

SQLfi y sus Aplicaciones

SQLfi and its Applications

Marlene Goncalves MSc, Leonid Tineo PhD
Universidad Simón Bolívar, Venezuela
mgoncalves@usb.ve; leonid@usb.ve

Recibido para revisión 15 de Abril de 2008, Aceptado 19 de Mayo de 2008, Versión final 26 de Mayo de 2008

Resumen—En el mundo real existe una variedad de aplicaciones cuya naturaleza no permite que sean desarrolladas en sistemas tradicionales de consultas a bases de datos, pues requieren un tratamiento flexible de las consultas. En este trabajo presentamos algunas de esas aplicaciones, las cuales hemos desarrollado sobre SQLfi: un sistema de interrogación a bases de datos que tiene todas las características de consultas basadas en lógica difusa con el soporte requerido para el desarrollo de aplicaciones Web.

Palabras Clave—Lógica Difusa, Consultas Difusas, SQLf , Aplicaciones Web.

Abstract— There is a variety of real world applications whose nature does not allow them be developed on traditional databases querying systems, since they require flexible querying capability. In this work, we presented some of these applications, which we have developed on SQLfi: a databases querying system that have all the characteristics of fuzzy logic-based queries with support for Web applications development.

Keywords—Fuzzy Logic, Fuzzy Queries, SQLf , Web Applications.

I. INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de interrogaciones a bases de datos, necesariamente se tiene que mencionar a SQL (Structured Query Language) (Ullman y Widom, 1997) como el lenguaje estándar implementado por la mayoría de los Sistemas Manejadores de Bases de Datos Relacionales (RDBMS). Este lenguaje de consulta de bases de datos tiene la limitación de expresividad y rigidez por estar basado en la lógica clásica. Por ende, surge la necesidad de contar con Sistemas de Consultas Difusas a Bases de Datos.

La creación de Sistemas de Consultas Difusas a Bases de Datos es un área abierta de investigación. Sin embargo, al igual que otros tópicos en el pasado, hay cierta resistencia hacia este

tema. Una de las razones de ello es que se presupone que es muy alto el volumen de cómputo asociado al cálculo de grado de satisfacción de condiciones en Lógica Difusa. Por otro lado, como las aplicaciones clásicas que usan bases de datos y se requieren en cualquier corporación son resueltas con los sistemas de consulta basados en la Lógica Booleana, se piensa que un Sistema de Consultas Difusas tendría el riesgo de quedarse simplemente como un instrumento interesante de laboratorio pero sin utilidad práctica. La realidad actual es otra: con la expansión de los grandes sistemas masivos de información y comercio electrónico a través de la red global de informática a lo ancho del mundo (WWW), se hace de gran utilidad la disponibilidad de Sistemas de Consultas Difusas a Bases de Datos. A manera de ejemplo de la utilidad de estos sistemas y para mostrar de forma práctica que los costos de cómputo no son intolerables, se han desarrollado tres aplicaciones concebidas para ser usadas vía WWW sobre un Sistema de Consultas Flexibles basado en SQLf (Bosc y Pivert, 1995), una extensión con Lógica Difusa de SQL. Estas aplicaciones son: Un Sistema para la Evaluación del Desempeño Docente; Un Sistema de Promoción de Personal; Un Concesionario de Autos Virtual que permite compras ajustadas a Preferencias del Usuario. El sistema de consultas sobre el cual se han implementado estas aplicaciones tiene facilidades para WWW (Eduardo et al., 2004). Este tipo de sistema de consultas puede ser empleado en muchas aplicaciones que tengan una naturaleza imprecisa donde se requiere discriminar las respuestas en vías de apoyar el análisis de los resultados y/o toma de decisiones.

No pretendemos en este trabajo incursionar en la eficiencia de SQLf ni compararlo con ningún otro de los lenguajes de consultas difusos que han sido propuestos por otros autores, sino únicamente mostrar ejemplos de su uso en aplicaciones reales basadas en criterios del usuario.

El trabajo esta estructurado como sigue: En la sección 2 se describe el lenguaje de consulta flexible SQLf; en la sección 3 se presenta al sistema que soporta el lenguaje SQLf en un ambiente Web: SQLfi; las secciones 4, 5 y 6 muestran las aplicaciones desarrolladas que usan SQLfi: HECDOCF: Una Herramienta Web para la Evaluación de Desempeño Docente, Sistema de Promoción de Empleados y Sistema de Compra de Vehículos; la sección 7 plantea los trabajos futuros en cuanto a otras aplicaciones que están en desarrollo y finalmente la sección 9 presenta las conclusiones de este trabajo.

II. SQLF

SQLf (Bosc y Pivert, 1995) es un lenguaje estructurado de consultas difusas a bases de datos relacionales que ha surgido como una extensión del estándar SQL con el uso de lógica difusa. En el lenguaje puede usarse cualquier expresión lógica formada con términos lingüísticos definidos por el usuario y operadores de lógica difusa. Estos términos lingüísticos son interpretados mediante la aplicación de la Teoría de Conjuntos Difusos. El resultado de una consulta en SQLf es un conjunto difuso, esto es: cada tupla en el resultado tiene asociado un grado de satisfacción a la condición de selección expresada en la consulta, este grado es un número real entre 0 y 1, donde 0 se interpreta como totalmente excluido y 1 como satisfacción total.

SQLf permite al usuario filtrar los resultados de la consulta, de forma que no le sean retornados todos los elementos de la base de datos, esto se conoce como calibración. Existen dos tipos de calibración: Cuantitativa y Cualitativa. En el caso de la calibración cuantitativa se obtiene un número máximo "n" de las mejores respuestas a la consulta y en el caso de calibración cualitativa se obtiene aquellas respuestas cuyo grado de satisfacción a la consulta sea mayor o igual a un nivel mínimo de tolerancia " λ " dado.

En aras de darle mayor expresividad a las consultas de SQLf, surgen SQLf2 (Goncalves y Tineo, 2001) que incluye aspectos de Bases de Datos Activas, Bases de Datos Deductivas, Bases de Datos Orientadas a Objetos y Restricciones de Integridad, características muy importantes en el mundo de las Bases de Datos. Estos aspectos se conciben como extensiones de los nuevos estándares de SQL que son SQL2 y SQL3.

Los términos difusos usados en SQLf deben ser especificados por el usuario a través de un lenguaje de definición de términos asociado a SQLf (Tineo, 1997) y (Tineo, 1998). Este lenguaje sigue el estilo sintáctico de SQL e incorpora conceptos de conjuntos difusos y lógica difusa. Se pueden definir términos lingüísticos como: predicados, modificadores, conectores, comparadores y cuantificadores.

III. SQLfi

En la Universidad Simón Bolívar hemos estado trabajando en la creación de un Sistema de Consultas Difusas a Bases de Datos, el cual se encuentra disponible en www.bd.cesma.usb.

ve/~sqlfi. Este prototipo ha sido desarrollado como una capa lógica implementada en JAVA sobre el manejador de Bases de Datos Relacionales Oracle, proveyendo las funcionalidades del lenguaje SQLf. En este prototipo las consultas son resueltas mediante un mecanismo de evaluación basado en el Principio de la Derivación, el cual hace uso de transformaciones lógicas que permiten que el volumen de tuplas accedidas sea disminuido y que el manejador de bases de datos subyacente use sus mecanismos de acceso a datos y optimización de consultas definidos para condiciones precisas aún en la evaluación de consultas basados en condiciones difusas. Este sistema prevee su utilización en aplicaciones sobre la WWW, por lo que al prototipo se le ha dado el nombre de SQLfi, lo que quiere decir que es SQLf en la modalidad de Internet.

IV. SISTEMA DE EVALUACIÓN DOCENTE

La Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela siempre ha buscado mejorar la calidad de la enseñanza, solicitando a sus estudiantes medir el rendimiento de los cursos y los docentes al final de cada semestre por medio del llenado de una encuesta. La aplicación que proponemos busca apoyar el análisis producto de los resultados de la encuesta por medio de la discriminación de las respuestas y de la flexibilidad en el tipo de consultas que se pueden efectuar en los sistemas de consultas difusas a bases de datos.

En un sistema de análisis de resultado de las encuestas de desempeño docente, se querría satisfacer consultas del tipo: ¿Cuáles son los profesores con mejor desempeño?, ¿Cuáles preparadores son deficientes? o ¿Cuáles son los cursos que tienen más debilidades?. Este tipo de consultas está caracterizado por el uso de predicados difusos o términos graduales que no pueden ser manejados por los sistemas tradicionales de consultas a bases de datos.

La aplicación que presentamos aquí se llama HECDOCF: Herramienta de Evaluación de Cursos y DOCentes basada en consultas difusas (Goncalves y Tineo, 2002).

El tipo de interfaz de HECDOCF emplea una estructura similar en todas las páginas para facilitar la navegación por el Sitio Web y proveer maneras rápidas en la búsqueda de la información. La pantalla principal permite acceder a la aplicación a través de la entrada de un identificador de usuario (login) y una contraseña (password). Dependiendo del usuario que acceda a la aplicación se presentan diferentes funcionalidades. Para el Profesor se presentan las dos funcionalidades a las que tiene acceso: Consultas Difusas y las Operaciones Básicas. La pantalla de Operaciones Básicas permite realizar Inserciones, Modificaciones, Consultas y Eliminaciones con respecto a las tablas dentro del sistema, mientras que la pantalla de Consultas Difusas permite ejecutar consultas difusas definidas. Para el Estudiante se presenta una pantalla con las dos funcionalidades a las que tiene acceso: Llenar Encuestas y Consultar Notas. La Figura 1 muestra la pantalla de llenado de encuesta.

Figura 1: Pantalla de encuesta

Los resultados de cada una de las consultas difusas se listan en pantalla, indicando su grado de satisfacción como ayuda al usuario. Para cualquier docente, un indicador de su buen desempeño podría ser la cantidad de estudiantes con buenas notas porque mediría al docente como elemento fundamental en la comprensión del curso. En este aspecto la definición de un indicador puede variar de docente en docente, siendo una de las principales ventajas de SQLf que permite definir indicadores dependiendo del contexto y del usuario. En la Figura 2 se muestran los mejores estudiantes en base a las notas obtenidas ordenadas por el criterio de preferencia del usuario. El valor del criterio de preferencia indica el valor de satisfacción por cada tupla al resultado de la consulta difusa. Los estudiantes se listan ordenadamente por valor de satisfacción con el fin de facilitar el análisis de los resultados. En este caso, los dos primeros estudiantes listados tienen la mayor nota, ya que el valor de pertenencia es 1. Sin embargo, los estudiantes restantes siguen teniendo buenas notas, pero con un grado de satisfacción a la consulta mayor o igual a 0.8, es decir, sus notas están dentro del rango, pero son menores a la de los dos primeros estudiantes.

CI	Nombre	Nota	Valor de Satisfacción
15365144	Valero, Elisa	20	1
16358964	Padilla, Edgar	20	1
14357896	Mardelli, Antonio	19	0.9
13654789	Escalona, Eleana	19	0.9
14365478	Coelho, Joaquin	18	0.8
15963753	Frias, Eduardo	18	0.8

Figura 2: Resultado de una consulta difusa en HECDOCF

La principal virtud que queremos destacar es el hecho que HECDOCF permite hacer un análisis del desempeño de los estudiantes, docentes y cursos mediante consultas que involucran términos lingüísticos. Estas consultas son definidas y ejecutadas mediante el uso de un sistema de consultas difusas a bases de datos.

Una herramienta como esta podría tener una gran gama de consultas difusas. Sin embargo, nos hemos restringido

en esta aplicación a ciertas consultas que hemos definido. Se consideraron consultas representativas en cuanto a la experiencia de la encuesta de desempeño docente de la Escuela de Computación de la Universidad Central de Venezuela. Estas consultas además son representativas en cuanto a la funcionalidad que provee el sistema de consultas difusas basado en SQLf y sus nuevas versiones SQLf2 y SQLf3.

A continuación presentamos una lista con algunas de las consultas difusas que satisface HECDOCf, expresadas en lenguaje natural. Para mayor comprensión de la necesidad de uso de un lenguaje de consultas difusas, resaltaremos con subrayado los términos lingüísticos que se interpretan mediante conjuntos difusos.

- Los estudiantes se miden por calificaciones obtenidas en un curso dictado por algún profesor en un semestre dado. Así podemos obtener aquellos estudiantes que son buenos, regulares o deficientes. Tomando la escala desde 0 hasta 20 puntos, una nota es buena en la medida que se aproxima más al 20, una nota es regular en la medida que se aproxima a 16 y una nota es deficiente en la medida que se acerca a 0. Este aspecto le indica al profesor cómo fue la comprensión de la materia por parte del estudiante y le permite tomar acciones correctivas en pro de una mejor enseñanza para el semestre siguiente.

- Las mejores materias en una escuela particular son aquellas que poseen el máximo número de estudiantes aprobados con buenas calificaciones y hayan obtenido la máxima puntuación en la mayoría de las preguntas aplicadas en la encuesta. Dentro de la encuesta existe una sección donde se mide la calidad del curso.

- Las materias que poseen una práctica deficiente son aquellas donde la mayoría de los estudiantes hayan obtenido una baja calificación en la evaluación práctica. De igual forma, se puede distinguir las materias que poseen una teoría deficiente como aquella donde la mayoría de los estudiantes hayan obtenido una baja calificación en la evaluación teórica. Así tenemos, materias con prácticas deficientes, regulares o excelente, y materias con teoría deficiente, regular o excelente.

- Los mejores profesores son aquellos que poseen la mayoría de estudiantes buenos en todas las materias que dictan, poseen una gran cantidad de publicaciones recientes y obtuvieron la máxima puntuación en las preguntas de la encuesta correspondiente a la evaluación del docente. En este caso, se mide la capacidad que tiene el docente para motivar a estudiantes que no sean tan buenos y su interés en la difusión de la investigación. De igual forma, los profesores deficientes son aquellos que poseen la mayoría de estudiantes deficientes en todas las materias que dictan, poseen poca o ninguna cantidad de publicaciones recientes y obtuvieron la mínima puntuación en las preguntas de la encuesta correspondiente a la evaluación del docente.

- Los mejores preparadores son aquellos que poseen la mayoría de estudiantes buenos en todas las materias que dictan y obtuvieron la máxima puntuación en las preguntas de

la encuesta correspondiente a la evaluación del docente.

V. SISTEMA DE PROMOCIÓN DE EMPLEADOS

El tipo de interfaz emplea una estructura similar en todas las páginas para facilitar la navegación por el Sitio Web y proveer maneras rápidas en la búsqueda de la información. La pantalla principal permite acceder a la aplicación a través de la entrada de un identificador de usuario (login) y una contraseña (password). Dependiendo del usuario que acceda a la aplicación se presentan diferentes funcionalidades:

Se tiene predefinido un usuario Administrador quien es el responsable de registrar a otros usuarios del sistema. Este registro contiene los datos básicos de un empleado (Alamo et al., 2004).

Un Profesional registrado por el Administrador puede ingresar al sistema y colocar o modificar sus datos profesionales: Nivel de Estudios, Título más alto e Institución donde lo obtuvo, Profesión e Instituto donde estudió, Idiomas, datos de su Trabajo Anterior, Cursos de Capacitación realizados.

El Supervisor puede ingresar al sistema y colocar datos sobre evaluaciones de personal. Para ello selecciona de una lista de empleados subordinados en base a una lista de cargos. Una vez seleccionado el empleado se llena un registro de la evaluación. Este registro lleva calificaciones en escala del 1 al 20 referidas a los criterios de: Puntualidad, Responsabilidad, Relaciones Laborales, Productividad, Motivación, Liderazgo y Expresión.

El supervisor puede buscar empleados que califiquen para ser promovidos en el cargo de su preferencia. La interfaz gráfica permite al usuario especificar sus preferencias. El supervisor puede elegir los atributos de empleados sobre los que tiene ciertas preferencias. Para cada atributo existe una interfaz adecuada para expresar esa preferencia de usuario. Además el supervisor puede especificar también gráficamente su nivel mínimo de tolerancia (calibración cualitativa). Si lo desea, puede también seleccionar el máximo de respuestas deseadas (calibración cuantitativa). El sistema muestra al usuario los resultados de su búsqueda en orden de preferencia. El supervisor puede seleccionar empleados como sus preferidos para luego volver a visitarlos en una vista de sus candidatos preferidos.



Figura 3: Pantalla para seleccionar personal

En la Figura 3 se muestra una de las interfaces más importantes del sistema. A ésta sólo tienen acceso usuarios con categoría de supervisor. Aquí se seleccionan criterios precisos y difusos que se desean tomar en cuenta en la búsqueda. Por ejemplo el criterio de Antigüedad que se mide en años de servicio, especificarse mediante predicados difusos como Muchos o Pocos, los cuales el usuario puede definir según su preferencia al seleccionar el botón Configurar que abre la pantalla de la figura.. La calibración cuantitativa se puede especificar en esta pantalla seleccionando la opción “Traer sólo” e indicando el número de resultados deseados.

En la pantalla que se muestra en la Figura 4 el usuario podrá configurar lo que significa cada término difuso y la calibración cualitativa para los resultados. Por ejemplo, el usuario especifica para la primera barra de “Muchos años en la empresa” el valor de 8 y para la segunda el valor de 5. Con esto se indica que desde los ocho años en adelante se considera sin duda que tiene muchos años en la empresa, pero hasta los cinco no lo es. Sin embargo en el intervalo entre cinco y ocho años en la empresa, se considera que la satisfacción a este predicado es gradual y crece a la medida que se acerca a ocho. La calibración cualitativa se especifica mediante la barra “Grado de Satisfacción de la Consulta”.



Figura 4: Pantalla para definición de términos difusos en selección de personal

VI. SISTEMA DE COMPRA DE VEHÍCULOS

El tipo de interfaz emplea una estructura similar en todas las páginas para facilitar la navegación por el Sitio Web y proveer maneras rápidas en la búsqueda de la información. La pantalla principal permite acceder a la aplicación a través de la entrada de un identificador de usuario (login) y una contraseña (password). Cualquier visitante de la página puede convertirse en Usuario del sistema al completar una formulario de registro de usuario con los datos que lo identifican. Un Usuario registrado puede ingresar al sistema y colocar una nueva oferta de vehículo (Charaima et al., 2004).

Un Usuario puede buscar y seleccionar vehículos de las distintas ofertas publicadas, según una amplia gama de criterios. Hay una interfaz gráfica (ver Figura 5) que le permita especificar sus preferencias al hacer una búsqueda, eligiendo los atributos que sean de su interés para la selección. Además el usuario especifica también gráficamente su nivel mínimo de tolerancia (calibración cualitativa). Si lo desea, puede también seleccionar el máximo de respuestas deseadas (calibración cuantitativa). El sistema muestra al usuario los resultados de su búsqueda en orden de preferencia. El usuario puede seleccionar vehículos como preferidos para luego volver a visitarlos en una vista de sus vehículos preferidos.

Figura 5: Pantalla de criterios de búsqueda de vehículos

Esta interfaz que se muestra en la Figura 5 permite seleccionar vehículos en base a preferencias del usuario. Algunos de los criterios de selección se basan en predicados difusos que están predefinidos en el sistema. Por ejemplo en el campo Puestos podría especificarse el valor 5, lo cual indica que el cliente prefiere un auto de cinco puestos, esto se interpreta como que 5 tiene una entera satisfacción, y otros valores tienen una satisfacción menor mientras más se alejen del número 5. Para el caso del color se permite seleccionar tres opciones, estas tres opciones definen internamente predicados difusos centrados en los colores elegidos y donde la primera opción tiene entera satisfacción, la segunda opción tiene una satisfacción ligeramente más baja y la tercera opción tiene una satisfacción menor. Aquí

puede observarse que el usuario especifica la calibración de los resultados deseados: la cualitativa se especifica mediante la barra "Precisión de Búsqueda" y la cuantitativa en la caja de selección "Cantidad de Resultados".

Otros de los criterios se basan en predicados difusos que el usuario puede especificar mediante la interfaz que se muestra en la Figura 6. Por ejemplo, el cliente podría requerir un auto de mediano precio, para ello seleccionaría en la pantalla anterior el valor "Medio" en el combo de selección para "Precio"; este predicado se especifica por medio de la barra "Precio Medio" deslizando el selector a la posición deseada, esto define un predicado difuso centrado en el punto de selección.

Criterios a evaluar

Criterio	Valor Mínimo	Valor Actual	Valor Máximo
Auto nuevo	(1940)	1989	(2004)
Precio Alto (Bs)	3.000.000	23000000	30000000
Precio Medio	3.000.000	14000000	23000000
Precio Bajo	3.000.000	7000000	14000000
Potencia Alta (cc)	600	3100	4000
Potencia Medio	600	2600	3100
Potencia Bajo	600	900	2600

Figura 6: Interfaz para definición de términos difusos en búsqueda de vehículos

VII. TRABAJOS FUTUROS

En la actualidad se está trabajando sobre el diseño e implementación de nuevas aplicaciones de SQLfi en las áreas Industrial, Turismo y Búsqueda en Web. Con estas aplicaciones se tiene la intención de mostrar la utilidad del sistema de consultas difusas para resolver problemas reales.

En el área Industrial, estamos trabajando sobre un sistema de monitoreo y registro telemático de variables de funcionamiento en equipos dinámicos. La gran mayoría de las empresas en la industria concentran grandes esfuerzos en la optimización de los procesos de mantenimiento, acorde con los requerimientos de producción y seguridad. Es por ello que generar data real de los tiempos de funcionamiento, paradas, arranques y tiempos de ocio de los equipos, es de tanta importancia; tomando en cuenta que estos equipos funcionan por requerimiento o en forma continua sin límites establecidos de tiempo, y que además los mismos forman parte de sistemas controlados de forma automatizada, que en muchas ocasiones no llevan registros detallados de las operaciones de cada uno de los componentes del sistema. Las variables de funcionamiento de los equipos serán registradas en una base de datos sobre la cual se generará un reporte de mantenimiento, basado en parámetros de aprendizaje previamente cargados al sistema, definidos mediante lógica difusa.

En el área de Turismo, estamos trabajando en ofrecer a los

asistentes a conferencias, la selección de los mejores hoteles en base a sus criterios. Todo investigador que asiste a un congreso internacional en un país extranjero, busca el lugar adecuado para ser hospedado durante el congreso. Seguramente el investigador también estaría interesado en economizar el costo de su viaje, por lo tanto, él quiere tener información acerca de hoteles con bajo costo de alojamiento y cercanos al centro de convenciones. En este caso se emplearía a SQLfi para expresar y evaluar los criterios de preferencias de usuario.

En el área de Búsqueda en el Web, estamos trabajando en la selección de las mejores fuentes de datos que posean aquellos documentos en los cuales realmente está interesado el usuario. World Wide Web es un gran repositorio de datos que requiere lenguajes declarativos para realizar consultas sobre él. Hoy en día, no es suficiente con tener los datos almacenados en una base de datos, es de suma importancia poder descubrir información que sea de utilidad para el usuario. Al realizar cualquier consulta sobre el Web, la mayoría de las veces, los resultados obtenidos deben ser filtrados por el usuario. Nos proponemos el diseñar e implementar una nueva aplicación usando SQLfi para la selección de documentos en el Web que se encuentran en diferentes fuentes de datos descritas en un catálogo (Goncalves y Tineo, 2004).

Otras posibles aplicaciones de SQLfi que nos hemos planteado son: Un Sistema de Aplicación y Selección de

Pasantías Profesionales a Nivel Internacional; Un Sistema para la Configuración de Equipos Deportivos para Ligas Interempleados de una Corporación; Una Agencia de Viajes Virtual con Asistencia al Pasajero; Un Sistema de Menús para Restaurantes Ajustables a Gustos y Requerimientos Dietéticos de los Clientes; Un Sistema para la Ayuda en la Adopción de Mascotas según Gustos, Presupuestos y Hábitat de los Clientes; Un Sistema de Información Geográfico sobre Riesgos de Desastres y Un Asesor Virtual en la Selección de Vehículos de Diversos Fabricantes.

VIII. RECONOCIMIENTOS

Queremos agradecer a todos nuestros colaboradores en la construcción de SQLf, especialmente a los ingenieros Juan Carlos Eduardo y José Luis Ardila. Asimismo agradecemos a quienes han contribuido en el desarrollo de aplicaciones sobre SQLf, especialmente a los licenciados Ailiset Montaña, Grisbel León, Douglas Martínez y Guilleinis Hernández y a los técnicos Johan Alamo, Darry Morales, Karina Dos Santos y Joan Charaima. Finalmente agradecemos a quien nos ha dado la inspiración y dirección para este trabajo y a quien debemos todo lo que somos y lo que seremos, al único Señor de Señores: Jesucristo.

IX. CONCLUSIONES

En el mundo real existe una variedad de aplicaciones cuya naturaleza no permite que sean desarrolladas en sistemas tradicionales de consultas a bases de datos, pues requieren un tratamiento flexible de las consultas. Nosotros hemos identificado una gama de posibles aplicaciones que tienen este tipo de características. Por esta razón, hemos trabajado en la definición de un lenguaje de consultas flexibles a bases de datos cuyo fundamento es la lógica difusa y los estándares actuales de SQL.

En base a este lenguaje hemos desarrollado SQLf: un Sistema de Consultas Difusas sobre el manejador de bases de datos Oracle. Este sistema tiene todas las características de consultas basadas en lógica difusa con el soporte requerido para el desarrollo de aplicaciones con Tecnología Internet. SQLf evalúa las consultas de usuario mediante el mecanismo basado en el Principio de Derivación. Este mecanismo ha demostrado en pruebas experimentales que tiene un bajo costo de procesamiento con respecto a los otros mecanismos de evaluación que han sido propuestos para este tipo de consultas.

Entre la diversa gama de aplicaciones identificadas, en este trabajo, hemos presentado: un Sistema de Evaluación de Cursos y Docentes; un Sistema de Promoción de Personal y un Sistema de Compra y Venta de Vehículos. Todas estas aplicaciones han sido desarrolladas sobre SQLf y tienen una interfaz Web. Estamos trabajando en la implementación de: un Sistema de Control de Equipos Industriales; un Sistema de Selección de Fuentes de Datos en el Web y un Sistema de Búsqueda de Alojamiento para Conferencias.

Estamos apuntando hacia la integración de SQLf con manejadores de bases de datos a través de la definición de operadores a bajo nivel que puedan soportar las características de consultas difusas a un menor costo y además permita incluir este tipo de consultas en los mecanismos de optimización.

REFERENCIAS

- [1] Alamo J, Dos Santos A, Tineo L (2004). Sistema de Personal con Lógica Difusa. LIV Convención anual de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia, AsoVAC 2004, pág. 289.
- [2] ANSI X3. Database Language SQL, 135-1992, American National Standards Institute, New York.
- [3] Bosc P, Pivert O (1995). SQLf: A Relational Database Language for Fuzzy Querying. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol 3, pp 1-17.
- [4] Bosc, P. & Pivert, O., SQLf Query Functionality on Top of a Regular Relational Database Management System, Knowledge Management in Fuzzy Databases, Pons, O., Vila, M. and J. Kacprzyk (Eds.), Physica-Verlag, (2000), Pp. 171-190.
- [5] Charaima J, Morales D, Tineo L (2004). Sistema de Compra de Autos con Lógica Difusa. LIV Convención anual de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia, AsoVAC 2004, pág. 289.
- [6] Cox E. "Relational Database Queries using Fuzzy Logic", Artificial Intelligent Expert, pp 23-29, Jan 1995.
- [7] Goncalves M, E. J, Tineo, L. 2004. A Fuzzy Querying System based on SQLf2 and SQLf3. The XXX Latin-American Conference on Informatics, Vol 1, pp. 845-851.
- [8] Goncalves M, Tineo L 2004. Selección de Fuentes de Datos mediante SQLf. LIV Convención anual de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia, AsoVAC 2004, pág. 294.
- [9] Goncalves M, Tineo L. 2002. Aplicación de Consultas Difusas para Evaluar Desempeño Docente. LII Convención anual de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia, AsoVAC, pág. 362.
- [10] Goncalves M, Tineo L 2001. SQLf Flexible Querying Language Extension by means of the norm SQL2. The 10th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Vol 1, pp 473-476.
- [11] Goncalves M, Tineo L 2001. SQLf3: An extension of SQLf with SQL3 features. The 10th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Vol 1, pp. 477-480.
- [12] Kacprzyk J., Zadrozny S. 1995, Fuzzy Queries in Microsoft Access™ v.2, Proc. of Fuzzy IEEE'95 Workshop on Fuzzy Database Systems and Information Retrieval.
- [13] Loo G. and Lee K. 2000. An Interface to Databases for Flexible Query Answering: A Fuzzy-Set Approach. Lecture Notes in Computer Science 1873. DEXA. Londres, Reino Unido. pp 654-663.
- [14] Melton J. ISO/ANSI Working Draft: Database Language SQL (SQL3), X3H2-93-091/ISO DBL YOK-003.
- [15] Nakajima H., Sogoh T., Arao M. 1983. Fuzzy Database Language and Library-Fuzzy Extension to SQL, Proc. of Second IEEE International Conference on Fuzzy Systems.
- [16] Tineo L. 1997. Definición de datos en SQLf. XLVII Convención anual de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia, AsoVAC 97, pág. 233.
- [17] Tineo L. 1998. Interrogaciones Flexibles en Bases de Datos Relacionales. Trabajo de Ascenso presentado ante la Universidad Simón Bolívar, 115 págs.
- [18] Ullman J, Widom J. 1997. A First Course in Database Systems. Prentice Hall, pp. 243-410.