



SISTEMA EXPERTO “KALM” PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO CORRECTIVO EN LA RED TELEFÓNICA PERUANA

Autores: Jorge Zenón Leiva Povis - Juan Jesús Soria Quijaite

Resumen

En la red telefónica se tiene soporte de comunicaciones de los variados servicios para la atención de diversos clientes naturales e institucionales, con la frecuente evolución de los sistemas de mantenimiento, y la rotación de los operadores dentro del esquema de organización responsable del mantenimiento de la red, constituyendo elementos adicionales que subrayan la necesidad de aplicar técnicas tecnológicas que permitan la prevención del corte de los servicios.

Para erradicar las distorsiones y cortes de la transmisión de la información a través de los diferentes nodos que circulan la información hasta que llegue al cliente final, se ha desarrollado un sistema experto basado en reglas difusas para identificar los posibles cortes de transferencia y bits errados de información en un nodo determinado. Al identificar los errores de información, se vuelve a retransmitir la información errada logrando garantizar una calidad de información adecuada para el cliente final que lo espera cuando realiza una petición.

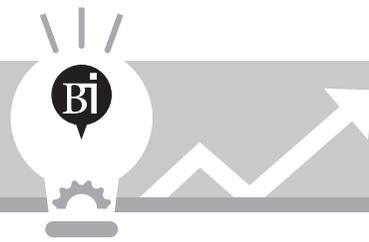
INTRODUCCIÓN

Las perturbaciones o alteraciones en una transmisión de señales analógicas o digitales es inevitable, pues existen una serie de factores que afectan a la calidad de las señales transmitidas por lo que nunca serán iguales a las señales recibidas. En la red de telefónica existen un conjunto de nodos los cuales reciben y envían información, pero debido a factores climáticos y perturbaciones la información no llega completa a su destino, motivo por el cual se tiene que volver a transmitir la información desde el último nodo que se envió. En las señales digitales esto limita la velocidad de transmisión, pues, estas perturbaciones en una línea de transmisión producen el incremento en la tasa de errores de bits. En una señal analógica esta línea de transmisión introduce variaciones de amplitud y frecuencia, lo que

degrada la calidad de la señal y, en consecuencia, la calidad de la información.

En la actualidad se cuenta con softwares que permiten registrar el historial de los bits errados en cada periodo de quince minutos así como los cortes que ocurren en este periodo, sin embargo, utilizar esta información para medir la calidad de la transferencia de la información es una interrogante de los operadores pues se cuenta con información de los errores pero está sin procesar de tal forma que se pueda obtener información para tomar decisiones de manera inmediata.

Por otra parte las aplicaciones de los sistemas expertos en diferentes áreas han resultado ser muy útiles para procesar información, logrando categorizar o discretizar dicha información



en rangos generando funciones matemáticas de membresía. A este proceso se considera fusificación de la información. Luego de fusificar la información se aplica reglas de inferencia que generan una salida del nivel de la calidad de la transmisión de información. Según el nivel de la calidad de transferencia de la información, los operadores de la red de transmisión pueden tomar decisiones más certeras.

Para calcular el nivel de la calidad de transmisión de la información se ha desarrollado un modelo de sistema experto considerando como entrada los segundos errados y los bits errados como variables principales de entrada, los cuales se consideran como variables independientes. Y como salida se ha considerado la calidad de transmisión de la información que está en función de las dos variables independientes mencionadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Inteligencia Artificial en Alcatel

Con relación a la investigación podemos observar la disponibilidad de sistemas con facilidades, muy desarrollado en su gestión, pero se proyecta hacia un sistema experto, realizando cada vez revisión de las plataformas que deberán ser gestionadas. Sus sistemas están aplicados a la toma de información del área involucrada, mostrándolos al operador en formatos definidos para la pronta recuperación de las posibles averías.

Mencionaremos la versión Alcatel 1303 Alma Expert, el cual considera una solución inteligente e integrada para administración de sistema y servicio.

Materiales

Para la operación del sistema mencionaremos algunas características de Jerarquía vertical: es decir la gestión se va agrupando en niveles de lo inferior a lo superior.

Niveles de gestión:

NML Capa de administración de red
 EML Capa de administración de elemento
 NE Elemento de red
 Software
 HP-UX y HP-OP
 ORACLE RDBMS, SQL * NET, TCP-IP
 Netscape Navigator, Netscape Server.

Métodos

Los métodos que dispone la empresa Alcatel en su gestión son: Explicativa, porque muestra al usuario la consecuencia de una falla determinada.

Confirmativa, debido a que hace participar rutinas de pruebas de verificación de fallas. De lo indicado podemos nombrar algunas tareas que el sistema desarrolla.

Configuración de administración

Mantenimiento de la información relacionado con la operación de servicios. Provee información para la secuencia de la iniciación de servicio. Configura los parámetros para el control de la rutina Asocia nombres con objetos administrados. Inicia y cierra objetos dados de baja en la gestión. Colecciona información y dispone de las condiciones normales de operación. Obtiene los cambios significativos del sistema.

Administración de fallas

Detección de fallas, aislamiento y corrección del comportamiento anormal de la red. Incluye:

- Mantenimiento y examina los registros con mensaje de errores.
- Acepta y actúa sobre la notificación en detección de errores.
- Hace seguimiento e identifica fallas.
- Lleva a secuencias de diagnóstico de pruebas.

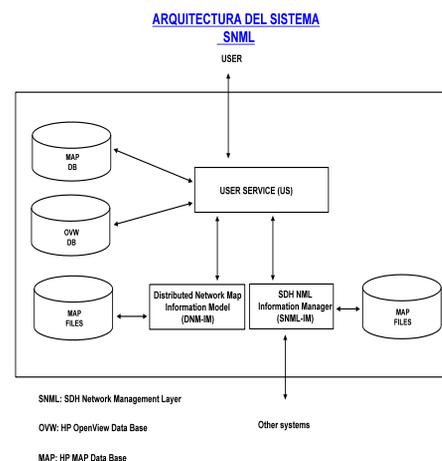
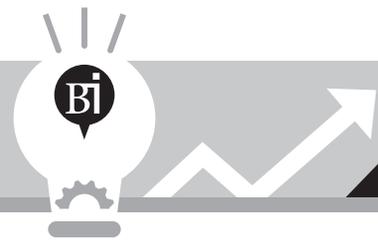


Figura 1. Arquitectura del sistema



INTELIGENCIA ARTIFICIAL

En la actualidad la Inteligencia Artificial abarca una enorme cantidad de subcampos, desde áreas de propósito general, como es el caso de la percepción y del razonamiento lógico, hasta tareas específicas, como el ajedrez, la demostración de Teoremas matemáticos, la poesía y el diagnóstico de enfermedades.



AREAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Inteligencia Artificial tiene muchas áreas de interés. El área de sistemas expertos es una aproximación muy exitosa a la solución de los problemas clásicos de Inteligencia Artificial en la programación de inteligencia. El profesor Edward Feigenbaum de la Universidad de Stanford, los ha definido como “un programa de computación inteligente que usa el conocimiento y los procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir significativa experiencia humana para su solución”.

SISTEMAS EXPERTOS

Los sistemas expertos son un área de inteligencia artificial que utiliza un conocimiento altamente especializado en la solución de problemas, como lo hace un especialista humano.

El especialista tiene conocimientos o habilidades especiales que la mayoría no conoce o de las que no se dispone, puede resolver problemas que la mayoría no podría resolver. Cuando los sistemas expertos se desarrollaron por primera vez en los 60, contenían conocimiento experto. Sin embargo, hoy en día a menudo se aplica el término

sistema experto a cualquier sistema que utiliza tecnología de sistema experto. Esta tecnología puede incluir a los lenguajes y programas especiales de sistemas expertos.

El conocimiento de los sistemas expertos puede obtenerse por experiencia o consulta de los conocimientos que suelen estar disponibles en libros, revistas y con personas capacitadas.

Los términos sistema experto, sistema basado en conocimiento, o sistema experto basado en conocimiento, se usan como sinónimos.

Al conocimiento del especialista para resolver problemas específicos se le llama dominio de conocimiento del experto.

Los problemas tienen un límite superior a los de conocimiento como se podrá apreciar en la figura 2, lo que nos manifiesta que un especialista tiene un conocimiento limitado, junto a la posibilidad de que otro especialista podría disponer del conocimiento relacionado.

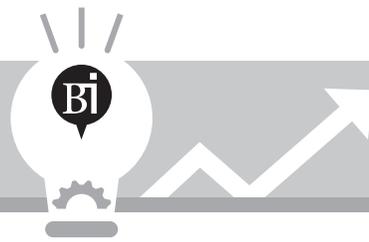


Figura 2. Relación de Dominio del problema y el Dominio del conocimiento

Características

Un sistema experto suele diseñarse para que tenga las siguientes características

- Alto desempeño. La capacidad de responder a un nivel de competencia igual o superior al de un especialista.
- Tiempo de respuesta adecuado. Debe actuar en un tiempo razonable comparable o mejor al tiempo requerido por un especialista.
- Confiabilidad. El sistema debe ser confiable y no propenso a “caídas”, o no será usado.
- Comprensible. La explicación de los pasos a



- seguir en el razonamiento, mientras se ejecuta.
- Flexibilidad. Es importante contar con un mecanismo eficiente para añadir, modificar y eliminar conocimiento.

Dependiendo del sistema, un mecanismo de explicación puede ser simple o elaborado, los más elaborados podrán hacer lo siguiente:

- Enumerar todas las razones a favor y en contra de una hipótesis en particular.
- Enumerar toda la hipótesis que puedan explicar la evidencia observada.
- Explicar todas las consecuencias de una hipótesis.
- Dar un pronóstico o predicción de lo que ocurrirá si la hipótesis es verdadera.
- Justificar las preguntas que el programa hace al usuario para obtener más información.
- Justificar el conocimiento del programa.

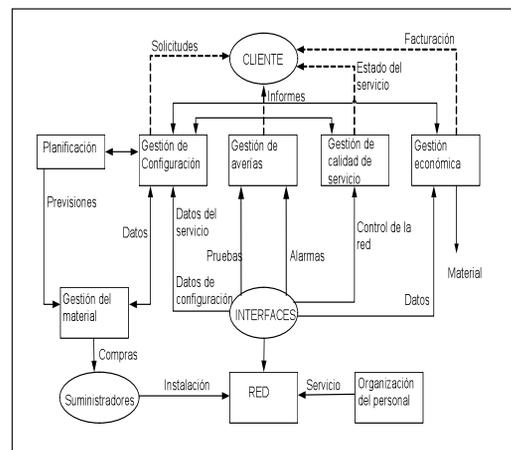
Ventajas

Las más relevantes son:

- Mayor disponibilidad. La experiencia está disponible para cualquier hardware de cómputo adecuado.
- Costo reducido. De poner la experiencia a disposición del usuario.
- Peligro reducido. Los sistemas expertos pueden usarse en ambientes que podrían ser peligrosos para un ser humano.
- Permanencia. La experiencia es permanente.
- Experiencia múltiple. El conocimiento de varios especialistas puede estar disponible para trabajar simultánea y continuamente en un problema.
- Mayor confiabilidad. A una segunda opinión los sistemas incrementan la confianza.
- Explicación. Puede explicar clara y detalladamente el razonamiento.
- Respuesta rápida. Dependiendo del software y hardware el sistema será más rápido.
- Respuesta sólida. Complejas y sin emociones en todo momento.
- Tutoría inteligente. Puede actuar de modo inteligente al pedido del estudiante.
- Base de datos inteligentes. Los sistemas expertos pueden usarse para tener acceso a una base de datos en forma inteligente.

GESTIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES

En el campo de la gestión de redes de telecomunicaciones se ha realizado un gran esfuerzo en el ámbito de la estandarización. Dentro de los estándares desarrollados cabe mencionar, en primer lugar, al ISO que contiene los conceptos y definiciones empleadas en la gestión, así como también las cinco áreas funcionales, que representan el conjunto de actividades que debe llevar a cabo cualquier sistema dedicado a dicha tarea, y que serán descritos más adelante dentro de este apartado.



EVALUACIÓN DEL SISTEMA

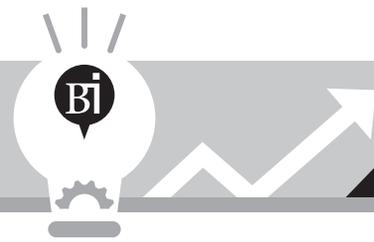
En lo siguiente: Unidad, Integración, Validación, Prueba funcional y Profundidad del razonamiento.

MODELO DEL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es tecnológico, ya que es de carácter ejecutivo para el cual se ha seguido el siguiente proceso: planificación, análisis de riesgo, ingeniería, construcción y adaptación del modelo, evaluación del cliente y comunicación al cliente respecto a la calidad del servicio.

Definición de indicadores de desempeño:

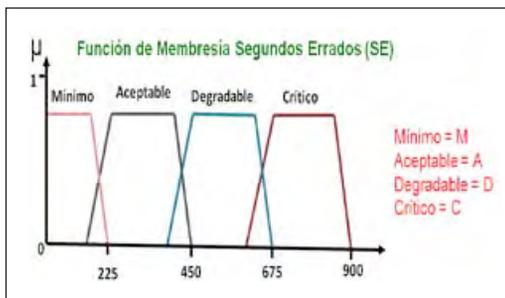
Errored Second (ES): uno de los indicadores son los segundos errados en un determinado periodo. Este indicador evalúa la calidad de transmisión de datos de la red de telefonía.



Errored Block (EB): otro de los indicadores que se utiliza para medir la calidad de la transmisión de datos son los bits errados, existiendo un bloque de transmisión de datos.

Ambos indicadores son numéricos y es necesario fusificar. Para fusificar por la naturaleza de las variables se utilizará la función trapezoidal. Se define cuatro rangos para cada variable de entrada.

Fusificación del indicador de desempeño de Segundos Errados



Es necesario tener una definición clara de cada valor fusificado del indicador de segundos errados.

Mínimo: Es la cantidad mínima de segundos en la cual no hay comunicación entre dos nodos de una red.

Aceptable: La frecuencia de segundos errados incrementa en un rango de 226 y 450, el cual de acuerdo al manual se considera aceptable.

Degradable: Se considera degradable cuando la sumatoria de segundos errados está en un periodo de 900 segundos y se encuentra en el rango de 450 a 675.

Crítico: Se considera crítico cuando la sumatoria de segundos errados en un periodo de 900 segundos se encuentra en un rango de 675 a 900.

A medida que va subiendo la sumatoria de segundos errados en periodo de evaluación de 15 minutos, la transferencia de datos se vuelve lenta, pues los paquetes que se perdieron en los canales de comunicación tienen que ser enviados nuevamente.

Fusificación de los Bits Errados

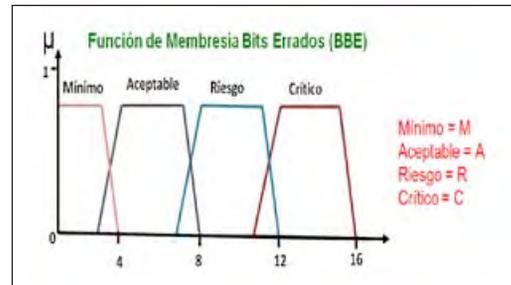


Figura 11. Fusificación del Indicador de Bits Errados (BEE)

En la figura 11 se presenta la fusificación de las variables Bits Errados y se ha definido de acuerdo a los valores que permitan tomar decisiones y son: Mínimo, Aceptable, Riesgo y Crítico. Como se puede observar, estos valores están fusificados en un rango de 0 hasta llegar a límite máximo de evaluación que es de 16 000 Bits Errados.

DEFINICIÓN DE FUNCIÓN DE IMPLICACIÓN

Para calcular el nivel de calidad del medio de transmisión e interpretar de acuerdo al grado de decisión, es necesario definir una función de implicación. Por la naturaleza de la variable se trabaja con la función triangular.

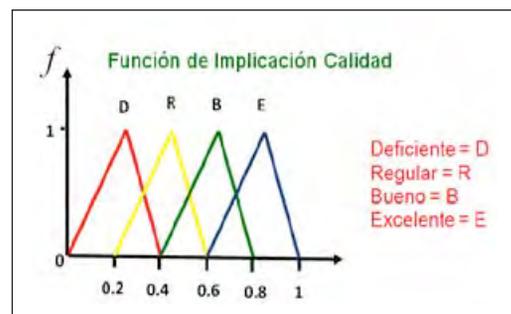
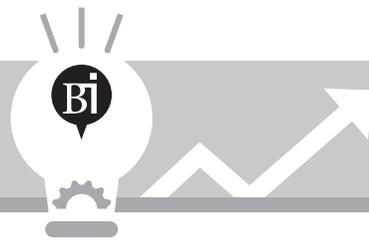


Figura 12. Función de Implicación para defusificar y medir la calidad del medio de transmisión.

La función que se utiliza para defusificar la calidad del medio de transmisión es la triangular, tal como se muestra en la figura 12. Los valores para medir la calidad de medio de transmisión son: Deficiente, Regular, Bueno y Excelente.



CONCLUSIONES RESULTADO FINAL DEL RAZONAMIENTO

Ahora procederemos a validar el resultado del razonamiento de acuerdo a los valores de entrada (bits y segundos errados) y los valores de la calidad del medio de transmisión.

Paso 1. Definimos el espacio de trabajo para el razonamiento de acuerdo a la tabla bidimensional donde se visualizan los valores de la calidad del medio de transmisión de acuerdo a las variables de entrada.

Tabla 1
Espacio de trabajo para el razonamiento

		ES (SEGUNDOS- ERRADOS)			
		MÍNIMO	0,40	0,60	CRÍTICO
BBE (BITS ERRADOS)	MÍNIMO	E	B	R	D
	0,75	B	B	R	D
	0,25	R	R	D	D
	CRÍTICO	D	D	D	D

Paso 2. De acuerdo al espacio de razonamiento se aplica los operadores AND, OR o NOT. Para este razonamiento aplicaremos el operador AND que consiste en escoger el mínimo de los valores de entrada.

Tabla 2
Aplicación del operador AND

BBE (BITS ERRADOS)	ES (SEGUNDOS- ERRADOS)		
		0,40	0,60
	MÍNIMO	B	R
	0,75	B	R
	0,25	R	D
	CRÍTICO	D	D
BBE (BITS ERRADOS)	ES (SEGUNDOS- ERRADOS)		
		0,40	0,60
	MÍNIMO	B	R
	0,75	0,40	0,60
	0,25	0,25	0,25
	CRÍTICO	D	D

Paso 3: Agregación. El paso de agregación consiste en calcular los valores para la variable calidad del medio de transmisión.

Tabla 3
Aplicación del operador AND

BBE (BITS ERRADOS)	ES (SEGUNDOS- ERRADOS)			
	MINIMO	0,40	0,60	CRÍTICO
MÍNIMO	E	B	R	D
0,75	B	0,40	0,60	D
0,25	R	0,25	0,25	D
CRÍTICO	D	D	D	D

En la tabla 5 se observa el cálculo de los valores para la función de implicación utilizando el operador AND.

La función de implicación para este ejemplo sería:

$$f = \{D R R B\}$$

Luego, reemplazando los valores de la tabla 5 en la función de implicación se obtiene el vector:

$$f = \{0,25 \ 0,25 \ 0,60 \ 0,40\}$$

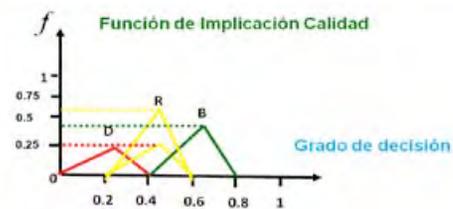


Figura 13. Gráfica de los valores obtenidos para la Función de Implicación.

Ahora, se utiliza el método centroide para calcular el grado de decisión correspondiente a la variable de la calidad del medio de transmisión.

$$FD = \frac{\sum \mu D}{\sum \mu} = \frac{\mu EDE + \mu MSDMS + \dots}{\mu E + \mu MS + \dots}$$

$$FD = \frac{0,25 \times 0,2 + 0,25 \times 0,4 + 0,60 \times 0,4 + 0,40 \times 0,6}{0,25 + 0,25 + 0,40 + 0,60} = 0,42$$

En la tabla 6 se muestra el cálculo de los valores de la calidad del medio de transmisión siguiendo el mismo procedimiento.

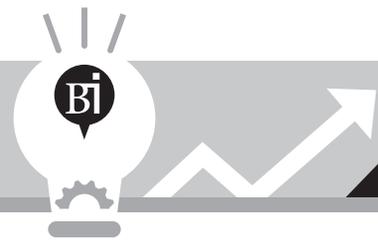


Tabla 4
Aplicación del operador AND

Segundos Errados (ES)	Bits Errados (BBE)	Calidad
411	6.82	0.42
468	9.94	0.2
558	7.88	0.222
558	9.94	0.2
292	9.94	0.4
292	0.866	0.6
145	0.866	0.8
358	1.76	0.6
105	1.1	0.8
63.2	0.613	0.8

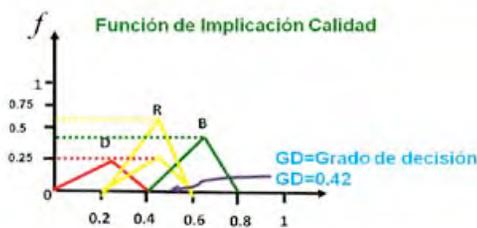


Figura 14. Cálculo del grado de decisión para la variable de calidad del medio de transmisión.

Resultado final del razonamiento: de la tabla 6 se puede obtener el grado de decisión de la calidad del medio de transmisión:

- 58 % La calidad del medio de transmisión es Regular.
- 42 % La calidad del medio de transmisión es Bueno.



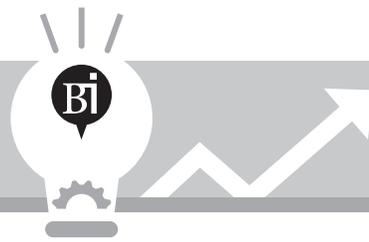
CONCLUSIONES

De acuerdo al manual ITU-T, G826 (TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU) las variables críticas de éxito que repercuten de manera directa en la calidad del medio de transmisión son: los segundos y bits errados evaluados en un tramo de quince minutos. Existen otras variables, pero su influencia es indirecta, ya que está sujeta a variables que no están bajo el control del personal operativo.

Las variables segundos y bits errados son continuas y no permiten tomas de decisiones pues sus resultados son cantidades continuas en rango y periodo determinado. La fusificación o discretización de estas variables en cuatro estados ha permitido definir los estados de la calidad del medio de transmisión logrando tener una interpretación mucho más precisa para tomar decisiones.

Para definir las reglas difusas y las acciones correctivas y preventivas se han hecho reuniones con el personal que opera diariamente observando la plataforma informática, permitiendo visualizar los indicadores de desempeño de la calidad del medio de transmisión. De esta experiencia se puede concluir que la riqueza del conocimiento empírico que tiene el personal acompañado de los manuales e información de la plataforma informática han sido factores claves para identificar con rapidez y de manera precisa las reglas difusas para construir el motor de inferencia.

Para medir la calidad del medio de transmisión se han definido cuatro valores, que son: Deficiente, Regular, Bueno y Excelente; y estos valores se han asociado a una función triangular. El hecho de definir cuatro valores para la calidad de transmisión, ha permitido definir acciones correctivas y preventivas. De manera particular, cuando la calidad se encuentra en un estado deficiente, se tiene acciones de urgencia los cuales son necesarios ejecutar de manera inmediata ya que este estado puede representar un corte total del canal de transmisión. Y cuando la calidad se encuentra en un estado regular, se ejecutan acciones preventivas que no necesariamente tienen que ser inmediatas pero sí ponen en alerta al personal operativo.



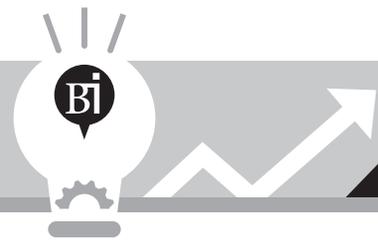
Para construir las reglas difusas se ha utilizado un cuadro bidimensional. En las columnas y en las filas se fijan los valores de las variables de entrada. Esta forma de ordenar los valores de la variable de entrada permite definir de manera ordenada y rápida los estados de la calidad del medio de transmisión. Este cuadro de doble entrada permite formular una pregunta clave a los expertos y abstraer su conocimiento para plasmarlo en una regla difusa. Cuando la variable predictora depende solo de dos variables independientes, el planteamiento de las reglas difusas no es tan complejo; sin embargo la complejidad tiene un crecimiento exponencial de acuerdo al

número de variables independientes y también de la cantidad de opciones o valores que tiene cada variable.

El desarrollar el sistema experto basado en lógica difusa consiste en agregar el indicador del grado de decisión a los resultados de las reglas de inferencia, motivo por el cual se llaman reglas difusas, pues este indicador analiza el grado de pertenencia a una determinada categoría o a un determinado estado de la variable predictora. El hecho de tener el indicador del grado de pertenencia asignado a una regla de inferencia, permite al operador tomar decisiones más acertadas y al mismo tiempo optimizar los recursos cuando se ejecuta una acción debido al estado de la calidad del medio de transmisión. Mencionamos optimizar recursos, ya que si no se tiene el indicador de pertenencia se puede tomar una decisión no acertada y, en consecuencia, ordenar o ejecutar una acción. Y cuando se ejecuta una acción, naturalmente se utilizan diversos tipos de recursos que en definitiva sería una pérdida para la organización si la decisión no fue la acertada.

Por la tanto, se puede afirmar que el sistema experto basado en lógica difusa permite identificar los niveles de la calidad del medio de transmisión con mayor precisión, y en consecuencia, las decisiones que toma el operador para la ejecución de las acciones correctivas o preventivas tienen un bajo nivel de incertidumbre o tienen mayor certeza.





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORNÚ BARRÓN, Erick Fernando, Propuesta de un Programa de Mantenimiento Preventivo para la empresa Moraly. Tesis [en línea].
<http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/6075/1/I2.1152.pdf>. [Consulta: Julio 2010].
- CORRALES CHANCA, Alicia, Sistema Experto como Herramienta de Mantenimiento Predictivo en Instalaciones de Energía Hidráulica. [En línea].
<http://www.unizar.es/aeipro/finder/INGENIERIA%20DE%20PRODUCTOS/BF13.htm> [Consulta: Junio 2010].
- DUFFUAA, Salith. Sistemas de mantenimiento: Planeación y Control. Primera edición. EDITORIAL LIMUSA, S.A. de C.V. México, 2009.
- FERNÁNDEZ ZARPAN, Juan Carlos. Diseño de una red de voz sobre ip para una empresa que desarrolla proyectos de ingeniería de comunicaciones. Tesis [en línea].
<http://tesis.pucp.edu.pe/files/PUCP00000001034/DISE%20DIO%20DE%20UNA%20RED%20DE%20VOZ%20SOBRE%20IP%20PARA%20UNA%20EMPRESA%20QUE%20DESARROLLA%20PROYECTOS%20DE%20INGENIERIA%20DE%20COMUNICACIONES.pdf> [Consulta: Octubre 2010]
- GIANNI ITAVE, C. Manual Técnico 1650SMC. Segunda edición. ALCATEL, ITALIA, 2003.
- GIARRATANO, Joseph; RILEY Gary, Sistemas Expertos, principios y programación. Tercera edición. International Thomson Editores. S.A de C.V. México, 2001.
- HANNEMANN SELST. Manual Técnico 1678MCC, Quinta edición. ALCATEL, ALEMANIA, 2008.
- HERNÁNDEZ S., Roberto, FERNÁNDEZ-COLLADO, Carlos y BAPTISTA L., Pilar. Metodología de la Investigación. Cuarta edición. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V., México, 2006.
- KENDALL, Kenneth E. y KENDALL, Julie E. Análisis y Diseño de Sistemas. Sexta edición. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2005.
- MARTÍN DEL BRÍO, Bonifacio; SANZ MOLINA, Alfredo. Redes Neuronales y Sistemas Borrosos. Tercera edición. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V., México, 2007.
- ORTEGA ORTEGA, Paola Andrea. Diseño de una ingeniería de mantenimiento para optimizar los enlaces de propagación en los sistemas de telefonía móvil. [En línea]. Tesis http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/hermesoft/portaIG/home_1/recursos/tesis/contenidos/pdf_tesis/pdf_2/03052007/diseño_de_una_ingenieria.pdf. [Consulta: Octubre 2010].
- PAJARES MARTINSANZ, Gonzalo; SANTOS PEÑAS, Matilde. Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento. Primera edición. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V., México, 2006.
- PIEDRA PALADINES, María Fernanda, Gerencia Estratégica de Mantenimiento de la Empresa Plásticos del Litoral - Plastlit. [En línea]. Tesis.
http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-39569.pdf [Consulta: Setiembre 2010].
- PONCE CALPA, Lucy Adriana, Manual Preventivo y Correctivo de Software y Hardware. [En línea].
<http://intranet.idsn.gov.co/sgc/guias/g-grp01.pdf>. [Consulta: Agosto 2010].
- PONCE CRUZ, Pedro. Inteligencia Artificial con Aplicaciones a la Ingeniería. Primera edición. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V., México, 2010.
- SANTAMARÍA HOLEK, Ricardo, Tendencia del Mantenimiento Predictivo. [En línea].
<http://www.tam.com.mx/pdf/Articulos/TendMttoPred.pdf> [Consulta: Octubre 2010].