

VIII

CONGRESO
NACIONAL DE
TECNOLOGÍA
APLICADA A
CIENCIAS DE
LA SALUD15-17
JUNIO, 2017"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS
DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL
Monterrey, Nuevo León

ARQUITECTURA DE RED PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE UN BIOSENSOR NANOFOTÓNICO PARA LA DETECCIÓN DE SUSTANCIAS BIOQUÍMICAS

GABRIEL ALEJANDRO GALAVIZ MOSQUEDA^a, RICARDO TÉLLEZ LIMÓN^a, RUBÉN LÓPEZ
VILLEGAS^a, VÍCTOR MANUEL COELLO CÁRDENAS^a, SALVADOR VILLARREAL REYES^b,
SERGIO VILLARREAL REYES^c

^aCentro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada, B.C, Unidad Monterrey,
Nuevo León. agalaviz@cicese.mx, rtellez@cicese.mx, rlopez@cicese.mx, vcoello@cicese.mx.

^bCentro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada, B.C svillar@cicese.mx.

^cIntituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. A00795507@itesm.mx.

RESUMEN

En años recientes ha comenzado a tomar madurez el concepto del internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés), el cual busca que los objetos de uso cotidiano (p.ej., celulares, electrodomésticos, sistemas de iluminación) intercambien información con personas u otros objetos de manera transparente para el usuario. El área de salud no escapa a esta visión. El uso de dispositivos médicos para recolectar información relacionada con la salud de los pacientes y su almacenamiento en servidores conectados a internet (m-IoT por sus siglas en inglés) ha sido identificada como un área de investigación clave para mejorar el desempeño de los servicios de salud. Esto lleva a enfrentar dos retos principales: 1) el desarrollo de nuevos protocolos de comunicación para la transmisión eficiente de los datos y 2) el diseño de dispositivos versátiles para la predicción y monitoreo de afecciones en la salud. En este marco, se propone una arquitectura de red para la recolección de información de un biosensor nanofotónico integrado para la detección de sustancias bioquímicas. Se describirán los componentes de la arquitectura de red para el envío y almacenamiento de la información recolectada, así como la arquitectura y principios de operación del biosensor nanofotónico. De manera adicional, a través de esta presentación, se busca establecer redes de colaboración con grupos de investigación mexicanos afines a nuestras áreas de investigación.

1. INTRODUCCIÓN

El paradigma de IoT ha tomado gran importancia en años recientes. A través de IoT se busca que objetos de uso cotidiano (p.ej. electrodomésticos, sensores biomédicos) compartan el resultado de la interacción con su entorno con otros objetos. De esta forma, es posible habilitar aplicaciones como monitoreo remota de salud[1], agricultura de precisión[2], y ciudades inteligentes[3]. Una de las aplicaciones más relevantes es la del envío de información relacionada con la salud de las personas conocida como el internet de las cosas medicas[4], o m-IoT. Dicha información es generada por sensores que recolectan señales biomecánicas, fisiológicas o de sustancias bioquímicas presentes en el ser humano.

La información recolectada por los sensores y enviada a través de aplicaciones de m-IoT puede ser utilizada para construir bases de datos con información que permita, a través de herramientas como la minería de datos, detectar patrones específicos. Esto puede ayudar a establecer estrategias más efectivas para identificar y abordar los problemas de salud más importantes. Para hacer posible lo anterior, es necesaria una arquitectura de comunicación que tome en cuenta dos aspectos que son de especial importancia: 1) el desarrollo de nuevos biosensores de bajo costo de fabricación y que sean compatibles con sistemas ópticos comerciales; y 2) nuevos protocolos de comunicación que permitan el envío constante de la información, a través de redes heterogéneas, generada hacia una

VIII

CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17
JUNIO, 2017

“GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO”

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL
Monterrey, Nuevo León



base de datos. En el presente trabajo se propone una arquitectura de comunicación para la recolección de datos provenientes de un sensor nanofotónico integrado para la detección in-vitro de sustancias bioquímicas.

El trabajo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se detalla la arquitectura y los principios de operación de un biosensor nanofotónico. En la sección 3, se presentan los bloques de la arquitectura propuesta para la recolección y envío del espectro de transmisión del biosensor nanofotónico integrado. Finalmente, la sección 4 presenta las conclusiones del trabajo.

2. BIOSENSOR NANOFOTÓNICO INTEGRADO

Desde el desarrollo de las primeras lentes y microscopios, la óptica es una ciencia que ha estado íntimamente ligada al desarrollo de dispositivos para la caracterización y detección de agentes bioquímicos, cuyas aplicaciones en el área de la salud han permitido un desarrollo sustentable de la humanidad. Con el desarrollo de nanotecnología y la nanofotónica, en años recientes han sido diseñados y estudiados diversos mecanismos de transducción para la detección de sustancias bioquímicas, desde sistemas de monitoreo de presión de gases y temperatura, hasta marcadores fluorescentes para identificación y degradación de células cancerígenas. Uno de los objetivos finales, es incorporar diferentes componentes ópticos de análisis y detección en un solo dispositivo, es decir, diminutos circuitos ópticos integrados para aplicaciones tipo “lab-on-a-chip”.

Entre los mecanismos de transducción más utilizados en biosensores nanofotónicos integrados, se encuentran las denominadas resonancias plasmónicas. Debido a su fuerte confinamiento en nanoestructuras metálicas y su alta sensibilidad a perturbaciones del medio que las rodea, estas resonancias permiten controlar la interacción luz-materia a escalas tan reducidas que pueden ser usadas en la detección de moléculas individuales[5].

Una de las arquitecturas propuestas para la detección de sustancias bioquímicas, es la integración de nanoestructuras metálicas periódicas en la superficie de guías de onda de intercambio iónico en sustratos de vidrio. Por su carácter transparente, bajo costo de fabricación, y compatibilidad con sistemas ópticos comerciales, estos dispositivos son un fuerte candidato para ser usados en aplicaciones biológicas para medir, por ejemplo, señales de fluorescencia o espectroscopía Raman[6].

El esquema de la Figura 1a muestra el biosensor nanofotónico en cuestión, el cual consiste de un arreglo periódico de nanoalambres de oro, fabricados por litografía electrónica, sobre la superficie de una guía de onda de intercambio iónico en un sustrato de vidrio. El principio de operación del sistema de biosensado (Figura 1b) es como sigue. La luz proveniente de una fuente de amplio espectro, es acoplada mediante fibras ópticas a la guía de onda. La luz que se propaga a través de dicha guía de onda, excita las resonancias plasmónicas de los nanoalambres, y la firma espectral de las resonancias plasmónicas (Figura 1c) es colectada a la salida de la guía de onda. Al incluir un analito o sustancia de interés en la superficie de los nanoalambres, su resonancia plasmónica se ve modificada, mostrando un corrimiento en la longitud de onda (Figura 1d). Dependiendo de este corrimiento y de la amplitud de la señal, se puede inferir de manera indirecta la presencia o concentración de los agentes bioquímicos depositados en el dispositivo.

VIII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17 JUNIO, 2017

“GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO”

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL
Monterrey, Nuevo León

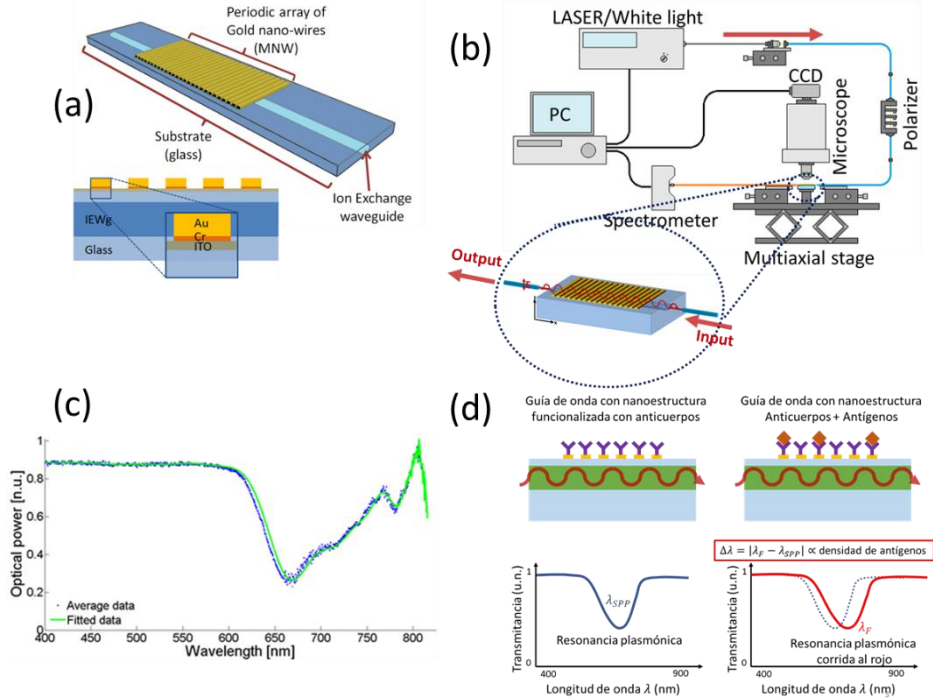


Figura 1. a) Representación esquemática del biosensor nanofotónico integrado y (b) del sistema óptico para la detección de señales bioquímicas. (c) El espectro obtenido por el espectrómetro a la salida del dispositivo, es modificado en función de la concentración de antígenos presentes en el medio (d).

Con el fin de dar un mayor alcance al uso de estos dispositivos y poder extender sus bondades, un punto de interés es el envío de los espectros de transmisión medidos (Figura 1c) hacia una base de datos para su almacenamiento y/o análisis. De esta forma, es posible generar un conjunto de datos que, al ser analizados, permitan inferir patrones del comportamiento de las variables medidas. Esto sin tener que estar presente en el lugar de captura de las muestras.

3. ARQUITECTURA PROPUESTA

En la Figura 2 se muestra la arquitectura basada en componentes de servicio, *Service Component Architecture (SCA)*, propuesta para la plataforma de almacenamiento y análisis de datos. La finalidad de la arquitectura es mostrar la interacción entre los diferentes elementos que conforman la plataforma, así como promover el desarrollo de servicios que puedan utilizar diferentes tecnologías de transmisión y recolección de datos a fin de que puedan ser empleados en diversos contextos. A continuación, se da una explicación general de los diversos componentes que conforman la arquitectura.

El componente dispositivo médico tiene un servicio proporcionado por un espectrómetro, el cual produce un espectro de transmisión que puede ser representado con aproximadamente 29 Kbits de información. El espectro de transmisión medido tiene dos rutas posibles: 1) ser procesado internamente en el sistema embebido para producir un resultado, lo que reduciría la cantidad de bits a enviar; 2) ser transmitido sin ninguna modificación hacia el siguiente componente.

VIII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17 JUNIO, 2017

“GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO”

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL
Monterrey, Nuevo León

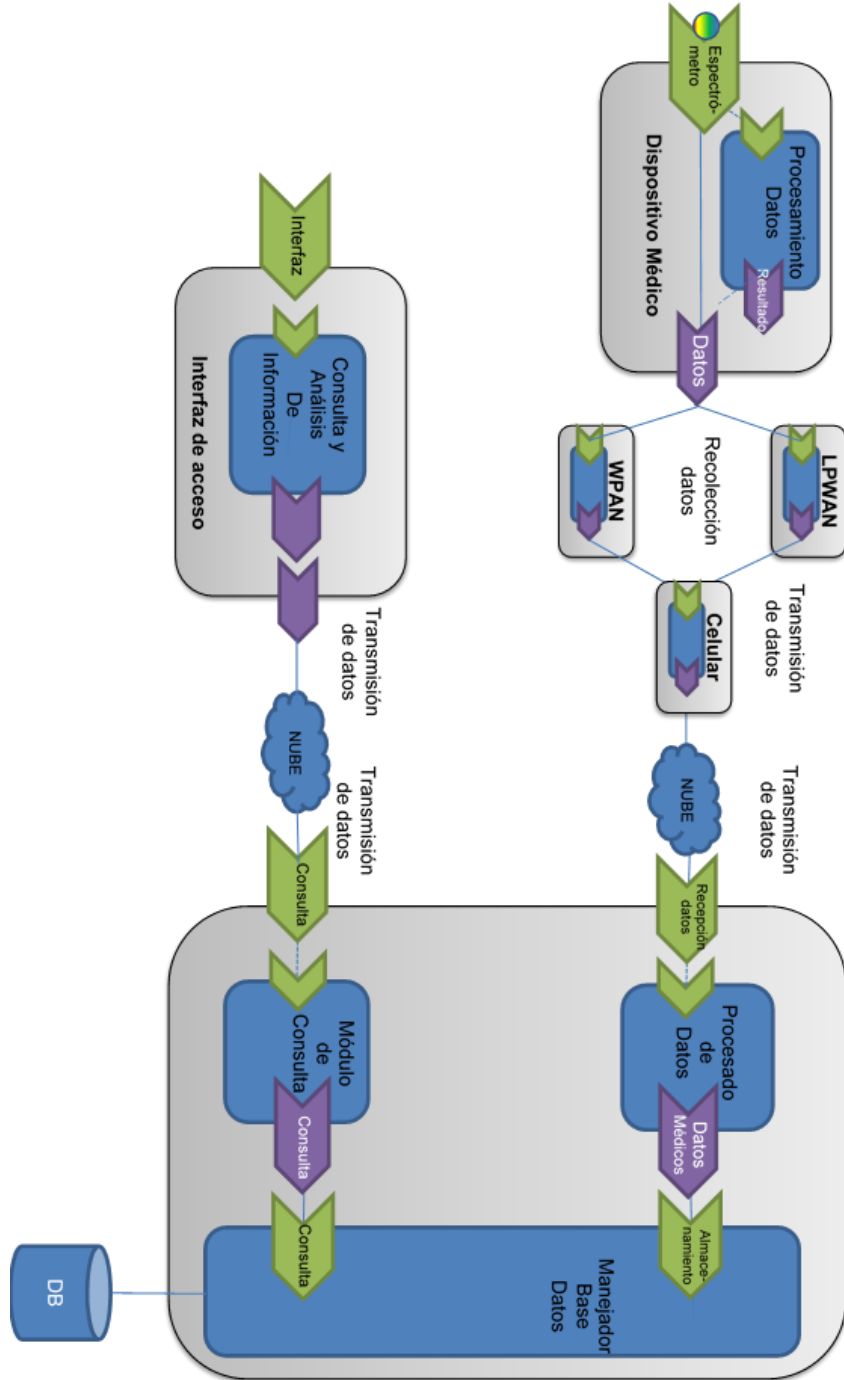


Figura 2. Arquitectura basada en componentes para la recolección y análisis de datos para el biosensor nanofotónico integrado.

VIII

CONGRESO
NACIONAL DE
TECNOLOGÍA
APLICADA A
CIENCIAS DE
LA SALUD15-17
JUNIO, 2017"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS
DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL
Monterrey, Nuevo León

La información generada, ya sea una serie de resultados o el espectro de transmisión, es recolectada mediante dos posibles componentes que utilizan diferentes tecnologías de comunicación: red de área personal, *Wireless Personal Area Network (WPAN)*; red de área amplia y baja potencia, *Low-Power Wide-Area Network (LPWAN)*. Las WPAN generalmente se basan en el estándar IEEE 802.15.x (p.ej. Bluetooth) que permite la conexión de dispositivos dentro de un área de cobertura típicamente reducida. Por lo que para este componente es requerido que el dispositivo con un modem celular esté a corto alcance del espectrómetro. Por otro lado, las LPWAN están teniendo gran auge en aplicaciones de IoT al permitir interconexiones entre dispositivos de bajo costo, poca potencia y bajos requerimientos de anchos de banda. Algunos ejemplos de LPWAN son SIGFOX y LoRa. Una ventaja importante de las LPWAN es que permiten la interconexión de dispositivos a decenas de kilómetros de distancia[7], lo que da una mayor flexibilidad para desplegar una red con menor costo de operación. Esto es debido a que no sería necesario que cada dispositivo de medición tuviera un modem celular. Independientemente de la tecnología utilizada para la recolección de datos, la información es transmitida hacia la plataforma en línea por medio de la red celular utilizando alguna de las tecnologías disponibles, por ejemplo, 3G o 4G.

El **servicio recepción de datos** en la plataforma en línea recibe la información enviada remotamente por el espectrómetro vía Internet. La información recibida es procesada en el componente **Procesado de Datos**, el cual se encarga además de darle el formato adecuado para su posterior almacenamiento. Después, la información es enviada al **Manejador de la base de datos** para ser almacenada en los registros correspondientes.

Cuando se desea consultar información de la base de datos, ya sea para realizar un diagnóstico o hacer una interpretación de resultados, hace uso del servicio **Consulta y Análisis de Información** por medio de la interfaz médica. El componente de Consulta y Análisis de Información es el encargado de realizar varias tareas, dependiendo de la solicitud: envía la solicitud de consulta hacia la plataforma en línea y trae de regreso la información solicitada; debe aplicar diferentes heurísticas a los datos consultados para la detección de patrones (utilizando algoritmos de minería de datos); envía la solicitud de actualización de información hacia la plataforma en línea; muestra gráficamente los datos solicitados. Por su parte, cuando la plataforma recibe una consulta por medio del servicio **consulta**, los componentes **Consulta y manejador de la base de datos** se encargan de procesar todas las peticiones realizadas.

4. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En este trabajo presentamos una arquitectura para la recolección y transmisión del espectro de transmisión generado por un biosensor nanofotónico integrado. A través de la caracterización de dicho espectro de transmisión, es posible identificar la presencia y/o concentración de ciertas sustancias bioquímicas.

En el contexto de IoT, la arquitectura propuesta puede ser habilitada para habilitar aplicaciones como un laboratorio médico rural, campañas extendidas de monitorización de la calidad del agua. Para lograr habilitar este tipo de aplicaciones, nuestro grupo de trabajo está abordando retos importantes como protocolos de comunicación para la transmisión, a través de redes heterogéneas, de la señal generada por el biosensor; evaluación de nuevas tecnologías de área amplia con bajo consumo de energía; diseño, implementación y evaluación de sistemas embebidos para la transmisión de señales generadas por biosensores entre otros.



CCADET
CENTRO DE INVESTIGACIONES
EN OPTICA, A.C.



VIII

CONGRESO
NACIONAL DE
TECNOLOGÍA
APLICADA A
CIENCIAS DE
LA SALUD

15-17
JUNIO, 2017

“GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS
DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO”

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL
Monterrey, Nuevo León



En el rubro de los biosensores es necesaria la caracterización del espectro de transmisión de sustancias bioquímicas de interés, así como el diseño y caracterización de nuevas nanoestructuras que permitan medir la presencia o concentración de diferentes sustancias bioquímicas mediante diversos mecanismos de transducción, como resonancias plasmónicas, fluorescencia y esparramiento Raman.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Bazzani, D. Conzon, A. Scalera, M. A. Spirito, and C. I. Trainito, “Enabling the IoT Paradigm in E-health Solutions through the VIRTUS Middleware,” 2012, pp. 1954–1959.
- [2] N. Sales, O. Remedios, and A. Arsenio, “Wireless sensor and actuator system for smart irrigation on the cloud,” 2015, pp. 693–698.
- [3] M. Centenaro, L. Vangelista, A. Zanella, and M. Zorzi, “Long-range communications in unlicensed bands: the rising stars in the IoT and smart city scenarios,” *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 23, no. 5, pp. 60–67, Oct. 2016.
- [4] S. M. Riazul Islam, Daehan Kwak, M. Humaun Kabir, M. Hossain, and Kyung-Sup Kwak, “The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey,” *IEEE Access*, vol. 3, pp. 678–708, 2015.
- [5] R. Chikkaraddy *et al.*, “Single-molecule strong coupling at room temperature in plasmonic nanocavities,” *Nature*, vol. 535, no. 7610, pp. 127–130, Jun. 2016.
- [6] R. Tellez-Limon, M. Fevrier, A. Apuzzo, R. Salas-Montiel, and S. Blaize, “Theoretical analysis of Bloch mode propagation in an integrated chain of gold nanowires,” *Photonics Res.*, vol. 2, no. 1, p. 24, Feb. 2014.
- [7] U. Raza, P. Kulkarni, and M. Sooriyabandara, “Low Power Wide Area Networks: An Overview,” *IEEE Commun. Surv. Tutor.*, vol. 19, no. 2, pp. 855–873, 2017.