

## PROPUESTA DE ALGORITMOS DE CONTROL EN LÍNEAS TCP/IP Y COMPENSACIÓN DE RETARDOS

Velásquez, Sergio<sup>1</sup> Custodio, Angel<sup>1</sup>

(Recibido Enero 2014 Aceptado Febrero 2014)

<sup>1</sup>Departamento de Electrónica UNEXPO, Ciudad Guayana, Bolívar 8050 Venezuela.  
e-mail:sergiovelasquez@gmail.com

---

**Resumen:** Los sistemas de control en red o Network control system son utilizados en la industria y han tomado gran interés recientemente en el campo de la investigación de sistemas de control. Los retardos en la comunicación entre el maestro y el esclavo, supone un gran problema en la estabilidad ya que son cada vez más complejos desde la perspectiva de control, incluso sistemas aparentemente simples de control a menudo contienen un núcleo multitarea en tiempo real, generando problemas de manejo de recursos, identificación de conexión, estabilidad, robustez, tiempo muerto, caducidad de procesos, generando deficiencia en el producto, deficiencia en el control, tiempos de espera altos. Para esto se propone, estimar la efectividad de los algoritmos control en tiempo real adecuados para cada aplicación, a través de un núcleo y bloques de red con funciones simples, posibilitando simular el comportamiento puntual en tiempo real de núcleos ejecutores de tareas, simular modelos de protocolos de red y su eficiencia en control en red. Para el desarrollo de la clasificación y estimación del mejor algoritmo según el protocolo o diseño determinado se utilizaran diferentes técnicas, Prueba por contradicción. Prueba por inducción matemática, Estimación, Análisis A Priori y Prueba A Posteriori.

---

**Palabras clave:** TCP/IP/ Control/ Tiempo Real/ Algoritmos.

## PROPOSAL FOR CONTROL ALGORITHMS TCP / IP LINES AND DELAYS COMPENSATION

---

**Abstract:** The networked control systems or Network control system is used in the industry and have recently taken great interest in the research field of control systems. Delays in communication between master and slave is a major problem in the stability and that are increasingly complex from the perspective of control, even apparently simple control systems often contain a multitasking real-time kernel , creating problems resource management , connection identification , stability, robustness , downtime, expiration processes , resulting deficiency in the product, poor control , high wait times . For this it is proposed to estimate the effectiveness of the algorithms control suited to each application real time, through a kernel and network blocks with simple functions, enabling simulate timely real time behavior of nuclei executing task, simulating models network protocols and their efficiency in networked control. For the development of classification and estimation of the best algorithm according to the protocol or set design different techniques were used Proof by contradiction. Proof by mathematical induction, Estimation, Analysis A Priori and A Posteriori Test .

---

**Keywords:** TCP / IP/ Control/ Real-Time Algorithms.

## I. INTRODUCCIÓN

Jean I. Garcia, M. Mark Colavita, y Andrew J. Booth en 2006 proponen un sistema, El sistema de control en tiempo real para el Interferómetro Keck Nuller proporciona las capacidades de seguimiento marginales N-band del instrumento, así como la corrección de la dispersión atmosférica en el sistema. Hay tres servos de circuito cerrado para el control de la ruta de acceso N-band, así como dos servos banda K que proporcionan openloop control. Se discuten varios métodos para mejorar el rendimiento del servo y el mantenimiento de sistemas de control.[1].

En 2008 la NASA, En Pasadena, California, La NASA ha probado con éxito la primera red de comunicaciones de espacio profundo inspirado en el Internet. Trabajar como parte de un gran equipo de la NASA, los ingenieros del Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA en Pasadena, California, utilizando Interrupción - Tolerante Networking, o DTN, para transmitir docenas de imágenes espaciales desde y hacia una nave espacial de ciencia de la NASA situado a unos 20 millones de kilómetros de la Tierra. NASA y Google Inc, en Mountain View, California, se asociaron hace 10 años para desarrollar este protocolo de software. El DTN envía información utilizando un método que difiere de la transmisión de Control / Protocolo de Internet normal de Protocolo de Internet, o TCP / IP , suite de comunicación.[2].

Matthew Bennett et al. en 2008 expusieron que la secuencia de comandos basada en el tiempo es el paradigma tradicional para el control de naves espaciales y vehículos de exploración en misiones robóticas de la NASA, pero este paradigma ha sido afinado cada vez más para dar cabida a las misiones de hoy en día. De allí exponen que el Control basado en objetos es un nuevo paradigma que soporta temporización y operación orientada a eventos de una manera más natural y permite una fusión de la secuencia y la protección de falla en un solo paradigma de control.[3].

David A. Wagner, et al en 2009 propuso una arquitectura de control basado en el análisis de

control, El Análisis de control, es una metodología de ingeniería de sistemas basado en el modelo que permite la especificación de un sistema de control de acuerdo con principios de la arquitectura rigurosas expuesta por Ingham en 2005 en un artículo similar [4]. Esta metodología se centra en las variables de estado del sistema físico a ser controlado, y las relaciones de efectos de estado entre ellos, que describe estas relaciones en forma de modelos explícitos[5]. Las propuestas de Wagner, et al en 2009, Ingham en 2005 no son más que metodologías de ingeniería de sistemas basado en el modelo que permiten la especificación de un sistema de control de acuerdo con principios de la arquitectura rigurosas de allí la relación con este trabajo, se busca presentar una metodología basada en algoritmos que permita establecer control compensando los retardos producidos por la red.

Actualmente los sistemas de control en red (NCS por sus siglas en ingles) se enfocan en mantener un nivel de control y maximizar al mismo tiempo el nivel de servicio del medio de comunicación, los orígenes de los sistemas de Control Network fueron motivados por los requerimientos de la industria nuclear. En 1948 Ray Goertz, del Argonne National Laboratory de Estados Unidos, desarrolló el primer sistema de control maestro-esclavo, en el que ambos manipuladores estaban unidos mecánicamente. A partir de entonces empezaron a surgir sistemas servocontrolados de tipo eléctrico. Para que el operador tuviera constancia de las fuerzas ejercidas por el esclavo, y de este modo se mejorará la realización de las tareas, se desarrollaron sistemas en los que las fuerzas interactuantes del esclavo eran realimentadas hacia el maestro. A este tipo de sistemas se les denomina control network system con control bilateral.

La existencia de retardos en la comunicación entre el entorno local, en el que se encuentra el maestro, y el entorno remoto, en el que se ubica el esclavo, supone un gran problema en la estabilidad de los sistemas operados. Esto se puso de manifiesto en las primeras aplicaciones de operación remota (Control Networking) en el espacio en los años 60, debido a las grandes distancias existentes entre la zona local (base terrestre) y la zona remota (órbita

espacial) que han de cubrir las ondas de radio [6]. En un sistema con control bilateral la aparición de retardos desestabiliza el sistema [7].

Debido a la gran competitividad que existe a nivel mundial se requiere la reducción de costos y el incremento de la eficiencia en los procesos. Actualmente se pueden utilizar tecnologías de control como telemetría y automatización, demótica, e-learning, aprovechando los beneficios de estos sistemas de telecomunicación alámbricas o inalámbricas para realizar dichas tareas. De este modo, se proporcionan herramientas, el cual por medio de un software (al cual se puede tener acceso ya sea desde un equipo de cómputo o desde cualquier otro lugar donde se cuente con Internet) y otros aparatos, se monitorea el funcionamiento de las instalaciones, de allí surge la necesidad de la formalización de las arquitecturas y metodologías de control para la ejecución óptima de procesos usando estos medios.

Dichas investigaciones son de carácter reservado hoy en día, y solo pocas personas tienen acceso dichas capacidades técnicas o protocolos de funcionamiento a través de estos medios, es por esto que surge la necesidad de la generación de un conocimiento en función de presentar arquitecturas, algoritmos y propuestas en pro del desarrollo de estas áreas de manera formal y pública

El artículo está estructurado de la siguiente manera: en la sección II se presenta el desarrollo de la investigación, a partir de las teorías asociadas. En la sección III se presentan la propuesta del modelo, fases del experimento y discusión del funcionamiento, en la sección IV se presentan las conclusiones y en la sección V las Referencias Bibliográficas

## II. DESARROLLO

Del mismo modo que los requerimientos en la industria nuclear condujeron al desarrollo de los sistemas de Control Networking o también llamado teleoperación, las necesidades de la industria espacial han potenciado el estudio de la

problemática de los retardos los sistemas NCS. Luego de mucho investigar los fabricantes se orientaron a organizar la planificación del medio de red y se decidió que es el principal objetivo a resolver, dado que al balancear la carga de los datos que se transmite, se mantiene el desempeño de control en un nivel deseado. Los controladores se implementan a menudo como tareas en un núcleo en tiempo real y luego pueden comunicarse con otros los nodos en una red [8]. Por consiguiente, las limitaciones del sistema de destino; por ejemplo; la velocidad de la CPU y ancho de banda de la red, se deben tener en cuenta durante el diseño del sistema.

Los sistemas de control son cada vez más complejos desde la perspectiva tanto de control, de hardware como de software. Incluso sistemas aparentemente simples de control embebido a menudo contienen un núcleo multitarea en tiempo real y redes de apoyo para conexión, generando en sí problemas de manejo de recursos, problemas de identificación de conexión, estabilidad en el sistema, así como su robustez, tiempo muerto de respuesta del sistema y de tareas sin ejecución, caducidad de procesos, entre otros.

Estas fallas generan deficiencia en el producto de estos procesos, o mala calidad del mismo, poca eficiencia en el control remoto de procesos, tiempos de espera demasiado altos para ciertos procesos, necesidad de presencia en planta (o en sitio de trabajo) de personal aumentando así el riesgo de los mismos e incrementando el costo por uso de personal extra en planta, al mismo tiempo, el mercado exige que el costo del sistema se mantenga en mínimo, debido a la competitividad entre fabricantes, las exigencias de consumo de energía y tratados sobre desarrollo local y economía endógena, generando esto ambigüedades al tener que reducir costos, pero necesitando mayor cantidad de periféricos para controlar eficientemente los procesos.

Al mismo tiempo surge la necesidad de medición de parámetros de red, tales como la tasa de transmisión, los retrasos pre y post-procesamiento y la probabilidad de pérdida de datos comunes en los medios de comunicación para sistemas de control

en tiempo real, estos según con[9] son posibles de medir, además de conectar dos controladores de desbordamiento para cada tarea.

Para un uso óptimo de los recursos informáticos/hardware/control de procesos y de control electrónicos, el algoritmo de control, los diseños de software de control, localidad de respuesta así como su estadística y error deben ser considerados al mismo tiempo [10]. Por esta razón; son necesarias nuevas herramientas informáticas, electrónicas, de modelado y simulación previa para tiempo real y el control de co-diseño son necesarios.

Para esto se propone, rutinas para la simulación de sistemas distribuidos de control en tiempo real, para hacer posible simular el comportamiento puntual de tiempo real de núcleos ejecutores de tareas del controlador.

Esto también hace posible simular modelos sencillos de protocolos de red y su influencia en los bucles de control en red. El diseño consistiría en un núcleo y bloques de red, ambos funciones tipo S escritas en C++. Y funciones simples de un software matemático para así unir de manera continua y sencilla con bloques de algún software de programación el bloques para formar un sistema de control en tiempo real, aunque el mismo tiempo de ejecución simulada del código podría ser modelado como constante, aleatoria o incluso dependiente de los datos (debido a la relación de ancho de banda y comunicación). Muchos sistemas controlados por ordenadores son sistemas distribuidos que consisten de nodos de computación y una red de comunicaciones que conecta los distintos sistemas.

Si bien la técnica de bloques de función ha llamado mucho la atención por parte de la academia y la industria, los métodos sistemáticos de diseño para bloques de función basados en Sistemas de Control de Red NCS (Network Control Systems) siguen faltando de manera masiva.

### A. Metodología

Para el desarrollo de la clasificación y estimación del mejor algoritmo según el protocolo o diseño

determinado se utilizaran diferentes técnicas

#### 1) Técnicas de Demostración Matemática Prueba por contradicción

Es la forma más fácil de refutar un teorema o enunciado, es mediante un contra-ejemplo. Desafortunadamente, no importa el número de ejemplos que soporte un teorema, esto no es suficiente para probar que es correcto. Para probar un teorema por contradicción, primero suponemos que el teorema es falso. Luego encontramos una contradicción lógica que surja de esta suposición. Si la lógica usada para encontrar la contradicción es correcta, entonces la única forma de resolver la contradicción es suponer que la suposición hecha fue incorrecta, esto es, concluir que el teorema debe ser verdad. [11]

#### 2) Prueba por inducción matemática

La inducción matemática es como recursión y es aplicable a una variedad de problemas.

La inducción proporciona una forma útil de pensar en diseño de algoritmos, ya que lo estimula a pensar en resolver un problema, construyendo a partir de pequeños subproblemas.

Sea T un teorema a probar, y expresemos T en términos de un parámetro entero positivo n. La inducción matemática expresa que T es verdad para cualquier valor de n, si las siguientes condiciones se cumplen:

1. Caso base. T es verdad para  $n = 1$
2. Paso inductivo. Si T es verdad para  $n-1$ ,  $\Rightarrow$  T es verdad para n. [11]

#### 3) Estimación

Consiste en hacer estimaciones rápidas para resolver un problema. Puede formalizarse en tres pasos:

1. Determine los parámetros principales que afectan el problema.
2. Derive una ecuación que relacione los parámetros al problema.

3. Seleccione valores para los parámetros, y aplique la ecuación para obtener una solución estimada. [11]

#### 4) *Análisis A Priori y Prueba A Posteriori*

El análisis de la eficiencia de los algoritmos (memoria y tiempo de ejecución) consta de dos fases: Análisis A Priori y Prueba A Posteriori.

El Análisis A Priori (o teórico) entrega una función que limita el tiempo de cálculo de un algoritmo. Consiste en obtener una expresión que indique el comportamiento del algoritmo en función de los parámetros que influyan. Esto es interesante porque:

1. La predicción del costo del algoritmo puede evitar una implementación posiblemente laboriosa.
2. Es aplicable en la etapa de diseño de los algoritmos, constituyendo uno de los factores fundamentales a tener en cuenta.

En la Prueba A Posteriori (experimental o empírica) se recogen estadísticas de tiempo y espacio consumidas por el algoritmo mientras se ejecuta. La estrategia empírica consiste en programar los algoritmos y ejecutarlos en un computador sobre algunos ejemplares de prueba, haciendo medidas para:

1. Una máquina concreta,
2. Un lenguaje concreto,
3. Un compilador concreto
4. Datos concretos

La estrategia teórica tiene como ventajas que no depende del computador ni del lenguaje de programación, ni siquiera de la habilidad del programador.

Permite evitar el esfuerzo inútil de programar algoritmos ineficientes y de desperdiciar tiempo de máquina para ejecutarlos. También permite conocer la eficiencia de un algoritmo cualquiera que sea el tamaño del ejemplar al que se aplique.

#### 5) *Concepto de Instancia*

Un problema computacional consiste en una caracterización de un conjunto de datos de entrada, junto con la especificación de la salida deseada en base a cada entrada. Un problema computacional tiene una o más instancias, que son valores particulares para los datos de entrada, sobre los cuales se puede ejecutar el algoritmo para resolver el problema.

#### 6) *Diseño y Procedimiento Analítico*

El diseño de esta investigación se fundamenta en la “Grounded Theory” o teoría fundamentada la cual surge en 1967, y fue propuesta por Barney Glaser y Anselm Strauss [12]. El diseño es sistemático resaltando el empleo de ciertos pasos del análisis de datos,[12]

Además sin dejar atrás el concepto de transdisciplinariedad orientado al pensamiento complejo y a la clase de cambios que tenemos que hacer a nuestras “estructuras mentales” para alejarnos de la visión reduccionista del mundo [13]

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la presentación de una propuesta óptima de algoritmos de control es necesario estudiar los sistemas de control basados en sistemas de comunicaciones con retraso específicamente los Sistemas a través del protocolo TCP/IP[14].

#### A. *Fase 1:*

Se centraría en la reconstrucción de la dinámica no lineal de sistemas con retraso usando un embedding especial. Este embedding especial incluye no solo los tiempos cercanos sino también los tiempos centrados alrededor del retraso del sistema. Dado que conocer y/o compensar el tiempo de retraso es esencial para la construcción de sistemas de control eficaces, estos sistemas que son tan útiles en procesos SCADAS y en procesamiento de enseñanza virtual entre otros[15], en la tesis también se analizaría la identificación del tiempo

de retraso a partir de la serie temporal. Usando redes neuronales modulares y lógica fuzzy para compensar el retardo se construirían modelos que reconstruyen la dinámica no lineal de los sistemas con retraso a partir de la serie temporal, además del estudio de la linealización para el posible uso de observadores.

#### *B. Fase 2:*

Se usarían los modelos previos para estudiar la vulnerabilidad de los sistemas de control basados en sistemas con retraso y para estudiar la compensación y la predictibilidad de estos sistemas. Este estudio se enmarcaría dentro de entornos Peer-to-Peer (P2P) totalmente descentralizados (también denominados puros por [16] se definiría y analizaría un esquema para la distribución segura de sistemas compartidos, sin dejar atrás el uso en redes públicas. En bloque se consideraría sólo aproximaciones de tiempo continuo de flujo debido a su simplicidad de la representación como sistemas dinámicos. No se insiste en la manera de obtener dichos modelos o sobre su interés explícito para el análisis de control de congestión, pero se señala los debates propuestos para algunas conexiones entre las representaciones Flujo Continuo y tiempo discreto [17].

#### *C. Fase 3:*

Otros problemas filosóficos relativos a las interacciones entre las redes y de la teoría de control de realimentación se tendrán en cuenta, en particular, el análisis de algunos algoritmos de control de congestión. Para el mejor de control de congestión, se revisara el conocimiento previo de este tipo de redes de alto rendimiento que fue introducido por Van Jacobson a finales de la década de 1980, y cuya investigación abrió pie para muchos sistemas SCADAS y sistemas de control remoto que son de uso propietario. En concreto, vamos a analizar la estabilidad asintótica de distintos modelos. La investigación se centraría en inestabilidades inducidas, es decir, la forma en que se afecta la estabilidad por la presencia cierto tipo de retardos[18]. Se revisarán los sistemas de segundo orden lineal y no lineal que describe la

dinámica de una única conexión entre una fuente (controlado por un regulador de acceso) y un nodo distante con una capacidad de transmisión constante (P2P) y variada (red pública). Observando la realimentación y el retardo intrínseco en las redes TCP/IP[19].

#### *D. Fase 4:*

Se propondrían mecanismos para explicar las variaciones observadas experimentalmente en el sistema, además de un sistema de control caracterizado por un cambio lento o retrasado de la resistencia, y modelos de autorregulación. Se Presentarían los modelos utilizados para el estudio de la interacción continua del sistema El estudio de este controlador dinámico y optimizado de una planta no lineal es interesante desde perspectivas tanto de Redes como de ingeniería de control, este último debido a las aplicaciones de estas técnicas para el nuevo diseño del sistema de control, siendo opciones, Redes Neuronales y Lógica Fuzzy. Podría ser necesario el uso de técnicas de redes neuronales y su aplicación en el modelado de sistemas de control, como de procesamiento distribuido y adaptativo, en este caso se realizarían Modelos y Simulaciones podría ser a través de herramientas de Flujo de estado.

#### *E. Fase 5:*

Se haría la descripción por conjuntos de ecuaciones diferenciales ordinarias, algoritmos de aprendizaje y lógica difusa, los cuales podrían trabajar a partir de los modelos híbridos que combinan técnicas de análisis de controlador, de allí se clasificarían y se estimaría la efectividad de los algoritmos de control en líneas TCP/IP y compensación de retardos intrínsecos asociados al control a través de internet, resultando en una tabla de clasificación según la aplicación

## **IV. CONCLUSIONES**

1. Debido a la competitividad entre fabricantes, las exigencias de consumo de energía, generan ambigüedades al tener que reducir costos,

necesitando mayor cantidad de periféricos para control eficiente de los procesos.

2. Para un uso óptimo de los recursos de control, es necesario el algoritmo adecuado, deben ser considerados al mismo tiempo el diseño de software de control, la calidad de respuesta así como su error, por esta razón; son necesarias nuevas herramientas de modelado y simulación previa para tiempo real y el control.

3. Desde una óptica diferente, surgiendo aquí la propuesta de la transdisciplinariedad orientado al pensamiento complejo y a la clase de cambios que tenemos que hacer a nuestras estructuras mentales para alejarnos de la visión reduccionista del mundo que este caso se orienta a la comercial y al consumismo y generación de estructuras tecnológicas dependientes de los fabricantes.

4. Para esto se propone, estimar la efectividad de los algoritmos control en tiempo real adecuados para cada aplicación, a través de un núcleo y bloques de red con funciones simples para formar un sistema de control en tiempo real, posibilitando simular el comportamiento puntual en tiempo real de núcleos ejecutores de tareas, simular modelos de protocolos de red y su eficiencia en control en red.

## V. REFERENCIAS

1. Jean I. Garcia, M. Mark Colavita, and Andrew J. Booth, "Real-time control system for the Keck Interferometer Nuller: methods and maintenance," Jet Propulsion Laboratory. Pasadena, CA, pp. 27-36, 2006.

2. NASA. (2008, Nov.) <http://www.nasa.gov>. [Online]. [http://www.nasa.gov/home/hqnews/2008/nov/HQ\\_08-298\\_Deep\\_space\\_internet\\_prt.htm](http://www.nasa.gov/home/hqnews/2008/nov/HQ_08-298_Deep_space_internet_prt.htm)

3. Matthew Bennett, Daniel Dvorak, Joseph Hutcherson, Michel Ingham, Robert Rasmussen, David Wagner, "An Architectural Pattern for Goal-Based Control," California Institute of Technology, pp. 1-18, 2008.

4. M. Ingham, "Engineering Complex Embedded Systems with State Analysis and the Mission Data System," AIAA Journal of Aerospace Computing, Information and Communication, vol. 2, no. 12, pp. 507-536, 2005.

5. 1. David A. Wagner, Daniel L. Dvorak, Lynn E. Baroff, Matthew B. Bennett, Michel D. Ingham, David S. Mittman, Andrew H. Mishkin, "A Control Architecture for Safe Human-Robotic Interactions During Lunar Surface Operations," American Institute of Aeronautics and Astronautics, pp. 10-22, 2009.

6. T. B. Sheridan, "Space Teleoperation through Time Delay: Review and Prognosis," IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 9, no. 5, pp. 592 – 606., 1996.

7. W. R. Ferrell, "Delayed Force Feedback," IEEE Transactions on Human, pp. 449 – 455, 1986.

8. A. Bemporad, "Predictive Control of Teleoperated Constrained Systems with Unbounded Communication Delays," in 47th IEEE Conference on Decision and Control, EEUU, 2008, pp. 2133 – 2138.

9. G. Bollella, B. Brosgol, P. Dibble, S. Furr, J. Gosling, D. Hardin, and M. Turnbull, The Real-Time Specification for Java. New York: Mc Graw Hill, 2000.

10. C. E. García, R. Carelli, J. F. Postigo and B. Morales, "Time Delay Compensation Control Structure for a Robotic Teleoperation System," in 4th IFAC International Symposium on Intelligent Components and Instruments for Control, 2000.

11. Víctor Valenzuela Ruz. (2010, Oct.) <http://colabora.inacap.cl>. [Online]. [http://colabora.inacap.cl/sedes/ssur/Asignatura%20Introduccion%20a%20la%20Programacn/An%C3%A1lisis%20de%20Algoritmo/Manual-Análisis%20de%20Algoritmos\\_v1.pdf](http://colabora.inacap.cl/sedes/ssur/Asignatura%20Introduccion%20a%20la%20Programacn/An%C3%A1lisis%20de%20Algoritmo/Manual-Análisis%20de%20Algoritmos_v1.pdf)

12. Anselm L. Strauss Barney G. Glaser, The Discovery of Grounded Theory: Strategies for

- Qualitative Research Observations (Chicago, Ill.), reprint ed., Transaction, Ed. Chicago, EEUU: Transaction Publishers, 2009.
- 13.** EDGAR AUTOR MORIN, Introducción Al Pensamiento Complejo, 2nd ed., Marcelo Packman, Ed.: Gedisa, Editorial, S.A., 1994.
- 14.** Y. Tipsuwan and M.-Y. Chow, Control methodologies in networked control systems, 10th ed.: Contr. Eng. Practice, 2010, vol. 11.
- 15.** Crowcroft, Jon and Phillips, Iain, TCP/IP and Linux protocol implementation: systems code for the Linux Internet. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- 16.** B. A. Francis, A Course in  $H^\infty$  Control Theory. New YORK: Springer-Verlag, 2007.
- 17.** G. F. Franklin, J. D. Powell, and M. L. Workman, Digital Control of Dynamic Systems. MA: Addison-Wesley, 2008.
- 18.** J. K. Yook, D. M. Tilbury, and N. R. Soparkar, "Trading computation for bandwidth: Reducing communication in distributed control systems using state estimators," IEEE Trans. Contr. Syst. Technol, pp. 503-518, 2002.
- 19.** Lujo Bauer , Yuan Liang , Michael K. Reiter , Chad Spensky, "Discovering access-control misconfigurations: new approaches and evaluation methodologies," Proceedings of the second ACM conference on Data and Application Security and Privacy, 2012.
- 20.** Jet Propulsion Laboratory. (2010, Oct.) mds. jpl.nasa.go. [Online]. <http://mds.jpl.nasa.gov/public/arch/>