

Enfocador motorizado de Software/Hardware Libre para observatorios astronómicos remotos

Joaquín Bogado, Gastón Traberg, Lía Molinari, Javier Díaz

LINTI - CESPI / Facultad de Informática/ UNLP

Dirección: 50 y 120. Teléfono: 54-221-4223528. La Plata. Buenos Aires. Argentina
{jbogado, lmolinari, javierd}@info.unlp.edu.ar, gtraberg@cert.unlp.edu.ar

Resumen

Tanto en la astrofotografía amateur como en la adquisición de datos astronómicos para su aplicación en áreas científicas, el enfoque del instrumento es una tarea de suma importancia. Toda técnica que asista en este proceso maximiza la eficiencia de los instrumentos de captura. Este artículo trata acerca del desarrollo y utilización de un driver para controlar el foco en un telescopio de manera remota. La automatización de observatorios entre aficionados redundará en un mayor aprovechamiento del tiempo de observación. Este hobby que alimenta la pasión por la ciencia de muchos jóvenes, se ve limitado considerando que las soluciones comerciales son de muy alto valor económico. El bajo costo y la alta flexibilidad de esta solución permite que se pueda implementar en observatorios hogareños sin incurrir en grandes gastos y alimentar la pasión de muchos futuros científicos. Este artículo se relaciona con los trabajos de tesis de los alumnos Bogado y Traberg, en la línea de docencia e investigación en Sistemas Operativos del LINTI, Facultad de Informática, UNLP.

Palabras clave: Adquisición de datos, driver, telescopio remoto, automatización de observatorios, enfocador remoto, QHY5T, OpenWRT, TP-Link MR302

Contexto

La tesina de licenciatura “Driver para GNU/Linux en espacio de usuario para la cámara QHY5T” del alumno Joaquín Bogado, actualmente en etapa de finalización, documenta el desarrollo de un controlador en espacio de usuario para el sistema operativo GNU/Linux para la cámara QHY5T del fabricante QhyCCD. Por el aporte de este trabajo, hoy es posible utilizar la cámara de manera remota mediante su interfaz de línea de comandos.

Por otro lado, el trabajo “Modificación del Router TP-Link MR3020 para la comunicación con un μ controlador por SPI” realizado como trabajo final para la asignatura “Sistemas de Tiempo Real” por el alumno Gastón Traberg plantea la modificación de un router económico para agregar capacidades de conexión wireless a microcontroladores de uso general.

Mediante una modificación al primer trabajo, es posible conectar la aplicación que controla la cámara para que se comunique a través de una conexión wireless con el router, a un servicio implementado específicamente para esta tarea y controlar de esta manera el foco del telescopio.

Introducción

El programa qhy5tvviewer es una aplicación de línea de comandos para GNU/Linux que permite visualizar un stream de video desde la cámara QHY5T. Este programa tiene comandos interactivos que permiten grabar las imágenes en archivos, mostrar un retículo o enviar comandos de guiado a una montura robotizada. Estos comandos se ingresan por teclado e internamente son manejados como eventos desde la librería SDL. Dicho trabajo presenta un aporte a la comunidad de Software Libre ya que se basa en el código del driver para una cámara similar, también disponible con una licencia GPL.

Por otra parte, las modificaciones realizadas al Router TP-Link MR3020 permiten controlar el estado (HIGH o LOW) de hasta seis señales denominadas General Purpose Input/Output (GPIO). Estas señales pueden utilizarse sin problemas para activar un controlador de motores paso a paso EasyDriver el cual se conecta al motor que permite mover efectivamente el enfocador del telescopio.

El conexionado físico

La siguiente figura muestra el esquema de conexionado físico.



La conexión entre la PC la cual maneja la cámara y el Router TP-Link es inalámbrica utilizando el protocolo TCP. Tres cables se conectan desde los puertos GPIO del router a las líneas de Enable, Step y Direction del EasyStep. Además, un motor bipolar de 4 cables se conecta a este a las líneas A1, A2, B1 y B2. El motor utilizado es un NEMA-17 bipolar de 0.9° que con la configuración de micropasos del EasyStep alcanza 3200 pasos por vuelta.

General-purpose input/output (entrada / salida de proposito general o GPIO por sus siglas en Inglés) es como se conoce a los pines de propósito general de un circuito integrado, cuyo comportamiento (inclusive cuando se comportan como entrada o salida) puede ser controlado (programado) por el usuario en tiempo de ejecución. Los pines GPIO no tienen un propósito especial definido, y por defecto no son utilizados. La idea es que algunas veces, al utilizar un integrado que los posee, en el desarrollo de un sistema completo, estos pines se pueden volver muy útiles ya que pueden evitar la implementación de circuitos adicionales que de otra manera serían necesarios para cumplir una función en particular, como encender un led de estado.

El chipset Atheros AR9330, que es el utilizado por el Router MR3020, cuenta con 30 pines GPIO. Seis de estos pines no tienen un uso específico en la implementación del MR3020.

La siguiente tabla muestra que pines fueron usados para este trabajo.

GPIO	Descripción	PCB	EasyDriver
7	Sin uso	R15	Enable
26	Led WPS	Led2	Step
29	Sin uso	R17	Direction

El firmware del Router

El router MR3020 posee originalmente un sistema operativo propietario, no muy flexible. Para poder acceder de manera sencilla a las interfaces GPIO como así también para implementar sin complicaciones el servicio que nos comunicaría con el microcontrolador, se optó por cambiar el firmware del router por OpenWRT GNU/Linux. Este firmware además incluye servicios como ssh y un manejador de paquetes, el cual permite descargar más aplicaciones a partir de un repositorio mantenido por la comunidad de OpenWRT.

OpenWRT posee mecanismos para poder, de manera sencilla, hacer que el dispositivo arranque desde un medio externo (como un pendrive) permitiendo que la poca capacidad de almacenamiento original del router, sea expandida. El mecanismo que se utilizó para llevar a cabo esto se conoce como “pivot overlay”

Utilizando esta característica ofrecida por OpenWRT y la interfaz USB con la que cuenta el Router para dar soporte a dispositivos 3G, se logró que el Router monte un pendrive USB como sistema de archivos, expandiendo enormemente las capacidades de almacenamiento que el dispositivo ofrece de fábrica.

Esto permitió instalar Python en el Router, lenguaje en el que se implementó el servicio que atiende las conexiones desde el programa qhy5tvviewer.

El servicio

El servicio implementado en Python funciona como un demonio en OpenWRT. Una vez iniciado atiende

peticiones de un único cliente al puerto 1337. Estas peticiones están formateadas de la siguiente manera:

```
#CMD:PARAM;
```

donde CMD puede ser IN, OUT, STP o STA y PARAM cualquier número entre 0 y 65535. Estos comandos modifican el estado interno del demonio. El demonio guarda información acerca de la posición cero (park position), el límite de pasos máximo, la cantidad de pasos a dar si el movimiento es relativo y los pasos dados por el motor, es decir, la posición actual del enfocador.

Cada requerimiento es atendido de manera sincrónica. Una vez finalizado el procesamiento de un comando, se procede con el siguiente.

El comando IN indica al demonio que debe mover el enfocador hacia posiciones más bajas (donde la posición park es 0). Si el parámetro es 0, la cantidad de pasos a dar está indicada por la variable `steps`. Esto significa que el movimiento es relativo a la posición actual del enfocador. Si por el contrario, el parámetro es diferente de 0, debe mover el enfocador a la posición indicada por PARAM. Esto se conoce como movimiento absoluto.

El comando OUT funciona de manera análoga al comando IN.

El comando STP permite configurar la cantidad de pasos a dar en caso que el movimiento sea relativo. En este caso, PARAM indica la cantidad de pasos a configurar en la variable `steps`.

Cada vez que un comando es procesado, se actualiza el estado interno del demonio actualizando la posición. Esta posición, además del valor de la

variable `steps` puede ser consultados mediante el comando `STA` que devuelve un string con el siguiente formato:

```
#STP:PARAM1;¥n#POS:PARAM2;¥n
```

donde `PARAM1` es la actual configuración de pasos y `PARAM2` la posición absoluta del enfocador.

Modificaciones a `qhy5tviewer`

Durante el inicio del programa fue necesario agregar algunas opciones de inicialización para la creación del socket y el establecimiento de conexión. Una vez establecida la conexión el programa se encuentra listo para enviar comandos al enfocador.

Agregar nuevos comandos al controlador de eventos del programa `qhy5tviewer` resulta sencillo y para este trabajo se agregaron las siguientes seis nuevas asociaciones de teclas:

- `'.'`: Focus in
- `','`: Focus out
- `'1'`: Dec steps
- `'2'`: Inc steps
- `'P'`: Park
- `'R'`: Report

Las teclas `'.'` y `','` del teclado controlan la dirección del enfocador, hacia adentro y hacia afuera respectivamente. Estos movimientos son relativos por lo que el comando enviado es `#IN:00;` o `#OUT:00;` respectivamente. Las teclas `'1'` y `'2'` del teclado decrementan o incrementan la cantidad de pasos de manera logarítmica, es decir, en incrementos de ± 1 entre 1 y 10, en incrementos de ± 10 entre 10 y 100 y en incrementos de ± 100 entre 100 y 1000. Esto permite controlar el enfoque de manera precisa y cómoda desde la interfaz de `qhy5tviewer`. Estos eventos producen el envío del comando `#STP:PARAM;` donde el valor de `PARAM` está

dado por una variable interna del programa `qhy5tviewer`.

La tecla `'P'` está asociada a la acción de park, es decir que mueve el enfocador a la posición inicial (la posición 0). Este evento genera el comando `#IN:-1;` el cual mueve el enfocador a dicha posición. Finalmente la tecla `'R'` está asociada a la acción de report, es decir, envía el comando `#STA:00;`

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Un valor agregado de este artículo como proyecto es haber sumado el esfuerzo de dos alumnos, logrando un trabajo de investigación y desarrollo conjunto. Joaquín Bogado está pronto a presentar la defensa de su tesina de licenciatura titulada “Driver para GNU/Linux en espacio de usuario para la cámara QHY5T”, con la dirección de la Mg. Lía Molinari. Gastón Traberg se interesó en este artículo a partir de su trabajo final para la materia “Sistemas de Tiempo Real” con título “Modificación del Router TP-Link MR3020 para la comunicación con un μ controlador por SPI”.

La temática de este artículo se encuadra dentro de la línea de investigación en Software y Hardware Libre que se lleva actualmente en el LINTI, con aporte a la docencia y a la posibilidad de beneficiar a muchos aficionados a la astrofotografía. El fomentar el interés en la investigación aplicada se destaca en otros proyectos del laboratorio tal como los 72 paneles solares actualmente en funcionamiento en la Facultad de Informática, la puesta en producción de una estación meteorológica, el establecimiento de una plataforma para que inter-operen estaciones meteorológica y los sensores que se están sumando a los inversores.

Resultados y Objetivos

El trabajo aquí presentado permite acceder y controlar el enfocador de un telescopio manualmente de manera remota. Una mejora propuesta es desarrollar un módulo compatible con INDI que permita realizar el foco automáticamente utilizando algún programa especializado como KStars o Stellarium. Dichos programas ya cuentan con rutinas especializadas para dispositivos similares como RoboFocus u Optec TCF.

Formación de Recursos Humanos

Los alumnos Joaquín Bogado y Gastón Traberg están en la etapa final de la carrera de Licenciatura en Informática. Ambos se desempeñan como becarios y auxiliares docentes y han participado en diversos proyectos de investigación en los cuales se alinea la temática del artículo.

Han participado en el desarrollo del sistema Lihuen, la distribución de Software Libre basada en el sistema operativo GNU/Linux de la Facultad de Informática. La investigación y el desarrollo llevados a cabo en el marco de este artículo es además, una refrescante bienvenida a la conjunción de la pasión por la ciencia de estos jóvenes, lo que constituye una excelente oportunidad para difundir estas actividades ante el resto del alumnado. La Mg. Lía Molinari es profesora adjunta del área de Sistemas Operativos. EL Lic. Javier Díaz es el director del LINTI y quien dirige y promueve los trabajos de investigación en los cuales se alinea este trabajo.

Referencias

[1] QHY5 Series -
<http://qhyccd.com/en/left/page3/qhy5-series/>

[2] QHYCCD Astronomy CCD/CMOS Camera - qhyccd.com

[3] SBIG Cameras -
<http://www.sbig.com/products/cameras/>

[4] MoonLite Accesories -
<http://www.focuser.com/cgi-bin/dman.cgi?page=motorstepper>

[5] Optec TCF-S focuser -
<http://www.optecinc.com/astronomy/catalog/tcf/tcf-s.htm>

[6] MicroTouch wireless focuser -
<http://starizona.com/acb/MicroTouch-Autofocuser---Wireless-P1041C745.aspx>

[7] MT9T001 - 1/2-Inch 3.1MP Digital Image Sensor Datasheet, Rev D (07/2005)

[8] CY7C68013A High-Speed USB Peripheral Controller Datasheet, Rev V (02/2012)

[9] ST-4 Star Tracker Imaging Camera - Operation Manual.

[10] OpenWRT for TP-Link tl-mr3020 -
<http://wiki.openwrt.org/toh/tp-link/tl-mr3020>

[11] OpenWRT extroot mechanism -
<http://wiki.openwrt.org/doc/howto/extroot>

[12] Simple Telescope Drift Align Method -
<http://www.astro.shoregalaxy.com/drift->

Modelos de decisión para la sincronización de procesos en sistemas distribuidos

David L. la Red Martínez, Julio C. Acosta

Grupo de Sistemas Operativos y TICs / Departamento de Informática / Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura / Universidad Nacional del Nordeste

9 de julio 1449, (3400) Corrientes, Argentina, +54-379-4638194
laredmartinez@gigared.com julioaforever@yahoo.com

Resumen

En los sistemas de procesamiento distribuido es frecuentemente necesario que los procesos que actúan en grupos deban tomar decisiones basados en acuerdos; dichos procesos podrán operar en equipos distribuidos; los procesos podrán requerir el uso de recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua. Surge el siguiente interrogante: ¿cuáles son los modelos de decisión que habrá que generar incorporando la perspectiva cognitiva a los modelos clásicos, que trasciendan el enfoque tradicional de las ciencias de la computación? (se consideran modelos clásicos al algoritmo centralizado, al algoritmo distribuido de Lamport mejorado por Ricart y Agrawala, al algoritmo de anillo de fichas, entre otros). Habrán de tenerse en cuenta los mecanismos de auto-regulación, autonomía, circularidad referencial, etc., y estudiar la manera de incorporar los mismos mediante variables y procedimientos que se agreguen a las variables y procedimientos clásicos de las ciencias de la computación, generando así nuevos modelos que mejoren el

desempeño de los clásicos. Los modelos para la toma de decisiones en grupos de procesos considerarán la posibilidad de imputación de datos faltantes y la fuzzyficación de ciertas variables, utilizando la familia de operadores OWA, generando operadores de agregación específicos para cada uno de los tipos de situaciones consideradas.

Palabras clave: sistemas operativos; regiones críticas; exclusión mutua; grupos de procesos; operadores de agregación

Contexto

La investigación mencionada precedentemente se encuadra en el proyecto homónimo, aprobado el 28/11/2012 por Resolución N° 960/12 del Consejo Superior de la UNNE. Dicho proyecto, financiado totalmente por la UNNE, tiene el código 12F003. La vigencia del proyecto es desde el 01/01/2013 al 31/12/2016.

Introducción

La proliferación de sistemas informáticos, muchos de ellos

distribuidos, en los cuales existen múltiples procesos que cooperan para el logro de una determinada función, hace necesario disponer de modelos de decisión que permitan a los procesos intervinientes en los distintos grupos de procesos, tomar decisiones en las que son necesarios diferentes niveles de acuerdo, especialmente cuando se trata del acceso a recursos computacionales compartidos y el sistema debe auto-regular la forma de dicha compartición.

Es especialmente significativo el caso del acceso a las llamadas regiones críticas de memoria por parte de distintos procesos, que pueden estar operando en el mismo equipo informático o en equipos distribuidos, donde el acceso a las regiones críticas debe hacerse en la modalidad de acceso exclusivo y con el consentimiento de los demás procesos del grupo.

Ejemplos de lo mencionado se encuentran en (Tanenbaum, 1996 y 2009), donde se describen los principales algoritmos de sincronización en sistemas distribuidos, en (Agrawal et al., 1991), donde se presenta una solución eficiente y tolerante a fallas para el problema de la exclusión mutua distribuida, en (Ricart et al., 1981) y (Cao y Singhal, 2001), donde se presentan unos algoritmos para gestionar la exclusión mutua en redes de computadoras en (Stallings, 2005), donde se detallan los principales algoritmos para la gestión distribuida de procesos, los estados globales distribuidos y la exclusión mutua distribuida.

Los modelos de decisión actualmente disponibles y generalmente aplicables en los sistemas distribuidos se basan en algoritmos de intercambio de permisos que intentan lograr un acuerdo de todos los procesos intervinientes para realizar determinadas acciones, como el acceso a un área de memoria compartida a la que

se debe acceder en la modalidad de exclusión mutua.

Se considera especialmente importante estudiar la aplicación de modelos de decisión para la toma de decisiones en grupo que incorporen conceptos cognitivos de la cibernética en general y de la cibernética de segundo orden en particular, en el contexto de sistemas complejos auto-regulados.

Se estima de gran importancia estudiar los mecanismos de auto-regulación de los sistemas auto-regulados existentes en la bibliografía especializada, especialmente de los sistemas complejos, en el contexto de la cibernética de segundo orden, a los efectos de su posterior incorporación en el desarrollo de modelos de decisión aplicables a procesos distribuidos que deben tomar decisiones en grupo respecto del uso de recursos compartidos. Se considera en tal sentido que dichos grupos de procesos mejorarían su desempeño mediante los modelos de decisión que se tiene previsto desarrollar incorporando mecanismos de auto-regulación y conceptos de la cibernética de segundo orden en el proceso de toma de decisiones.

Se han de tener en cuenta los principales conceptos de la cibernética (Bateson, 1991), (François, 1999), (Gardner, 1996), (Wainstein, 2006), (Wiener, 1985), los principios de la cibernética de segundo orden y de los sistemas complejos autorregulados (Clark, 1999), (Foerster, 1996), (García, 2006), (Varela, 1990).

También habrán de considerarse los principios de la computación autonómica y de los procesos cognitivos (Chiew et al., 2004), (Papageorgiou et al., 2005), (Wang, 2007), los principales aspectos de la computación cognitiva (Ehrlich, 2007), (Modha et al., 2011), como así también la comunicación en sistemas distribuidos (Birman et al., 1991), (Tanenbaum, 1996

y 2009), (Tanenbaum y Van Steen, 2008), (Silberschatz et al., 2006), la sincronización en sistemas distribuidos (Agrawal et al., 1991), (Ricart et al., 1981), (Cao y Singhal, 2001), (Stallings, 2005), (Tanenbaum, 1996 y 2009).

Para el tratamiento de datos faltantes se considerarán métodos de imputación de datos (Kennickell, 1998) (Nguyen et al., 2003), (Peláez et al., 2008).

Asimismo se han de tener en cuenta los conceptos acerca de sistemas de soporte de decisión (Doña et al., 2011), (Peláez et al., 2009), (Chen, 2001), (Fodor et al., 1994), (García-Melón et al., 2006), (Saaty, 1980) y de toma de decisiones en grupo (Ben-Arieh et al., 2006), (Herrera et al., 2000), (Herrera et al., 1996), (Chiclana et al., 2004), (Delgado et al., 1998), (Herrera et al., 2000), (La Red et al., 2011), (Lu et al., 2007), (Martínez et al., 2007) y (Martínez et al., 2006), (Yager, 1988, 1993), todo ello sin dejar de considerar la toma de decisiones y su relación con los procesos cognitivos (IPAM, 2007), (Wang et al., 2004).

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

En los sistemas computacionales de procesamiento distribuido es frecuentemente necesario que los procesos que actúan en grupos deban tomar decisiones basados en el acuerdo; dichos procesos podrán operar en un mismo equipo informático o en varios equipos distribuidos interconectados; las decisiones para las cuales deben alcanzar algún nivel de acuerdo pueden estar relacionadas con la realización de determinada actividad que no requiera el uso de recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua, o con la

realización de determinada actividad que sí requiera el uso de recursos compartidos en la modalidad de exclusión mutua, para lo cual generalmente las exigencias de niveles de acuerdo son mayores que para el caso anterior.

Ante la situación mencionada precedentemente surge el siguiente interrogante: ¿cuáles son los nuevos modelos de decisión que habrá que desarrollar incorporando la perspectiva cognitiva a los modelos clásicos para la toma de decisiones en grupos de procesos, que trasciendan el enfoque tradicional de las ciencias de la computación?.

Habrá que desarrollar nuevos modelos de decisión para los siguientes tipos de situaciones: a) Cuando no se compromete el uso de recursos compartidos y las exigencias de acuerdo no son estrictas; b) Cuando no se compromete el uso de recursos compartidos y las exigencias de acuerdo son estrictas; c) Cuando se compromete el uso de recursos compartidos y las exigencias de acuerdo no son estrictas; d) Cuando se compromete el uso de recursos compartidos y las exigencias de acuerdo son estrictas?.

Resultados y Objetivos

El objetivo general es generar modelos de decisión desde la óptica cognitiva para la toma de decisiones en grupos de procesos, que trasciendan el enfoque tradicional de las ciencias de la computación, basándose en los principios de la cibernética de segundo orden, los sistemas complejos y la auto-regulación.

Los principios de la cibernética de segundo orden, los sistemas complejos y la auto-regulación, posibilitan desarrollar modelos de decisión desde la óptica cognitiva para la toma de decisiones en

grupos de procesos, que trasciendan el enfoque tradicional de las ciencias de la computación considerando la posibilidad de imputación de datos faltantes y la fuzzyficación de ciertas variables, utilizando la familia de operadores OWA, generando operadores específicos para cada una de las situaciones antes indicadas.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está integrado por un Director (Doctor, Categoría II P.I., Categoría A UTN), un Sub-director (Magister, Categoría V P.I.), dos investigadores, ambos realizando sus respectivas tesis de maestría y un becario. El Sub-director, dirigido por el Director, accedió a su título de magister a fines del año 2013 en la UNL. El Director, en la actualidad, dirige una tesis de maestría temáticamente relacionada en la Universidad Nacional del Este, Paraguay.

Referencias

AGRAWAL, D.; ABBADI, A. E. An efficient and fault-tolerant solution of distributed mutual exclusion. *ACM Trans. On Computer Systems*, USA, v. 9, p. 1–20, 1991.

BATESON, G. *Pasos Hacia Una Ecología de la Mente*. Argentina: Planeta-Carlos Lohlé, 1991.

BEN-ARIEH, D.; CHEN, Z. Linguistic-labels aggregation and consensus measures for autocratic decision making using group recommendations. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, v. 36, n. 3, p. 558–568, 2006.

BIRMAN, K. P.; SCHIPER, A.; STEPHENSON, P. Lightweight causal and atomic group multicast. *ACM Trans. On Computer Systems*, USA, v. 9, p. 272–314, 1991.

CAO, G.; SINGHAL, M. A delay-optimal quorum-based mutual exclusion algorithm for distributed systems. *IEEE Transactions on Parallel And Distributed Systems*, USA, v. 12, n. 12, p. 1256–1268, 2001.

CHEN, C. T. Applying linguistic decision-making method to deal with service quality evaluation problems. *International Journal of Uncertainty, Fuzzyness and Knowledge-based Systems*, v. 9, p. 103–114, 2001.

CHICLANA, F. et al. Induced ordered weighted geometric operators and their use in the aggregation of multiplicative preferences relations. *International Journal of Intelligent Systems*, v. 19, p. 233–255, 2004.

CHIEW, V.; WANG, Y. Formal description of the cognitive process of problem solving. *Proceedings of the Third IEEE International Conference on Cognitive Informatics (ICCI'04)*, USA, 2004.

CLARK, A. *Estar Ahí. Cerebro, Cuerpo y Mundo en la Nueva Ciencia Cognitiva*. España: Ediciones Paidós Ibérica S. A., 1999.

DELGADO, M. et al. Combining numerical and linguistic information in group decision making. *Information Sciences*, v. 107, p. 177–194, 1998.

DOÑA, J. M. et al. A system based on the concept of linguistic majority for the companies valuation. *Revista EconoQuantum*, México, v. 8, n. 2, p. 121–142, 2011.

EHRlich, K. *The Essential Role of Mental Models in HCI*. Cambridge, MA, USA: IBM Research Division, 2007. (IBM Research Report).

FODOR, J. C.; ROUBENS, M. *Fuzzy Preference Modelling and Multicriteria Decision Support*. Dordrecht: Kluwer, 1994.

FOERSTER, H. V. *Las Semillas de la Cibernética*. España: Gedisa, 1996. (2 edición).

FRANÇOIS, C. *Systemics and cybernetics in a historical perspective*. *Systems Research and Behavioral Science*, USA, n. 16, p. 203–219, 1999.

GARCÍA, R. *Sistemas complejos. Conceptos, Métodos y Fundamentación Epistemológica de la Investigación Interdisciplinaria*, Gedisa Editorial, España, 2006.

GARCÍA MELÓN, M. et al. *Farmland appraisal: An analytic network process (ANP) approach*. MCDM, Greece, 2006.

GARDNER, H. *La Nueva Ciencia de la Mente*. España: Ediciones Paidós, 1996. (2ª reimpression).

HERRERA, F.; VIEDMA, E. H. Linguistic decision analysis: Steps for solving decision problems under linguistic information. *Fuzzy Sets and Systems*, v. 115, p. 67–82, 2000.

IPAM (Institute For Pure And Applied Mathematics. University of California, Los Angeles). *Probabilistic Models of Cognition: The Mathematics of Mind*. USA: 2007. Disponible

em:

<<http://www.ipam.ucla.edu/programs/gss2007/>>.

KENNICKELL, A. B. Multiple Imputation In The Survey Of Consumer Finances. USA: Board of Governors of the Federal Reserve System. Joint Statistical Meetings, 1998.

LA RED, D. L. et al. WKC-OWA, a new Neat-OWA operator to aggregate information in democratic decision problems. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems, World Scientific Publishing Company, Francia, p. 759–779, 2011.

LA RED, D. L.; PELÁEZ, J. I.; DOÑA, J. M. A decision model to the representative democracy with expanded vote. Revista Pioneer Journal of Computer Science and Engineering Technology, India, p. 35–45, 2011.

LU, J. et al. Multi-objective Group Decision Making: Methods, Software and Applications with Fuzzy Set Technology. London: Imperial College Press, 2007.

MARTÍNEZ, L. et al. Dealing with heterogeneous information in engineering evaluation processes. Information Sciences, v. 177, n. 7, p. 1533–1542, 2007.

MARTÍNEZ, L.; LIU, J.; YANG, J. B. A fuzzy model for design evaluation based on multiple-criteria analysis in engineering systems. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems, v. 14, n. 3, p. 317–336, 2006.

MODHA, D. S. et al. Cognitive computing. Communications of the ACM, v. 54, n. 8, p. 62–71, 2011.

NGUYEN, L. N.; SCHERER, W. T. Imputation techniques to account for missing data in support of intelligent transportation systems applications. Research Report No. UVACTS-13-0-78, USA, 2003.

PAPAGEORGIOU, E. I. et al. Fuzzy cognitive maps learning using particle swarm optimization. Journal of Intelligent Information Systems, USA, v. 25, n. 1, p. 95–121, 2005.

PELÁEZ, J. I.; DOÑA, J.M.; LA RED, D. L. Fuzzy imputation method for database systems. En Galindo, J. (Ed.). Handbook of Research on Fuzzy Information Processing in Database. Hershey. Information Science Reference, USA, 2008.

PELÁEZ, J. I.; DOÑA, J. M.; LA RED, D. L. A mix model of discounted cash-flow and OWA operators for strategic valuation. Revista Interactive Multimedia and Artificial Intelligence - Special Issue On Business Intelligence And Semantic Web, España, v. 1, n. 2, p. 20–25, 2009.

PELÁEZ, J. I.; DOÑA, J. M.; RUIZ, J. A. G. Analysis of OWA operators in decision making for modelling the majority concept. Applied Mathematics and Computation, v. 186, p. 1263–1275, 2007.

RICART, G.; AGRAWALA, A. K. An optimal algorithm for mutual exclusion in computer networks. Commun. of the ACM, v. 24, p. 9–17, 1981.

SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy Process. USA: MacGraw Hill, 1980.

SILBERSCHATZ, A.; GALVIN, P. B.; GAGNE, G. Fundamentos de Sistemas Operativos. España: Mac-Graw Hill, 2006. (7 Edición).

STALLINGS, W. Sistemas Operativos. España: Pearson Educación S.A., 2005. (5 Edición).

TANENBAUM, A. S. Sistemas Operativos Distribuidos. México: Prentice - Hall Hispanoamericana S.A., 1996.

TANENBAUM, A. S. Sistemas Operativos Modernos. México: Pearson Educación S. A., 2009. (3 Edición).

TANENBAUM, A. S.; STEEN, M. V. Sistemas Distribuidos - Principios y Paradigmas. México: Pearson Educación S. A., 2008. (2 Edición).

VARELA, F. J. Conocer - Las Ciencias Cognitivas: Tendencias y Perspectivas - Cartografía de las Ideas Actuales. España: Gedisa Editorial, 1990.

WAINSTEIN, M. Comunicación. Un Paradigma de la Mente. Argentina: JCE Ediciones, 2006.

WANG, Y. Formal description of a set of meta cognitive processes of the brain. Proc. 6th IEEE Int. Conf. on Cognitive Informatics (ICCI'07), USA, 2007.

WANG, Y.; LIU, D.; RUHE, G. Formal description of the cognitive process of decision making. Proceedings of the Third IEEE International Conference on Cognitive Informatics (ICCI'04), USA, 2004.

WIENER, N. Cibernética o el Control y la Comunicación en Animales y Máquinas. España: Tusquets, 1985. (2 Edición).

YAGER, R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making. IEEE Trans. On Systems, Man and Cybernetics, USA, v. 18, p. 183–190, 1988.

YAGER, R. Families of OWA operators. Fuzzy Sets and Systems, v. 59, p. 125–148, 1993.