

de otra. A nadie se le ocurrió que el requerimiento de seguridad iba a ser crítico y los problemas se trataron de resolver con parches. Ahora los diseñadores y desarrolladores, tanto de programas y aplicaciones como de dispositivos electrónicos, son más conscientes de la situación y el problema de seguridad se está empezando a abordar de manera integral en todos los componentes. Pero todavía aparecen aplicaciones con vulnerabilidades y aparatos cuyo protocolo de comunicación es seguro, pero el usuario no entiende, por ejemplo, que hay cierta información que no debe revelar o programas que no debe

instalar porque puede olvidar algo, pues la actividad es manual.

Además es posible que los desarrolladores introduzcan, sin intención, errores en el código de una aplicación o en sus protocolos, y aún no contamos con tecnología adecuada para evaluar de manera automatizada estos procesos. En este escenario, las acciones son muy limitadas, a pesar de que hay listas de chequeo, algunas herramientas de evaluación y pruebas exhaustivas de software. El problema es que un desarrollador puede olvidar algo. Este olvido puede ocurrir cuando la actividad es manual.



Sandra Rueda, profesora asistente del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación.

“Estos aparatos, como las ciudades inteligentes, están empezando a almacenar mucha información de los usuarios: a qué horas llega, a qué hora se va, qué elementos usa. Así que una de las preocupaciones es la privacidad de las personas”.

Para resolver este tipo de problemas se trabaja en técnicas de evaluación automática para que, en lo posible, se detecten los problemas y se puedan corregir a tiempo. También se están mejorando las técnicas de detección dinámica para incorporar mecanismos de reacción a sucesos desconocidos. ■

Cuando las máquinas deciden

La Facultad de Ingeniería de Los Andes organizó la Conferencia Colombiana de Comunicaciones y Computación (Colcom) en junio pasado, sobre el internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) como habilitador de nuevos mercados de las TIC. El evento es el más importante del capítulo colombiano de la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y se realiza para mostrar “los avances y el desarrollo del uso académico, científico e industrial de las diferentes áreas de las telecomunicaciones y la informática”.

Dispositivos colocados en el interior del cuerpo que detectan las necesidades del organismo y suministran los medicamentos al enfermo; automóviles que se comunican entre sí para informar de hechos fortuitos y evitar accidentes; nanorrobots que determinan los cambios en las condiciones de los ríos y alertan a las autoridades para tomar decisiones sobre suministro de agua a una población. Estas y, al parecer, cualquiera de las opciones que se le ocurran a la imaginación, son las posibilidades que se avecinan con el internet de las cosas, IoT.

La evolución natural de la web condujo hasta el IoT, un fenómeno que cambiará radicalmente la vida cotidiana de las personas. Sus antecedentes pueden encontrarse en la *smart grid*, diseñada para mejorar el esquema de distribución eléctrica, y en los conceptos de *smart buildings* y *smart cities*, que han posibilitado el estado actual de esta tecnología.

Sin embargo, los ingenieros deben trabajar en maximizar la seguridad y en minimizar el consumo de energía para evitar los

problemas que solo parecían posibles en la ciencia ficción. De esta forma, las perspectivas del IoT no tendrán límites.

Revista Foros ISIS habló de estos temas y de su trabajo con los profesores Tommaso Melodia, del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Buffalo (Estados Unidos), y Kishor Trivedi, titular de la Cátedra de Hudson del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación de la Universidad de Duke (Estados Unidos), invitados a Colcom 2014.

Para Tommaso Melodia este tema trae una cantidad ilimitada de oportunidades, pero no le gusta llamarlo “internet de las cosas” porque no describe de manera suficiente la capacidad que tiene esta tecnología. Prefiere referirse a sistemas inteligentes, ciudades inteligentes y dispositivos inteligentes que se están conectando a la red. Desde hace un tiempo se investiga en los laboratorios la comunicación entre el mundo físico y la parte ciber.

Él, particularmente, trabaja en el desarrollo de dispositivos inalámbricos para que, colocados en el interior del cuerpo, se relacionen entre sí. “Estamos comenzando, pero las posibilidades que se vislumbran son grandes, pues incluso con ellos se podría curar enfermedades. Me refiero, por ejemplo, a problemas del corazón, arritmias controladas con marcapasos inteligentes inalámbricos que toman ciertas decisiones sobre un problema de salud”. El profesor Melodia mencionó más ejemplos como nanorrobots para detectar cáncer, otros recursos utilizados bajo el agua que ayudarían a entender fenómenos como el cambio climático, vigilar su potabilidad o generar alertas tempranas más eficaces que las actuales en caso de tsunamis. Y contó de un colega suyo que

trabaja en un sistema que detecta las condiciones del suelo con sensores que envían información a un sistema de control para que tomen decisiones de irrigación.



Tommaso Melodia, del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Buffalo (Estados Unidos).

Para lograr estos avances tecnológicos, el profesor Melodia dijo que se necesitarán software y dispositivos más avanzados. Algunos tendrían que ser más pequeños y otros más eficientes en el consumo de energía, incluso con gastos mínimos de batería para alargar su capacidad de reserva y tiempo de vida. También habrá que trabajar en el manejo de sistemas distribuidos y en el desarrollo de otras áreas.

Un mundo manejado por esta tecnología propiciará grandes oportunidades laborales para jóvenes ingenieros con las habilidades necesarias. Y aunque es difícil convencerlos de estudiar esta disciplina, el internet de las cosas podría ser un buen gancho para atraerlos. Por ejemplo

para los dispositivos que se comunican en forma inalámbrica en el cuerpo se necesitan profesionales que sepan de hardware, de propagación, de sistemas, que sean buenos programadores y que creen sistemas seguros. “En particular, nosotros como ingenieros estamos acostumbrados a descomponer pero en algunos de esos sistemas no es posible y hay que ver todo como un solo elemento. Hay que educar ingenieros que tengan un conocimiento amplio y profundo y eso no es fácil de conseguir”, señaló.

Datacenter y smart grid, punto de partida

Para el doctor Kishor Trivedi, día a día la palabra *cyberinfraestructura* cobra más fuerza, ya que para el internet de las cosas se necesita una conexión de la parte física más la parte de control y de programación. Él diseña modelos matemáticos orientados a representar desempeño, disponibilidad y potencia de los centros de datos, que son un punto de partida para caracterizar el IoT, pues tienen algunos elementos similares aunque menos grandes y menos complejos. Los que sí se parecen en dimensión son los modelos del *smart grid* en las redes eléctricas, ya que recogen información de consumo en los puntos finales.

Diseño, escalabilidad y potencia son aspectos que se podrían compartir de los *datacenter*, mientras que los elementos ciber y los físicos serían adicionales. “La única manera de manejar esa complejidad es modelar cada componente y las interacciones entre sí para luego crear abstracciones que permitan algún tipo de resultado. En IoT los valores serán continuos, con más variables y con subdivisiones como 1, 1.1, 1.1.1. Esto pueden hacer del diseño del sistema algo más complicado, pero más interesante y retador”.

Si se aplican modelos matemáticos parecidos a los del *smart grid* será factible tomar decisiones sobre cómo hacer la distribución. “Tengo colegas que ya están empleándolos para representar su comportamiento. Por un lado, utilizan las ecuaciones para lo eléctrico y para voltaje y, por otro, para los componentes de control”.

“ Los ingenieros deben trabajar en maximizar la seguridad y en minimizar el consumo de energía para evitar los problemas que solo parecían posibles en la ciencia ficción”.

¿Se necesita una mayor infraestructura para procesar lo que tendremos con IoT?

Muchas personas creen que el consumo de energía es el factor clave en su diseño. Hay quienes hacen chistes diciendo que deberían poner cocinas al lado de los centros de datos por el rango de consumo. La tasa de transmisión de datos puede ser mayor que la actual pero gran parte del procesamiento se hará en redes locales. Y solo ciertas cosas necesitarían la articulación de información de diversos lugares. Por ello, en algunos casos se tomarán decisiones locales, pero en ese tipo de sistema también habrá varios puntos distribuidos.



Kishor Trivedi, titular de la Cátedra de Hudson del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación de la Universidad de Duke (Estados Unidos).

¿Es posible introducir algún tipo de modelo para minimizar el consumo de potencia pero manteniendo su desempeño?

Sí. Pero es importante que los ingenieros y las personas de otras disciplinas apliquen las matemáticas, la estadística y la probabilidad como un tipo de pensamiento más formal en el diseño, pues permite resolver problemas sin la fuerza bruta o a punta de ensayo error. Y si bien no es 'ciencia de cohetes', pensar ciertas partes del sistema de forma lógica, matemática, puede reducir la cantidad de problemas posibles y encontrar la solución para minimizar el consumo de energía. Ya hay gente trabajando en ello. ■

Colombia, terreno para **explorar** en **internet** de las cosas



En uno de los paneles de Colcom 2014 se insistió en que para preparar profesionales que trabajen en el internet de las cosas, las bases de formación deben fortalecerse en el pregrado.

Una enseñanza sólida de las bases de la Ingeniería y la formación de personas de otras profesiones para un trabajo interdisciplinario posibilitarán el desarrollo del internet de las cosas (IoT) en el país. Hugo Sin del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones (MinTIC), anunció el lanzamiento de Centros de Excelencia y Apropriación con una inversión de 3,5 millones de dólares.

Para trabajar en esta tecnología es importante ser innovadores, característica que debe estimularse en la familia y no cercenarse en la universidad.

Así lo afirmaron los invitados a este panel de Colcom 2014, Kishor Trivedi, de la Universidad de Duke; Tommaso Melodia, de la Universidad de Buffalo; Hugo Sin, de MinTIC; Martha Suárez, de la Agencia Nacional del Espectro; Sandra Rueda, de Ingeniería de Sistemas y Computación y Roberto Bustamante, de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, los dos de Uniandes. Ellos respondieron las preguntas del profesor Francisco Rueda y del público.

¿Cuáles son los retos en internet de las cosas?

Tommaso Melodia

No sabemos cómo diseñar sistemas de control de circuito cerrado distribuidos de forma eficiente y adecuada (son sistemas de sensores que monitorean una salida y se la envían a un controlador para que tome la decisión). Tampoco cómo cerrar