}(\text{ObjetoMedia_Video}, x) \vee \text{es_un}(\text{ObjetoMedia_Imagen})$

A continuación se presentan los atributos para las operaciones de las bases de datos multimedia:

OPERACIÓN_OBJETOSMEDIA(Iniciar_Presentación, Parar_Presentación).

OPERACIÓN_OBJETOSMEDIA_TEXTO (Presentar_Texto).

OPERACIÓN_OBJETOSMEDIA_AUDIO (Presentar_Audio).

OPERACIÓN_OBJETOSMEDIA_IMAGEN (Presentar_Imagen).

OPERACIÓN_OBJETOSMEDIA_VIDEO (Presentar_Video).

Los objetos multimedia poseen, además, las operaciones propias de un objeto (ver Fig..5).

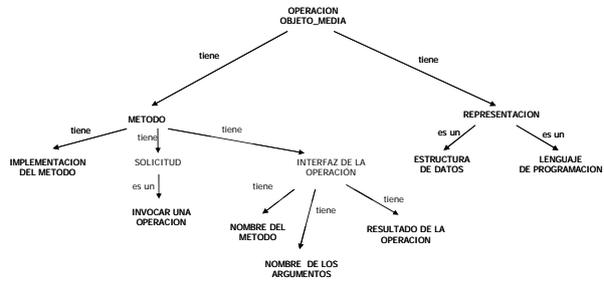


Fig. 5. Taxonomía de las operaciones para base de datos orientadas a objeto

Los axiomas de las operaciones para Bases de Datos Orientadas a Objeto se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Axiomas para las operaciones de bases de datos orientadas a objetos

Sentencia	LPO
Una operación de bases de datos orientadas tiene métodos y tiene representación	$\forall x \text{ OperacionBDOO}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{Metodos}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{Representación})$
Un método tiene implementación, tiene solicitudes y tiene interfaz de la operación	$\forall x \text{ Metodo}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{Implementacion}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{Solicitud}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{InterfazdeOperacion})$
Una solicitud es una invocación de una operación	$\forall x \text{ Solicitud}(x) \Rightarrow \text{es_un}(x, \text{InvocaciónOperación})$
Una interfaz de operación tiene nombre del método, tiene nombre de los argumentos y tiene resultados de la operación	$\forall x \text{ InterfazdeOperación}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{NombredeMétodo}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{NombredeArgumento}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{ResultadosdeOperacion})$
Una representación es una estructura de datos dependientes de un lenguaje de programación	$\forall x \text{ Representación}(x) \Rightarrow \text{Es_un}(x, \text{EstructuraDatos}) \wedge \text{es_un}(x, \text{Lenguaje de Programacion})$

4.3 Restricciones

Las restricciones vienen dadas por las restricciones de integridad de las bases de datos orientadas a objeto, así como de la ocurrencia de eventos en un intervalo de tiempo específico, esto significa que se debe tomar en cuenta la sincronización. Para ello es fundamental considerar el momento en que los datos son presentados.

- Tiempo válido: es el tiempo en el que sucedió un determinado evento (o el intervalo durante el que persistió determinado estado). El tiempo válido de una proposición p es el conjunto de tiempos en los que se cree que p es verdadera.

- **Tiempo de transacción:** es conjunto de tiempos en los que p estuvo almacenada en la base de datos como verdadera. En la presentación de datos debe tenerse en cuenta la ubicación del objeto multimedia en la pantalla por lo que se debe verificar que se encuentre dentro de las coordenadas especificadas y el punto de referencia.

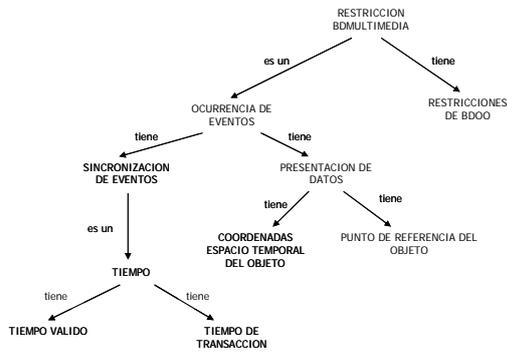


Fig. 6. Esquema ontológico de restricciones para bases de datos multimedia

Los Axiomas de las operaciones se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Axiomas que conforman las restricciones de bases de datos multimedia

Sentencia	LPO
Una restricción de bases de datos multimedia es una ocurrencia de eventos	$\forall x \text{ RestriccionBDMultimedia}(x) \Rightarrow \text{EsUna}(x, \text{OcurrenciaEventos}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{RestriccionBDOO})$
Una ocurrencia de eventos tiene sincronización de eventos	$\forall x \text{ OcurrenciaEventos}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{SincronizacionDeEventos}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{PresentacionDatos})$
La sincronización de eventos tiene tiempo válido y tiempo de transacción	$\forall x \text{ SincronizacionEventos}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{TiempoValido}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{TiempoDeTransaccion})$
La presentación de datos tiene coordenadas espacio-temporal del objeto y tiene punto de referencia del objeto	$\forall x \text{ PresentacionDatos}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{CoordenadasEspacioTemporal}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{PuntodeReferencia})$

Los objetos multimedia poseen, además, las restricciones propias de un objeto. A continuación se muestra la ontología para estas restricciones.

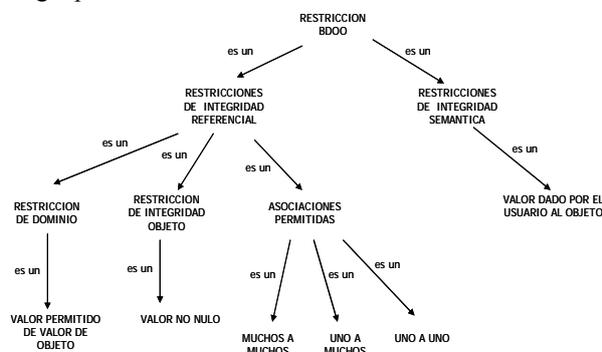


Fig. 7. Esquema ontológico de restricciones para bases de datos orientadas a objeto

Los axiomas de las restricciones para bases de datos orientadas a objeto se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Axiomas que conforman las restricciones para bases de datos orientadas a objetos.

Sentencia	LPO
Una restricción de BDOO puede ser una restricción de integridad semántica o una restricción de integridad referencial	$\forall x \text{ RestriccionBDOO}(x) \Rightarrow \text{es_un}(x, \text{RestriccionIntegridadSemantica}) \vee \text{es_un}(x, \text{RestriccionIntegridadReferencial})$
Una restricción de integridad semántica es un valor de objeto dado por el usuario	$\forall x \text{ RestriccionIntegridadSemantica}(x) \Rightarrow \text{EsUn}(x, \text{ValordefinidodeObjeto})$
Una restricción de integridad referencial puede ser una restricción de dominio, o una restricción de integridad de objeto, o el tipo de asociación permitida	$\forall x \text{ RestriccionIntegridadReferencial}(x) \Rightarrow \text{es_un}(x, \text{RestricciondeDominio}) \vee \text{es_un}(x, \text{RestriccionIntegridadObjeto}) \vee \text{es_un}(x, \text{AsociaciónPermitida})$
Una restricción de dominio es un valor permitido de objeto	$\forall x \text{ RestricciondeDominio}(x) \Rightarrow \text{es_un}(x, \text{ValorPermitido})$
Una restricción de integridad de objeto es un valor no nulo	$\forall x \text{ RestriccionIntegridadObjeto}(x) \Rightarrow \text{es_un}(x, \text{ValornoNulo})$
Una asociación permitida puede ser del tipo: uno-a-uno o uno-a-muchos o muchos-a-muchos	$\forall x \text{ AsociaciónPermitida}(x) \Rightarrow \text{es_un}(x, \text{UnoAUno}) \vee \text{es_un}(x, \text{UnoAMuchos}) \vee \text{es_un}(x, \text{MuchosAMuchos})$

5 Caso de estudio

A continuación mostraremos un ejemplo de uso de nuestro modelo ontológico, en un repositorio de objetos de Aprendizaje de la Universidad de Calgary, en Canadá, llamado CAREO (careo.ucalgary.ca) (Campus Alberta Repository Objects), que maneja una base de datos multimedia.

5.1 Generalidades sobre los objetos de aprendizaje

Un objeto de aprendizaje es un elemento con contenido educacional, para desarrollar cursos en línea. Puede ser un texto, un gráfico, una animación, un audio clip, un video, un quiz, etc. Una colección de objetos de aprendizaje conforman un módulo, y una colección de módulos conforman un curso.

Los objetos de aprendizaje están conformados en dos partes: 1) la parte que se ve o se oye, que puede ser un texto, un gráfico, una animación, un audioclip, etc., 2) los metadatos, que son los descriptores utilizados para indexar objetos; por ejemplo: tipo de archivo, copyright, etc. Estos son etiquetas que permiten buscar, recuperar y reutilizar los objetos.

Los metadatos para los objetos de aprendizaje están basados en estándares como: IEEE LOM (Learning Object Metadata); IMS Learning Resource Meta-Data Information Model; SCORM (Shareable Courseware Object Referente Model); Dublin Core Metadata Initiative, etc.

Una vez que los objetos se han creado y etiquetado, se

almacenan en repositorios de objetos de aprendizaje que se encuentran en bases de datos multimedia. Este sistema posee categorías y usuarios de objetos de aprendizaje, que son manejados por el administrador de la base de datos.

5.2 Descripción de las características generales de los objetos de aprendizaje

Comencemos por definir los conceptos de los metadatos de los objetos de aprendizaje, junto con sus atributos.

- Resumen: es un metadato Texto que contiene los siguientes atributos:
- General: información general que describe el objeto de aprendizaje como un todo (Título, Descripción, Idioma, Alcance, Palabras Clave).
- Educacional: condiciones de uso educativo del recurso (Idioma, Tipo de Recursos de Aprendizaje (Simulación, Animación, Tutorial, Practicas, Quiz/Test; Lecturas/Presentación, Referencias), Tiempo establecido de Aprendizaje, Nivel de Dificultad, Contexto, Descripción)
- Clasificación: descripción Temática del objeto en algún sistema de clasificación (Propósito, Descripción, Palabras Clave).
- Ciclo de vida: características relacionadas con la historia y el estado presente del objeto de aprendizaje, y de aquellos que han afectado a éste objeto durante su evolución (Versión, Status, Contribuyente).
- Características técnicas: agrupa los requerimientos y características técnicas del objeto de aprendizaje (Ubicación, Formato, Tamaño, Requerimientos (tipo, nombre, fuente, versión máxima, versión mínima), requerimientos de otras plataformas, detalles de instalación).
- Relación: define la relación del objeto descrito con otros objetos de aprendizaje (Recursos (Nro de Catálogo, Descripción, Identificador), Clase (Fuente, Valor))
- Derechos: condiciones de uso para la explotación del objeto (Descripción, Costo (si o no), Copyright (si o no)).
- Metadatos: agrupa información sobre los metadatos, no sobre el objeto de aprendizaje que está describiendo.
- Fuente: es un archivo con las fuentes y enlaces a sitios Web que contiene información, recursos, actividades, etc., relacionados con el objeto de aprendizaje.
- Historia: es historia y estado del objeto de aprendizaje. Contiene las versiones del objeto de aprendizaje y su estado.
- Discusión: es un WEBLOG para escribir allí sobre el tema que trata el objeto de aprendizaje.

5.3 Descripción del caso de uso según nuestro modelo ontológico

El ejemplo que vamos a considerar se trata del ingreso y consulta de un CURSO, llamado “**Gestión de Conocimiento**”, en la Base de Datos Multimedia. La MATERIA contiene, a su vez, varios objetos de aprendizaje: OBJETIVOS DEL CURSO, este objeto está elaborado en XML y

tiene también varios objetos de aprendizaje, por ejemplo las actividades a realizar en cada uno de los objetivos; luego está CLASES, que contiene los objetivos del curso desarrollados utilizando varios tipos de datos multimedia (Video, Texto, Audio y Presentaciones); y finalmente, el objeto de aprendizaje llamado EXAMEN, en el que se tienen varios tipos de archivos (presentaciones y texto).

Una de las operaciones para el objeto de aprendizaje MATERIA es una consulta, donde se puede mostrar un elemento de CLASES (que como se dijo antes, contiene el desarrollo de cada objetivo, por lo que se debe especificar que objetivo se quiere consultar. En nuestro caso consultaremos la clase1), un examen, o el listado de los objetivos de la materia. Otra posible operación es una actualización de la materia, por ejemplo cuando se quiere agregar un video (Video01) al objeto de aprendizaje CLASES.

5.4 Caracterización de los conceptos del caso de estudio en el modelo ontológico

En el caso particular del ejemplo: CURSO de “Gestión del Conocimiento”, los atributos de RESUMEN son los siguientes:

GENERAL:

- Título: gestión de conocimiento
- Descripción: permite al alumno adquirir los conocimientos sobre técnicas y herramientas para implementar Sistemas Basados en conocimiento.
- Idioma: español.
- Alcance: este curso está dirigido a estudiantes del 7mo semestre que hayan cursado Inteligencia Artificial y Sistemas de Información.
- Palabras Clave: sistemas Basados en Conocimiento, Gestión de Conocimientos, Ontologías, Web Semántica.

EDUCACIONAL:

- Idioma: español
- Tipo: tutorial
- Tiempo establecido de Aprendizaje: 1 Semestre (16 semanas).
- Nivel de dificultad: media
- Tipo de recursos de aprendizaje: simulación, Animación, Tutorial, Practicas, Quiz/Test; Lecturas/Presentación, Referencias.
- Contexto: se ubica en el pensum como electiva a partir del 7mo semestre de Ingeniería de Sistemas.
- Descripción: recurso que contiene actividades, herramientas, etc., relacionados con sistemas basados en conocimientos.

CLASIFICACION:

- Propósito: estos objetos se utilizan como herramienta de soporte para la materia gestión de conocimiento que se imparte en CEMISID.
- Descripción: permite al alumno adquirir los conocimientos sobre técnicas y herramientas para implementar Sistemas Basados en Conocimiento.
- Palabras Clave: IMS

CICLO DE VIDA:

- Versión: 1.0.
- Status:
- Contribuyente: Profesor
- Fecha: 21 de Abril 2007
- Carlos García
- Contribuyente: Profesor
- Fecha: 21 de Abril 2007
- Alba Rojas

CARACTERÍSTICAS TECNICAS:

- Ubicación: <http://www.cemid.ula.ve/GC.htm>
- Formato: XML, HTML
- Tamaño: bytes
- Requerimientos: XML, GC.htm (tiene un enlace para cargar el archivo en la base de datos.
- Otros requerimientos

- Detalles de instalación

RELACION:

- Descripción: video que muestra procesos en una organización.
- Recursos: GC01, Video, VGC01.
- Clase:<http://www.cemid.ula.ve/VGC01.jpg>; VGC01.jpg.

DERECHOS:

- Costo: no
- Copyright: si
- Descripción: este video requiere establecer los derechos para visualizarlo.

FUENTE: <http://www.cemid.ula.ve>.

Ahora si pasamos a describir con nuestro marco ontológico la base de datos multimedia bajo estudio.

Tabla 8. Ejemplo de los axiomas para los componentes conceptuales de la BDMM bajo estudio usando nuestro esquema ontológico de conceptos.

Operaciones	LPO	Evento	Condición	Acción
Consultar la BDMM CURSO	\forall OperacionBDMM(CURSO) => es_un (x ConsultaBDMM) \vee es_un (x,Operación_Objetos_Media)	Consultar CLASE1 del CURSO Gestión de Conocimiento	Que exista CURSO	Buscar el objeto media Clase1 del curso Gestión de Conocimiento
Realizar una Consulta a la CLASE1 del CURSO Gestión de Conocimientos	\forall x Operación_Objeto_Media => es_un (x, ConsultarCLASE1GC)	Solicitud de ver la CLASE1 del CURSO Gestión de Conocimientos	Existe Curso y existe Clase1	Consultar en BDMulti-media la Clase1 de la materia Gestión de conocimiento
La clase tiene una presentación y un video	\forall x ConsultarCLASE1GC(x) => es_un(ObjetoMedia_Texto, x) \vee es_un(ObjetoMedia_Audio, x) \vee es_un(ObjetoMedia_Video, x) \vee es_un (ObjetoMedia_Imagen)			Muestra el video que contiene video y audio; y la presentación que contiene texto e imágenes

Las restricciones de integridad referencial de los objetos se realizan a través del sistema manejador de la base de datos multimedia.

Las restricciones planteadas en nuestro modelo ontológico para la operación consultar la clase 1, se muestran a continuación.

Tabla 9. Ejemplo de axiomas para restricciones del ejemplo

Restricciones	LPO	Evento	Condición	Acción
Consultar la materia Gestión de Conocimientos es una ocurrencia de eventos	\forall x RestriccionBDMultimedia(x) => Es_un (x,ConsultarCursoGC) \wedge Tiene (x,RestriccionBDOO)	Consultar	Que exista el objeto de aprendizaje	Buscar en la BDMM el objeto de aprendizaje Gestión de Conocimientos
La consulta del Objeto de Aprendizaje Gestión de Conocimientos tiene Sincronización del evento consulta y presentación del objeto. Presentación del índice de la materia GC	\forall x OcurrenciadeEventos(x) => Tiene(x,SincronizaciondeConsultaGC) \wedge Tiene(INDICE,PresentacionDatos)	x = INDICE		Mostrar el INDICE de la materia Gestión de Conocimiento
Para el evento Consulta de Gestión de Conocimientos el máximo tiempo de espera para mostrarlo es de 1 minuto y el tiempo de visualización de toda la clase es de 60 minutos	\forall x SincronizaciondeConsultaGC(x) => Tiene(1,TiempoValido) \wedge Tiene(30,TiempoDeTransaccion)	Tiempo válido=1minuto Tiempo de Transacción = 30 minutos		Mostrar Clase1

Operación de actualización del sistema con el Video01. ocurrir cuando se inserta el Video01 en una clase de la materia Gestión de Conocimiento.
 A continuación se muestran los axiomas que van a

Tabla 10. Ejemplo de las operaciones y restricciones de la BDMM bajo estudio usando nuestro esquema ontológico de operaciones.

Operaciones	LPO	Evento	Condición	Acción
Actualizar la Clase1 con el Video01.jpg	$\forall x \text{ OperacionBDMM}(x) \Rightarrow \text{es_un}(x, \text{ActualizacionBDMM}) \vee \text{es_un}(x, \text{Operación_Objetos_Media})$	Insertar Video01.jpg	Exista Clase1	Insertar Video
La operación objetos media es una operación de objetos de video	$\forall x \text{ Operación_Objetos_Media}(x) \Rightarrow \text{Es_un}(x, \text{ObjetoMedia_Video})$		Ingreso de objetos media Video01	Verificar en la base de datos multimedia su representación, y seguridad
Ejecutar método Ingresar Video01	$\forall x \text{ OperacionBDOO}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{Metodos}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{Representación})$	Metodo=IngresarVideo01 Representación= RepresentacióndeVideo		
Para insertar el Video01.jpg se debe verificar la representación de los datos del video	$\forall x \text{ Representación}(x) \Rightarrow \text{Es_un}(x, \text{EstructuraDatos}) \wedge \text{es_un}(x, \text{Lenguaje de Programacion})$			
El método InsertarVideo tiene implementación, solicitudes y tiene interfaz de la operación	$\forall x \text{ InsertarVideo}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{ActualizarBD}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{SolicitudActualizacion}) \wedge \text{Tiene}(x, \text{InterfazdeOperacion})$	Llamada al método Insertar video	Que no exista el Video01.jpg y que esté el objeto Clase1	
Llamada a la Operación Actualización	$\forall x \text{ Solicitud}(x) \Rightarrow \text{es_un}(x, \text{LlamarOperacionActualizar})$	Llamada a la operación actualizar		Insertar Video en la Base de datos multimedia
Actualizar Video en el Objeto de Aprendizaje Clase1 de la materia Gestión de conocimientos	$\forall x \text{ InterfazdeOperación}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(\text{InsertarVideo}, \text{NombreMétodo}) \wedge \text{Tiene}(\text{"Video01"}, \text{NombreArgumento}) \wedge \text{Tiene}(\text{"CargadoVideo01.jpg"}, \text{ResultadosdeOperacion})$	Nombre Método = Insertar Video		Enviar mensaje de "Video01.jpg" cargado en Clase1 de Gestión de Conocimiento

A continuación se muestran los axiomas para las restricciones de la operación insertar el Video01.jpg en la Clase1 de la materia gestión de conocimientos.

Tabla 11. Axiomas para las restricciones de la operación actualizar video 01.jpg

Sentencia	LPO
Establecer el tiempo de duración del Video	$\forall x \text{ RestriccionBDMultimedia}(x) \Rightarrow \text{es_un}(x, \text{OcurrenciaEventos})$
El Video01.jpg tiene una duración establecida	$\forall x \text{ OcurrenciadeEventos}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(x, \text{SincronizacionDeEventos})$
El tiempo Válido del Video01.jpg = 10 minutos	$\forall x \text{ SincronizaciondeEventos}(x) \Rightarrow \text{Tiene}(10, \text{TiempoValido})$
Al ingresar Video01 se debe verificar que sea un archivo del tipo jpg	$\forall x \text{ RestriccionIntegridadReferencial}(x) \Rightarrow \text{Es_un}(x, \text{RestricciondeDominio})$
EL archivo es Video01.jpg	$\forall x \text{ RestricciondeDominio}(\text{Video01.jpg}) \Rightarrow \text{es_un}(\text{Video01.jpg}, \text{ValorPermitido})$

6 Conclusiones

En este trabajo se presenta un modelo ontológico para las bases de datos multimedia. La ontología permite describir el comportamiento semántico de las bases de datos multimedia a través de sus conceptos, operaciones y restricciones. Es una ontología de dominio pues proporciona el significado de los conceptos y sus relaciones dentro del dominio de las bases de datos multimedia, y describe las actividades que ocurren en ese dominio, así como las teorías y principios elementales que dirigen las bases de datos multimedia.

Este modelo ontológico puede ser la base de un sistema Web Semántico que permita la caracterización y facilita la búsqueda semántica en el área de bases de datos multimedia. También sirve como herramienta de adquisición de conocimientos, como base para el diseño de repositorios de conocimientos, y como soporte para el desarrollo de modelos de integración para bases de datos federadas.

Al describir el modelo a través de axiomas en lógica de predicado de primer orden, se pueden diseñar mecanismos de manipulación, de razonamiento, y de aprendizaje.

Finalmente se presenta una instanciación del modelo ontológico a través de un ejemplo de objetos de aprendizaje. En el ejemplo se puede observar como se instancian los axiomas generales para los conceptos, operaciones y restricciones de las bases de datos multimedia. También se describen las propiedades o atributos de los conceptos ontológicos, lo que permitirá implementar la ontología en un lenguaje ontológico como OWL. Basado en este ejemplo, se puede desarrollar un sistema de soporte en el área de entornos virtuales de aprendizaje. Como trabajos futuros, vamos a incorporar esta ontología con la ontología para el proceso de integración de bases de datos (Muñoz et al, 2006).

Referencias

- Argen P, de Vries, Mark GLM, Van Doorn, Henk M, Blanken, Peter MG, Apers (1999), "The MIRROR MMDBMS Architecture", Proceedings of the 25th VLDB Conference Edinburg, Scotland.
- Becarević D y Roantree M, (2004), "A Metadata Approach to Multimedia Database federations", Interoperable Systems Group, Dublin City University, Dublin 9, Ireland.
- Cattell R, Barry D, (2000), "The Object Data Standard: ODMG 3.0"; Morgan Kaufmann Publishers, 2000.
- Chrisa Tsinaraki, Panagiotis Polydoros, Stavros Christodoulakis (2004), "Interoperability support for Ontology-based Video Retrieval Applications; In the Proceedings of CIVR 2004, Dublin/Ireland.
- Corcho O, (2005), "A Layered Declarative Approach to Ontology Translation with Knowledge Preservation", IOS Press.
- Corcho O, Fernandez LM y Gomez PA, (2003), "Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? Data & Knowledge Engineering Vol. 46, pp. 41-64. Elsevier.
- Fernandez-Lopez, et al. (1997), "Methontology: from ontological art towards ontological engineering". Proc. Symposium on Ontological Engineering of AAAI".1997.
- Gómez PA, Fernández LM y Corcho O, (2004) "Ontological Engineering", Springer-Verlag.
- Kosh H y Döller M, (2005), "Multimedia Database System: Where are we now? <http://www.itec.uni-klu.ac.at/~harald/MMDBoverview.pdf>.
- Kosh H, (2004), "Distributed Multimedia DB Technologies Supported by MPEG-7 and MPEG-21"; CRC Press.
- Lew M, Sebe N, Djeraba Ch y Jain R, (2006), "Content-Based Multimedia Information Retrieval: State of the Art and Challenges"; ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications, Vol. 2 No. 1, pp. 1-19.
- Muñoz A, Aguilar J y Martínez R, (2006) "Integration Ontology for Distributed Database", Advanced Software Engineering: Expanding the Frontiers of Software Technology (Ed S.Ochoa, G. Roman), IFIP, Springer, pp. 85-93.
- Muñoz A, Aguilar J y Martínez R. (2005), "Modelo Inteligente para Bases de Datos Distribuidas", Gerencia Tecnológica Informática (electronic journal: www.cidlisuis.org/aedo), Instituto Tecnológico Iberoamericano de Colombia, Vol. 4. No. 10, pp. 91-116.
- Muñoz A y Aguilar J, (2005), "Architecture for Distributed Intelligent Databases". IEEE, 13th Euromicro Conference on Parallel, Distributed and Network-based Processing, Euromicro-PDP pp. 322-328.
- Prabhakaran B, (1997), "Multimedia Database Management Systems" Kluwer Academic Publisher Boston/London/Dordrecht.
- Roantree M, (2002), "Metadata Management in Federated Multimedia Systems"; Australian Computer Society, Thirteenth Australasian Database Conference in Research and Practice Information Technology Vol. 5, pp. 147-155.
- Rowe L y Jain R, (2005), "ACM SIGMM Retreat Report on Future Directions in Multimedia research"; ACM Transactions on Multimedia computing Communications and Applications Vol. 1 No. 1, pp. 3-13.
- Oria V, MT Özsü, P, Iglinski S, Lin and Yao B, (2000), "DISIMA: A Distributed and Interoperable Image Database System," In Proc. ACM SIGMOD Int. Conf. on Management of Data (SIGMOD 2000), Dallas, Texas, May in press.(Demo description).
- Van Heijst et al; (1996), "Using Explicit Ontologies in KBS Development" International Journal of Human and Computer Studies. Information & Computers Science Database Research Group University of California and Irvine. <http://www-mars.ics.uci.edu/>.
- Learning Commons Communities of Inquiry Universities of Calgary. <http://careo.ucalgary.ca/>.

