



**5**

Congreso Nacional  
sobre Multimedia  
y Videoconferencia

**Maracaibo, Octubre, 1.999**

# INTEGRACIÓN DE VOZ, VIDEO Y DATOS SOBRE REDES TCP/IP PARA APLICACIONES DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE TRÁNSITO EN EL PUENTE GENERAL RAFAEL URDANETA

Carlos Arévalo  
Juan Colmenares  
Gustavo Oquendo  
Néstor V. Queipo  
Cosimo Stufano  
Instituto de Cálculo Aplicado  
Facultad de Ingeniería  
Universidad del Zulia  
Maracaibo, Venezuela

## Resumen

En el presente trabajo se presenta la metodología utilizada para el diseño y puesta en funcionamiento de un sistema que integra voz, video y datos para la supervisión y control del Puente General Rafael Urdaneta. El sistema tiene la capacidad para realizar supervisión remota mediante cámaras ubicadas a lo largo del puente, permite que los usuarios se comuniquen con un centro de control mediante intercomunicadores de emergencia y tiene la capacidad para recolectar datos del flujo vehicular y enviarlos al centro de control. La solución se implementó mediante una única red de datos, la cual consiste de un "backbone" FDDI sobre fibra óptica monomodo y dos subredes Ethernet ubicadas en las cabeceras del puente. El sistema está en funcionamiento desde enero de 1999 y desempeña satisfactoriamente las funciones para las cuales fue diseñado.

**Palabras clave:** Integración, multimedia, redes de datos, supervisión y control de tránsito, video, voz.

## 1. Introducción.

El Puente General Rafael Urdaneta, uno de los más grandes del mundo construido de concreto armado, es vital para la actividad económica del occidente de Venezuela.

Con una circulación de alrededor de 30.000 vehículos diarios a través de dos carriles en cada sentido, y puesto que no se dispone de vía alterna que una las costas oriental y occidental del Lago de Maracaibo, se hace altamente deseable incrementar los niveles de seguridad evitando las posibles interrupciones del flujo vehicular y pérdidas tanto humanas como materiales.

En tal sentido se plantea la necesidad de diseñar y poner en funcionamiento un sistema que cumpla con los objetivos establecidos a través del manejo centralizado de información multimedia relacionada con el estado de la vía (video) y variables de tránsito (datos), ofreciendo a los usuarios mensajes preventivos en avisos de señalización variable (datos) y la facilidad de comunicación en situaciones de emergencia (voz).

Este trabajo presenta las etapas involucradas en el diseño del sistema antes mencionado. En la Sección 2 se plantea formalmente el problema objeto de estudio. La Sección 3 presenta los requerimientos específicos establecidos en las áreas de interés. En la Sección 4 se exponen las alternativas relacionadas con la selección de la

plataforma comunicacional y la estrategia de integración de servicios multimedia sobre dicha plataforma. La Sección 5 describe la metodología utilizada para evaluar las alternativas de solución, mientras que en la Sección 6 se presentan los resultados obtenidos de dicha evaluación. Por último, la Sección 7 presenta una descripción de la solución final y la Sección 8 contiene las conclusiones.

## 2. Definición del problema.

El objetivo general que se persigue con el diseño y puesta en funcionamiento de un sistema de supervisión y control de tránsito es convertir al Puente General Rafael Urdaneta (PGRU) en una vía más segura, que permita a los usuarios un acceso y tránsito rápido y cómodo.

La naturaleza de los requerimientos establecidos por expertos del área de tránsito, así como las características mismas del Puente, limitan y condicionan severamente las posibilidades de solución.

En particular se requiere:

- Supervisar las condiciones operativas de la vía y de las estaciones de peaje desde un Centro de Control de Operaciones (CCO) mediante cámaras de video controladas remotamente.

- Informar a los usuarios las condiciones de la vía a través de avisos de señalización variable.
- Disponer de intercomunicadores de emergencia a lo largo del Puente que comuniquen con el CCO.
- Medir variables de tránsito y desplegar la información correspondiente en el CCO.
- Interconectar las estaciones de peaje ubicadas en las cabeceras del puente y el CCO con el objeto de centralizar el almacenamiento de información relacionada con la recaudación.
- Proveer de comunicación de voz entre las estaciones de peajes y el CCO.

De acuerdo a lo antes expuesto, el problema puede ser enunciado como sigue: identificar las especificaciones de la plataforma de comunicaciones y del equipamiento necesario para diseñar y poner en funcionamiento un sistema de supervisión y control de tránsito en el PGRU que satisfaga los requerimientos y permita alcanzar los objetivos antes mencionados.

### 3. Requerimientos.

En esta sección se hace una exposición más detallada de los requerimientos establecidos en el diseño del sistema de supervisión y control de tránsito del PGRU.

#### 3.1. Supervisión.

Se requiere supervisar las condiciones operativas de la vía desde un Centro de Control de Operaciones (CCO) mediante cámaras de video a color controladas remotamente.

Las cámaras deben ser seleccionadas e instaladas de forma tal que garanticen una supervisión total y efectiva de la vía. Para ello, es necesario instalar cámaras en nueve localidades a lo largo del Puente con una separación de 1 Kilómetro aproximadamente.

De igual manera, se requiere supervisar las estaciones de peajes ubicadas en las cabeceras del Puente. Específicamente, se desea visualizar la actividad en cada carril y de toda la estación.

#### 3.2. Variables de tránsito.

- Se requiere medir las siguientes variables:
- Número de vehículos.
- Velocidad de los vehículos
- Velocidad promedio por carril.
- Nivel de ocupación

La información derivada de la medición de estas variables debe visualizarse en el CCO y generar señales de alarma en caso de producirse condiciones anormales de tránsito.

#### 3.3. Intercomunicadores de emergencia.

Se requiere brindar a los usuarios la posibilidad de comunicarse con el CCO en caso de emergencia, a través de la utilización de intercomunicadores instalados a lo largo de la vía.

#### 3.4. Avisos de señalización variable.

Se requiere instalar avisos de señalización variable controlados remotamente para divulgar mensajes preventivos e informar a los usuarios acerca de las condiciones operativas de la vía. Tales avisos deben ser instalados en nueve localidades a lo largo del Puente con una separación aproximada de 1 Kilómetro.

#### 3.5. Interconexión de las estaciones de peaje y el CCO.

Se requiere disponer de una red de datos que permita la interconexión de las estaciones de peaje ubicadas en las cabeceras del puente y el CCO para centralizar el almacenamiento de información derivada del proceso de recaudación.

#### 3.6. Requerimientos generales.

- Adicionalmente, considerando las características y condiciones de operación del PGRU y las dificultades que éstas involucran en las labores de instalación, mantenimiento, reparación y sustitución de equipos y dispositivos instalados en la vía, el diseño del sistema debe considerar los siguientes aspectos:
- Tolerancia a fallas: el mal funcionamiento de uno de los componentes del sistema no debe causar un fallo general en el mismo.
- Condiciones ambientales: los equipos que conforman el sistema deben poseer características ambientales adecuadas para ser instalados en los lugares dispuestos para ello.
- Mantenimiento mínimo: el sistema debe tener mínimos requerimientos de mantenimiento periódico.
- Facilidad de mantenimiento: en caso de falla debe ser posible reparar o reemplazar los equipos rápida y fácilmente.

### 4. Alternativas de solución.

Durante el diseño del sistema se consideraron numerosas alternativas para satisfacer los múltiples requerimientos de adquisición, transmisión y procesamiento de información. En esta Sección se presenta sólo un resumen de las alternativas relacionadas con la selección de la

plataforma comunicacional y la estrategia de integración de servicios multimedia sobre dicha plataforma.

#### **4.1. Plataforma Comunicacional.**

Las alternativas para la selección de la plataforma comunicacional del sistema de supervisión y control de tránsito del PGRU deben satisfacer los requerimientos establecidos anteriormente.

En particular, cada una de las alternativas debe ser capaz de transmitir por el mismo medio vídeo, voz y datos a fin de simplificar la instalación y facilitar las labores de mantenimiento.

Por otra parte, se debe considerar que el Puente General Rafael Urdaneta tiene alrededor de unos 9 Kilómetros de longitud y que a cada kilómetro se desea instalar dispositivos tales como cámaras de vídeo, intercomunicadores de emergencia, sensores de variables de tránsito y avisos de señalización variable, lo cual limita los posibles medios y sistemas de transmisión.

Las Tablas 4.1.1 y 4.1.2 resumen las alternativas consideradas para la selección del medio y de la tecnología de transmisión, respectivamente.

#### **4.2. Integración de servicios multimedia.**

De acuerdo a lo expuesto en la sección anterior, los requerimientos establecidos para el diseño del sistema tratado en este artículo conllevan a la utilización de una plataforma de comunicación digital capaz de transportar por un mismo medio señales de vídeo, voz y datos provenientes principalmente de dispositivos instalados a lo largo de la vía (cámaras, intercomunicadores de emergencia, instrumentos de medición, etc.). De la misma manera, dichos requerimientos conducen a la utilización de un equipo que permita integrar los servicios multimedia requeridos. Este equipo integrador debe tener las siguientes características:

- Interfaz de comunicación para alguna de las plataformas antes identificadas.
- Protocolo de comunicación TCP/IP
- Capacidad de transmisión y recepción de vídeo digital a 30 cuadros/s utilizando un estándar de conversión y compresión. (e.g. H.261, MPEG)
- Capacidad de transmisión y recepción de señales de audio utilizando un estándar de conversión y codificación. (e.g. PCM, MPEG)

- Disponer de puertos seriales a los cuales se puede tener acceso remoto de lectura y escritura.

#### **5. Metodología de evaluación.**

A fin de tomar una decisión en relación con la mejor forma de satisfacer los requerimientos del Proyecto de Modernización del Puente General Rafael Urdaneta se estableció la siguiente metodología:

- Se definieron los criterios de evaluación.
- Se caracterizaron las alternativas indicándose el grado de satisfacción de los criterios aplicables en cada caso.
- Se resumieron estos resultados en una tabla para su rápida visualización.

La tabla 5.1 muestra los criterios empleados en la evaluación de las alternativas.

Se considera que los primeros dos criterios son los más importantes debido a las características del Puente, las cuales dificultan las operaciones de instalación, mantenimiento, reparación y sustitución de equipos.

#### **6. Resultados de la evaluación.**

Aplicando metodología descrita en la sección anterior, se obtuvo como resultado que la plataforma comunicacional del sistema de supervisión y control del Puente General Urdaneta utilizará como medio de transmisión fibra óptica y como tecnología de transmisión FDDI.

Esta plataforma permitirá el transporte de información multimedia entre el CCO y los equipos de integración instalados en el puente. A la vez, permitirá interconectar las estaciones de peaje con dicho centro de operaciones.

#### **7. Solución final**

La solución final utiliza como plataforma comunicacional una intranet conformada por redes Ethernet localizadas en las instalaciones administrativas y de peaje ubicadas en los extremos del Puente (Punta de Piedra y Punta Iguana) y en el Centro de Control de Operaciones (CCO), siendo enlazadas por una red FDDI instalada a lo largo del Puente, la cual tiene una longitud aproximada de 9 Km.

Como se muestra en la figura 1, el sistema de supervisión y control de tránsito consta de 4 nodos remotos ubicados a lo largo del Puente y, 3 nodos locales y una estación de supervisión y control instalados en el CCO.

Cada nodo remoto cuenta con entradas de vídeo a las cuales se conectan cámaras tipo domo para la supervisión de la vía. La señal de vídeo de la cámara es digitalizada y comprimida mediante

la instrumentación del estándar H.261. Posteriormente, dicha señal es transmitida a través de la red a los nodos locales que llevan a cabo el proceso de reconversión de la misma, lo cual hace posible la visualización de la imagen en los monitores conectados a los mismos.

Adicionalmente, es posible controlar en forma remota estas cámaras por medio de una aplicación en ambiente Windows, que es ejecutada en la estación de supervisión y control, la cual envía a través de la red los comandos al nodo remoto y, éste a su vez, los retransmite a las cámaras por medio de un puerto serial RS-232/422. De la misma forma, es posible desplegar mensajes en los avisos de señalización variable instalados en la vía.

Otra característica importante de este sistema es la capacidad para transmitir señales de audio con calidad similar a la de una llamada telefónica. Por lo cual, es posible implementar un servicio de comunicación tipo intercomunicador que permita establecer una conversación entre dos interlocutores ubicados uno en la propia vía del puente y otro en el CCO, bien sea con la finalidad de dar soporte a labores de mantenimiento o como servicio de atención a usuarios. Cada nodo remoto posee procesadores de imágenes provenientes de cámaras fijas blanco y negro, que permiten detectar vehículos detenidos de forma automática y medir variables de tránsito tales como: velocidad puntual y promedio, número y tipo de vehículos, el nivel de ocupación de los canales, y el número de vehículos en un intervalo de tiempo predeterminado. Esta información es de vital importancia para el análisis y caracterización del comportamiento del tránsito automotor y como soporte para la toma de decisiones y planificación de inversiones futuras en materia de mantenimiento y nuevos desarrollos.

#### **8. Conclusiones.**

El Sistema de Supervisión y Control del Puente General Rafael Urdaneta fue puesto en funcionamiento en Enero de 1999 y desde entonces ha prestado servicio ininterrumpido a la colectividad. El sistema, además de realizar adecuadamente las funciones para las cuales fue diseñado, ofrece gran capacidad de ampliación, permitiendo agregar nodos adicionales a lo largo del puente para la supervisión y control de tránsito, sistemas de control y vigilancia de peajes y ampliación de las subredes instaladas en las cabeceras del puente.

#### **Referencias**

- Arévalo, C., Oquendo, G., Queipo, N., Stufano C. "*Proyecto de Modernización del Puente General Rafael Urdaneta. 2da. Etapa: Identificación del Equipamiento Necesario*". Instituto de Cálculo Aplicado. 1998.
- Cox, N., Manley, Ch., Chea F. "*Guía de Redes Multimedia*". Osborne/McGraw-Hill. 1996.
- Digital Equipment Corporation. "*A Primer on FDDI: Fiber Distributed Data Interface*". 1992.
- Marcano, C. "*Principio, Funcionamiento e implementación de ATM en redes de área local*". CAI. Universidad Simón Bolívar. 1997.
- Parnell, T. "*Guía de Redes de Alta Velocidad*". Osborne/McGraw-Hill. 1997.