

Desarrollo de una red de monitoreo por sensores remotos de la calidad de agua

*Adolfo Chaves Campos¹
Freddy Araya Rodríguez²
Adolfo Chaves Jiménez³
Víctor Yopez García⁴*

Palabras clave

Sensórica remota, calidad de agua, monitoreo, sensores, sistemas de transmisión inalámbrica.

Resumen

A partir de la integración de tecnologías, se diseña una red de sensores cuyos datos son transferidos de manera remota a una estación central a partir de un sistema inalámbrico de transmisión, para el monitoreo de la calidad del agua.

Introducción

El agua es el principal componente de la mayoría de los organismos, incluidos los seres humanos. Simplemente, la vida, tal y como la conocemos, no sería posible sin la presencia de esta sustancia

que, al nivel más básico celular, sirve como sustrato en el que se disuelven la mayoría de los compuestos, permite el mantenimiento de la integridad térmica del medio interno y, gracias a su capacidad de cambiar de estado físico, arrastra los materiales que se desplazan por los ecosistemas.

En Costa Rica, el recurso hídrico, en su forma más genérica, es considerado por algunos como el principal recurso natural del país (PNUMA, 2002) y como tal se ubica de un modo central en cualquier estrategia futura de desarrollo (Astorga, 2000).

Uno de los problemas más serios en el control de la calidad del agua, y en general de las variables ambientales es el problema de los datos. La base de datos sobre la calidad del agua disponible en muchos países en desarrollo (y en algunos

1 Teléfono: 475-5033 ext. 201. Correo electrónico: achavez@itcr.ac.cr

2 Teléfono/fax: 475-5737. Correo electrónico: faraya@itcr.ac.cr

3 Teléfono: 447-3789. Correo electrónico: adolfoej@costarricense.cr

4 Correo electrónico: vm_yopez@yahoo.com.mx

desarrollados) es de escaso valor para la lucha contra la contaminación en las cuencas fluviales; tampoco es útil para determinar los efectos de la agricultura en comparación con otros tipos de efectos antropogénicos (FAO, 2002).

Un hecho comúnmente aceptado por los profesionales que estudian la calidad del agua es que muchos programas relacionados con ese problema, en particular en los países en desarrollo, obtienen información:

- de parámetros no relevantes
- de lugares no representativos
- empleando substratos equivocados
- con frecuencias de muestreos inapropiadas
- de valor poco confiable.

Además, esta información no se evalúa ni se valora, ni se vincula suficientemente a un programa realista y significativo, ni a objetivos jurídicos o de ordenación. La culpa no es de los países en desarrollo; en general, es resultado de una transferencia inadecuada de tecnologías desde los países desarrollados y del supuesto erróneo de los destinatarios y donantes de que el paradigma de información concebido por los países desarrollados es también el más indicado para los países en desarrollo (Ongley, 1994).

Además, los problemas de supervisión de la calidad del agua se encuentran sometidos a graves dificultades en todo el mundo, pues en general los gobiernos se ven obligados a reducir los presupuestos, recortar el personal y establecer nuevas prioridades. Los gobiernos cada vez se resisten a asignar fondos para el seguimiento. Paradójicamente, nunca ha sido mayor la necesidad de contar con información fiable sobre la calidad del agua. Por fortuna, nuevas investigaciones científicas, así como las realidades presupuestarias, permiten

ahora reorientar y reformular programas de información que son por naturaleza más específicos, más prácticos y más eficientes, producen más información y menos datos y permiten alcanzar los objetivos de los programas en términos económicos cuantificables (FAO 2002).

Definición del problema

El problema por desarrollar en el presente proyecto consiste en implementar una red de monitoreo por sensores remotos para la calidad del agua potable, en la Zona Huetar Norte de Costa Rica, a fin de mejorar las bases de datos sobre la calidad de agua, que permitan tomar las decisiones adecuadas respecto a la gestión de dicho recurso.

La tecnología por implementar debe tener la característica de ser: innovadora y sostenible desde el punto de vista ecológico, social y económico. Además, debe ser posible su transferencia a comunidades en otras partes del mundo en que haya condiciones similares.

Objetivos

Objetivo general

Establecer y validar el uso de redes automatizadas de monitoreo de la calidad de agua a control remoto.

Objetivos específicos

- Validar el uso de los sensores remotos para el control de la calidad del agua.
- Elaborar modelos matemáticos del comportamiento de las variables físicas, químicas y microbiológicas en el agua.
- Desarrollar una tecnología que permita mantener un control permanente de la calidad de agua para facilitar la toma de decisiones en el manejo de recursos hídricos.

- Coordinar acciones con los sectores interesados, a fin de que la tecnología desarrollada se integre en la ejecución de programas de monitoreo de la calidad de agua.

Materiales y métodos

Bloques funcionales del sistema

La implementación del sistema se realiza de manera modular, de tal forma que cualquiera de las partes del sistema pueda ser cambiada sin afectar los diseños realizados en otros bloques funcionales.

Además, en primera instancia el sistema está diseñado a través de la integración de tecnologías existentes, con el objetivo de optimizar los costos mediante la utilización de sistemas probados y especializados en cada etapa que constituye el sistema total, sin tener que realizar la adquisición de un sistema completo especializado de monitoreo remoto para calidad de agua, de muy alto costo.

Asimismo, dicha integración permite el cambio o prueba de distintas tecnologías en cada uno de los bloques implementados.

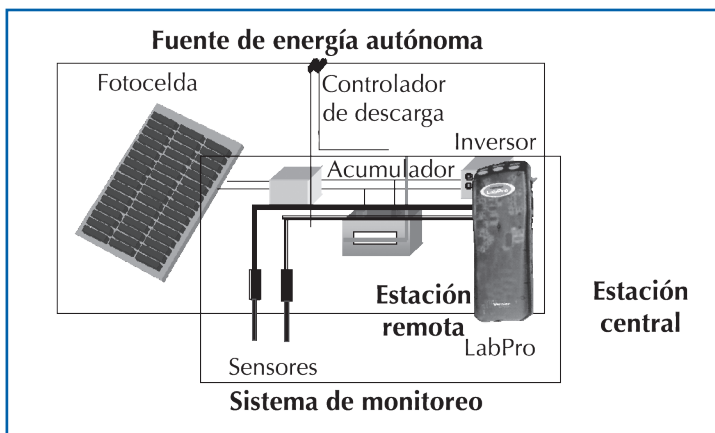


Figura N.º 1. Sistema de monitoreo que ilustran la implementación de una estación y el receptor central.

Los bloques funcionales de los cuales está constituido el sistema son:

- Sistema de recolección de datos: consiste de los sensores y el sistema electrónico de recolección de datos, que se encuentra en la estación remota.
- Fuente de energía autónoma: implementada a partir de celdas solares, para poner en funcionamiento la estación remota.
- Sistema de transmisión remota: la implementación de este sistema es función del protocolo de transmisión y la implementación física de los sistemas de antenas.
- Sistema de recolección de datos: el *software* de manejo y análisis de los datos recolectados y transmitidos a través del sistema.

De esta manera, se ha determinado cuál tecnología será utilizada en cada etapa para las pruebas iniciales.

La forma de implementación del sistema completo puede ser observada en la figura N.º 1.

Sistema de recolección de datos

Se realiza a partir de sensores y recolector de datos LabPro de la marca Vernier (www.vernier.com). Este sistema tiene capacidad para manejo de cuatro sensores analógicos y dos sensores digitales. El sistema LabPro está diseñado para recolectar los datos y enviarlos por puerto serie (RS-232). Este protocolo abierto es el que permite la integración de las tecnologías de transmisión y de manejo de los datos en un computador.

Fuente de energía autónoma

Busca el abastecimiento de toda la energía que necesita la estación remota para funcionar de manera autónoma. Consiste de una celda solar, un acumulador para guardar la energía,

un controlador de descarga, para que la celda únicamente cargue la batería, y un inversor para convertir la fuente de voltaje directo en voltaje alterna de tipo 120 VRMS, de tal forma que se pueda conectar el dispositivo LabPro con su respectivo acumulador, y tenga la funcionalidad de conectar cualquier otro dispositivo extra a la estación remota.

Sistema de transmisión de datos

Este sistema se implementa en primera instancia a través de la utilización del dispositivo S-100 de HW-Group (www.hw-group.com). Este sistema convierte la señal RS-232 en una señal Ethernet, lo cual permite su manejo adecuado a través de la tecnología IP. La transmisión se realiza mediante el protocolo 802.11b, lo que permite la recepción de los datos en cualquier receptor inalámbrico de la tecnología WLAN.

Inicialmente, el sistema está diseñado con una antena omnidireccional, de tipo monopolo de un cuarto de longitud de onda, pero para aumentar el alcance de las estaciones remotas serán evaluadas otras antenas con características más direccionales como la elíptica, la antena yagi o parabólica.

Sistema de recolección de datos

A partir de la conexión Ethernet, los datos son recibidos por un computador y procesados en un sistema diseñado para el monitoreo. El diseño se implementa con una aplicación desarrollada en Visual Basic. Dicho sistema de monitoreo genera un archivo con los datos históricos de monitoreo de tal forma que puedan ser analizados posteriormente en Excel o en cualquier otro paquete para interpretar los datos. La implementación de procesos adicionales como páginas de Internet con los datos y la integración con la base de datos se realizan en esta etapa.

Etapas para la implementación del sistema

En primera instancia, con la integración de tecnología se pretende la instalación de una red de monitoreo automatizada dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica y Instituto Tecnológico de Morelia, a fin de hacer posible el análisis de la información de las variables físico, química y del funcionamiento de la red automatizada en ambas instituciones.

Después se busca la validación del funcionamiento de la tecnología para hacer posible la instalación de la red de monitoreo remoto de la calidad de agua fuera de los campus universitarios.

A partir de los datos generados al interior de los campus y en otras instancias, se validará la utilización de dicha tecnología. De esta manera, en su etapa final, se publicarán los datos validados a través de diferentes instancias, como sistemas de información geográfica.

Resultados

En este momento se encuentran en funcionamiento el sistema de estación remota con sus respectivos sensores, basado en el monitoreo realizado con un sistema LabPro, de la firma Vernier (www.vernier.com).

Asimismo, se encuentra en funcionamiento el *software* de monitoreo que funcionará en la estación central, con el cual se recolectará la información en una base de datos.

El sistema de transmisión de los datos por medio de la red inalámbrica se encuentra en su fase de implementación inicial.

Esta propuesta tiene la ventaja de que permite a los investigadores concentrarse en las aplicaciones de

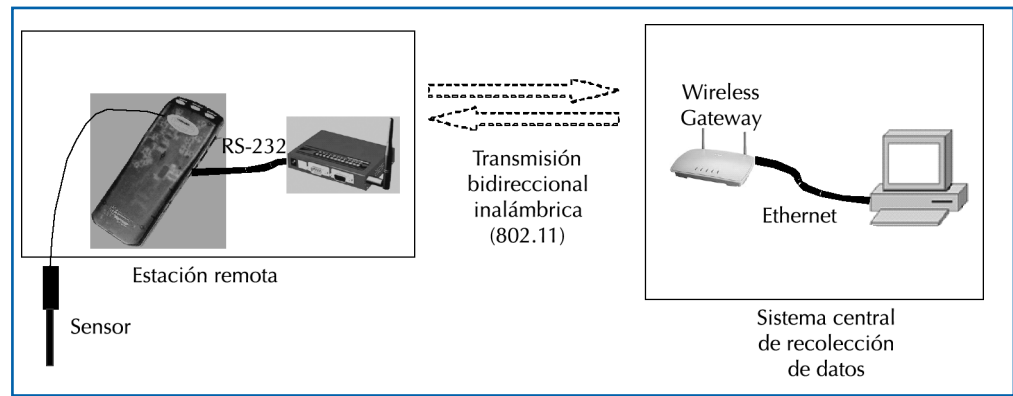


Figura N.º 2. Esquema de transmisión inalámbrica implementado en la actualidad.

control directamente y la recolección de datos en el computador, debido a que los dispositivos utilizados fueron diseñados para el manejo del protocolo.

Realizada la transmisión de datos de manera inalámbrica, el control del sistema se efectúa con una aplicación programada, que maneja el puerto serie, que ya está desarrollada. Estas permiten manejar los datos de cada uno de los sensores con la flexibilidad de una aplicación programada facilitando su manejo, de tal forma que pueda ser incorporado a bases de datos o archivos para su procesamiento en tiempo real o futuro.

Conclusiones

- La integración de tecnologías posibilita diseñar sistemas de monitoreo eficientes y de bajo costo para países en desarrollo.
- Este tipo de aplicaciones puede llevarse a otros usos en el área agrícola, industrial y ambiental.
- Las tecnologías de monitoreo por sensores remotos da la opción de

aprovechar las ventajas que ofrece la infraestructura y el desarrollo en el área de las telecomunicaciones.

Referencias bibliográficas

- Astorga, Allan G. y otros. *Proyecto Sistemas Integrados de Gestión de Calidad Ambiental Componente Costa Rica*. Fundación para el Desarrollo Urbano. San José, Costa Rica. 2000.
- FAO. "An overview of pollution of water by agriculture". J.A. Sagardoy. En: *Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities*, Actas de la Consulta de Expertos de la FAO, Santiago, Chile, 20-23 de octubre de 1992. Water Report 1. FAO, Roma, págs. 19-26. 2002.
- PNUMA GEO Costa Rica. *Una perspectiva sobre el medio ambiente*. Observatorio del Desarrollo – Universidad de Costa Rica – 2002.
- Ongley, E.D. "Global water pollution: challenges and opportunities". *Proceedings: Integrated Measures to Overcome Barriers to Minimizing Harmful Fluxes from Land to Water*. Publication N.º 3, Stockholm Water Symposium, 10-14 de agosto de 1993, Estocolmo, Suecia. 1994, págs. 23-30.