

## **PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA TRÁFEGO URBANO**

**Ricardo Schmidt  
Carlos Barros Montez  
Werner Kraus Junior  
Keli Cristina Manini  
Michel Pires de Araújo**

Departamento de Automação e Sistemas  
Universidade Federal de Santa Catarina

### **RESUMO**

Um sistema de informação aplicado em conjunto com uma Central de Tráfego tem a finalidade de tratar e disponibilizar as informações sendo coletadas e geradas pela central, atuando como fonte de informação para usuários, gerenciadores de tráfego e para outros sistemas de informação. Este trabalho apresenta aspectos importantes para a estrutura e a implementação de um sistema com este propósito.

### **ABSTRACT**

An information system operating along with a Traffic Management Center has the functionality for treating and making available information gathered and generated by the Center, acting as an information source for users, traffic managers and other information systems. This work presents important aspects for the structuring and implementation of such systems.

## **1 INTRODUÇÃO**

Ao buscar mobilidade urbana, os habitantes das cidades brasileiras deparam-se com a falta de informação que auxilie na tomada de decisão sobre o modo de transporte a adotar, ou mesmo que dê subsídio à previsão de tempo de viagem, condições de tráfego, vagas de estacionamento etc. A construção de sistemas de controle de tráfego em tempo real podem contribuir para mudar esta realidade, na medida em que torna-se disponível informações sobre o estado das vias. Devidamente distribuída através de um Sistema de Informação, estas podem ser usadas, p.ex., por operadores de ônibus para estimar atrasos de viagem e prever a necessidade de ajustes no escalonamento. Também, motoristas podem usar a informação para tomar decisões sobre rotas.

O problema em construir um Sistema de Informação é a heterogeneidade dos equipamentos e softwares usados em aplicações de transporte (chamados de equipamentos de *ITS – Intelligent Transportation Systems*), pois todos são fonte de dados sobre as vias. Como exemplo, pode-se citar, além do controle semafórico, a gerência de estacionamentos, a administração de obras de manutenção viária, o controle de frota de ônibus, e os sistemas de multa eletrônicos. Interligar estes sistemas é importante no sentido de disponibilizar informações e de estabelecer políticas globais de mobilidade urbana.

O presente trabalho trata da definição de um Sistema de Informação para disponibilização de informação em tempo real aos diversos tipos de usuários e de autoridades gestoras das vias públicas. A ênfase se situa na interação entre o sistema de informação e uma central de controle de tráfego, pois esta aplicação tem sido desenvolvida em parceria com equipe que desenvolve uma central de tráfego (KRAUS JR., 2004). Entretanto, a preocupação com a troca de dados com outros sistemas levou à adoção de arquitetura de referência para subsidiar o desenvolvimento desta aplicação. Com isto, consegue-se desenvolver independentemente sistemas que virão a interagir quando colocados em operação.

A organização do artigo segue a seguinte estrutura. Inicialmente, é apresentada uma visão geral dos sistemas sendo construídos, que são uma central de tráfego, uma plataforma de

micro-simulação de cenários urbanos, e o sistema de informação que é o foco deste trabalho. A Seção 3 descreve o Sistema de Informação com ênfase no sistema de armazenamento de informações e na visão de usuário que busca informação sobre estado das vias. Em seguida, a Seção 4 apresenta perspectivas para o trabalho, após a qual são feitas considerações finais acerca do trabalho.

## 2 ARQUITETURA GERAL

O desenvolvimento de um sistema de controle de tráfego urbano levou em consideração a existência de dois importantes componentes (Figura 1): Central de Controle de Tráfego e Sistema de Informação sobre Condições de Tráfego. Esses dois componentes agem de forma integrada: a Central de Controle alimenta o Sistema de Informação com dados (ex. aqueles relacionados com as condições do tráfego); e o Sistema de Informação pode retornar dados que subsidiem algumas ações tomadas pela Central de Controle (ex. comportamento histórico do tráfego).

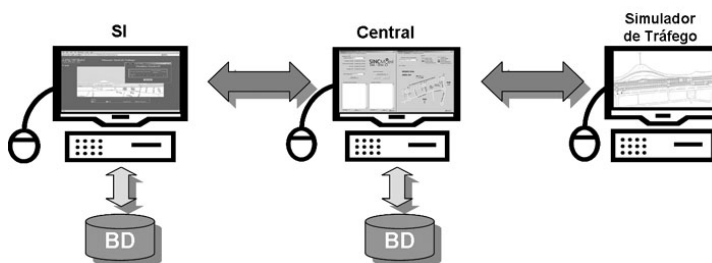


Figura 1 - A arquitetura do sistema de controle de tráfego.

A Central de Tráfego é considerada o elemento principal, reportando aos gerentes de tráfego a situação atual das vias monitoradas, tendo atribuídas as funções de processamento dos dados “de campo” recebidos e a determinação das ações a serem tomadas para a coordenação do tráfego. A ação sobre o tráfego é feita através da coordenação dos semáforos. A Central é dotada de uma base de dados onde, além das informações recebidas de campo, estão armazenados dados sobre as principais entidades envolvidas no controle, tais como: vias, sensores e atuadores e também os planos de coordenação. Uma vez determinados os planos de atuação, a central fica responsável pela execução destes planos, deixando para gerentes as ações diretas em casos especiais como, por exemplo, acidentes.

O Sistema de Informação sobre condições do tráfego é responsável por disseminar os dados para diferentes tipos de usuários. Alguns dados são: condição atual das vias, informações históricas sobre o tráfego, rotas possíveis, dados sobre transporte público, entre outros relacionados à questão do tráfego. Entre os usuários interessados nas informações estão viajantes, operadores de subsistemas de tráfego e até mesmo outros sistemas.

Por ser muito difícil a utilização de dados reais, coletados por infra-estrutura já implantada, a solução adotada é a utilização de um programa de simulação de tráfego. No projeto está sendo utilizado o programa SITRA (Sodit, 2002) que realiza a micro-simulação de um trecho de vias existentes na cidade de Florianópolis, SC. A via simulada é de grande movimento e possui elementos como: semáforos, cruzamentos, sensores nas vias e também estacionamentos.

A simulação obedece a parâmetros de funcionamento que são determinados pela Central de Tráfego e que podem sofrer alteração durante sua realização. Para tanto, foi estabelecida a

comunicação entre estes módulos, permitindo o envio de comandos de atuação da central ao simulador e o envio de informações de estado do simulador para a central.

Apesar do importante papel desempenhado pela Central de Controle no sistema de controle de tráfego, este trabalho trata sobre o Sistema de Informação. Por esse motivo, a próxima seção o apresenta com um maior nível de detalhamento.

### 3 SISTEMA DE INFORMAÇÃO

O Sistema de Informação sendo desenvolvido segue a *National ITS Architecture* (NIA) (ITS, 2003), a qual pode ser concebida como uma arquitetura de referência e provê uma estrutura comum para planejar, definir e integrar sistemas de transporte inteligentes. Na arquitetura estão definidos dez subsistemas do tipo central, sendo o Sistema de Informações (ISP - *Information Service Provider*) um destes. Seguindo as definições da NIA, o subsistema ISP coleta, processa, armazena e dissemina informações sobre transporte para operadores do sistema e para usuários, apresentando funcionalidades como repositório de dados, fonte de informação e ferramenta para auxílio na escolha de rotas.

#### 3.1 Visão geral do ISP

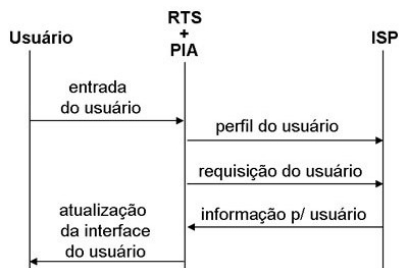
O propósito do sistema de informação é servir como um provedor das informações relacionadas direta ou indiretamente com o tráfego, como a taxa de ocupação em uma determinada via, rotas e horários de ônibus ou o comportamento histórico do tráfego nas vias. Assim, o ISP serve aos propósitos de diferentes tipos de usuários, seja cidadãos em busca de informações, gerenciadores de tráfego ou outros sistemas como, por exemplo, um sistema de logística urbana que incorpore dados históricos do comportamento da malha viária.

Os dados recebidos pelo ISP provêm da Central de Tráfego, sendo que as principais informações são referentes às vias, nas quais constam dados sobre o fluxo do tráfego, taxa de ocupação na via, velocidade média, atraso, volume e número de pistas abertas e fechadas. Também são enviadas informações sobre estacionamentos, sendo que volume de ocupação é a principal.

Usuários podem acessar as informações através de uma página Internet onde são exibidos dados sobre a situação das vias monitoradas e também sobre estacionamentos presentes nesta área. A **Figura 2-a** apresenta a página com o mapa de ruas, no qual a situação das vias é indicada por um esquema de cores. Este mapa é atualizado a cada 60 segundos e possui a capacidade de apresentar informações detalhadas sobre cada trecho, bastando que o usuário selecione um trecho desejado. Já as informações sobre estacionamentos são apresentadas em estruturas de tabelas. Para que seja apresentado o mapa ao usuário, há uma sequência de ações (**Figura 2-b**) que deve ser seguida; um usuário faz a entrada através de algum dispositivo remoto acessando o módulo RTS (suporte a usuários remotos); o perfil do usuário lhe concede o acesso às informações e é efetuada a sua requisição; após processado o pedido, são retornadas as informações necessárias e, finalmente, é atualizada a interface do usuário.



a)



b)

**Figura 2:** a) Página com o mapa de ruas e os detalhes sobre um trecho; b) diagrama de sequência para uma requisição de um usuário.

Os dados recebidos e enviados pelo Sistema de Informação estão modelados em XML (W3C, 2004), sendo que foram criados DTDs (*Document Type Definition*) para definir a estrutura dos documentos que são trocados. A **Figura 3** mostra um exemplo de uma mensagem estruturada em XML. Nesta mensagem estão sendo informados dados sobre a situação atual de um trecho, contendo sua identificação, o atraso para o percurso e a velocidade média dos veículos. A escolha de usar o XML é feita para facilitar a interoperação com sistemas diferentes e evitar o uso de uma forma de estruturação que não seja padronizada.

```

<message>
  <traffic_data_flow>
    <current_roadway_network_state>
      <current_road_network_state>
        <link_identity>
          <unit_number>1111</unit_number>
          <link_type>5</link_type>
          <location_identity>1212</location_identity>
        </link_identity>
        <link_delay>25</link_delay>
        <link_speed>33</link_speed>
      </current_road_network_state>
    </current_roadway_network_state>
  </traffic_data_flow>
</message>

```

**Figura 3:** Exemplo de estrutura de mensagem em XML.

Um problema que surge em sistemas como este é o grande volume de dados sendo manipulado, pois os dados lidos em campo e informados ao sistema têm uma taxa de amostragem de 15 segundos, o que totaliza 5760 valores lidos por dia para cada trecho. Deve-se levar em conta, ainda, que em cada registro são informados vários dados, que há uma grande quantidade de trechos monitorados e também outras entidades sendo tratadas pelo sistema, por exemplo: estacionamentos. Por estas razões é necessário realizar uma consolidação destes dados visando à redução da quantidade de informação. Porém, nessa consolidação a qualidade da informação armazenada não pode ser perdida. A proposta é definir faixas de horários nas quais o comportamento do tráfego seja semelhante, então realizar o processamento das informações referentes a cada um desses períodos e armazenar os dados já processados como, por exemplo, valores médios: de volume, de velocidade, de

atraso, entre outros.

Para lidar com o volume de dados foram criadas tabelas de acordo com a finalidade da informação a ser armazenada, como está representado nas tabelas (**Figura 4**) da entidade TRECHO, mostradas a seguir. As tabelas foram definidas nos tipos CADASTRO e ESTADO, separando dados com pouca alteração daqueles que constantemente mudam em virtude das amostragens sendo feitas em campo. Na tabela do tipo CADASTRO estão os dados de identificação da entidade e que possuem pouca ou nenhuma alteração. Já a tabela ESTADO possui os dados inseridos na última atualização, sendo o reflexo atual da situação de cada trecho monitorado. Para criar o registro histórico das informações, foi criada a tabela HISTORICO, assim, a cada atualização efetuada na tabela ESTADO é realizada uma inserção na tabela ESTADO\_HISTORICO.

TRECHO_CADASTRO	TRECHO_ESTADO	TRECHO_ESTADO_HISTORICO
ID_TRECHO (chave)	ID_TRECHO (chave)	CODIGO_REGISTRO (chave)
ID_REGIAO (chave)	VELOCIDADE_MEDIA	ID_TRECHO
ID_AREA (chave)	ATRASO	VELOCIDADE_MEDIA
CODIGO_RUA	PISTAS_ABERTAS	ATRASO
NOME_TRECHO	PISTAS_FECHADAS	PISTAS_ABERTAS
EXTENSAO_TRECHO	ID_ESTADO	PISTAS_FECHADAS
QTDE_FAIXAS_TRECHO	OCUPACAO	ID_ESTADO
SENTIDO_TRECHO	VOLUME	OCUPACAO
TIPO_TRECHO	DATA_HORA_REGISTRO	VOLUME
NUM_INICIAL_RUA		DATA_HORA_REGISTRO
NUM_FINAL_RUA		
VELOCIDADE_MAXIMA		
TEMPO_TRAJETO		
BAIRRO		
CIDADE		
DATA_REGISTRO		

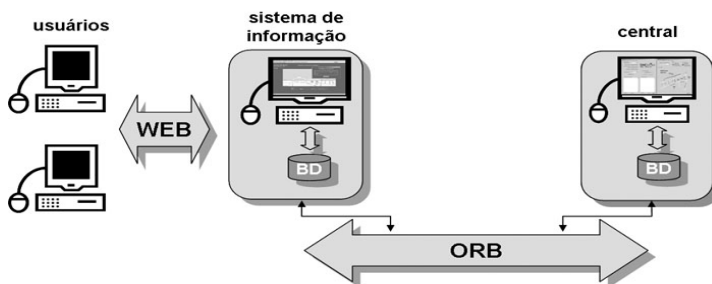
**Figura 4:** Representação das tabelas para a entidade Trecho.

Esta forma de separar os dados em CADASTRO e ESTADO não é realizada apenas com a entidade Trecho também é feita com outras entidades, como: Estacionamento e os próprios dispositivos (semáforos, sensores, painéis de mensagens, entre outros).

Estas informações ficam armazenadas em caráter histórico, criando um registro do comportamento do tráfego nas vias. Dados históricos são importantes para a realização de estudos sobre o comportamento do tráfego em diferentes períodos como, por exemplo, verificar o fluxo de veículos numa dada via no período das 18h às sextas-feiras. A maneira como está sendo implementada a base de dados já é uma intenção para a implantação futura de sistemas de *Data Warehouse* e *Data Mining* (KIMBALL, 1998). A aplicação de tais sistemas traria vantagens do ponto de vista de um sistema de auxílio à decisão a ser usado pelos gerenciadores de tráfego.

### 3.2 Tecnologias e ferramentas utilizadas

A **Figura 5** mostra como é realizado o acesso dos usuários às informações, este é feito através da Internet onde uma página apresenta um mapa da situação atual das vias. A cada 60 segundos esse mapa é atualizado através de uma consulta à BD do sistema de informação. Nessa consulta o servidor de páginas (integrante do ISP) realiza uma chamada de método a um objeto que irá acessar a base de dados e retornar as informações obtidas.



**Figura 5:** Esquema de acesso às informações.

Devido ao fato de a Central estar implementada em C/C++ e o ISP em Java, foi utilizado o CORBA (OMG, 2004) como padrão para a comunicação entre os subsistemas. CORBA é uma especificação para arquiteturas e infra-estruturas utilizadas na comunicação entre aplicações em redes de computadores. Fornece funcionalidades para a interoperabilidade e a portabilidade em aplicações distribuídas, como por exemplo, a transparência de localização e heterogeneidade de plataforma e de linguagens de programação. De uma forma simplificada pode-se dizer que o CORBA permite que aplicações comuniquem-se umas com as outras não importando onde estão localizadas ou quem as projetou. Estas aplicações podem estar sendo executadas em diferentes arquiteturas de hardware (Intel, Sparc, etc) e em diferentes sistemas operacionais (Windows, GNU/Linux, Unix, Solaris, etc).

A comunicação entre o ISP e a Central, mostrada na **Figura 5**, está sendo realizada por um ORB, que é quem implementa os serviços especificados pelo CORBA. Aqui, a Central possui um objeto representante do ISP e ao invocar seu método, está enviando os dados para o sistema de informação que irá, então, armazená-los na sua base de dados. Através do ORB também podem ser implementados objetos e métodos para que a Central acesse informações constantes na base do ISP.

O servidor de páginas é um módulo que integra o ISP e cuja finalidade é montar dinamicamente a página a ser exibida. Para isto o JSTL (*JavaServer Pages Standard Tag Library*) (JSTL, 2004) foi a tecnologia adotada. O JSTL possui facilidades para a manipulação dos dados, pois decodifica as informações do formato XML para *tags* JSTL diretamente, sem a necessidade de criação e tradução dos dados para outras estruturas.

Para implementar a base de dados foi escolhido o Firebird (FIREBIRD, 2004), uma base de dados de código aberto e de fácil utilização com código Java. O gerenciador Firebird possui suporte às funcionalidades necessárias para a aplicação, como: acesso por JDBC, suporte ao SQL, *triggers*, entre outras características.

Os ORBs utilizados são o ACE TAO (ACE, 2004) e o JacORB (JACORB, 2004), para implementações em C e Java, respectivamente. Tais ORBs foram utilizados por serem ferramentas de uso liberado para aplicações não comerciais (TAO) e código aberto (JacORB) e ainda, por implementarem os serviços necessários, como é o caso do serviço de nomes.

#### 4 PERSPECTIVAS

Os serviços oferecidos por um sistema de informação para tráfego podem ser extremamente numerosos e abrangentes, pois pode existir uma heterogeneidade de clientes desses serviços (ex. usuários humanos viajantes, outros sistemas de informação, etc.), cada qual acessando-os de muitas maneiras diferentes (ex. através de navegador *web*, telefone celular, etc.) e com

diferentes objetivos, e requisitos de tipos e detalhamentos das informações obtidas.

Uma questão importante que não se pode negligenciar no desenvolvimento de um sistema de informação é o fato que um cliente pode precisar fazer acesso (direto ou indireto) a diferentes sistemas, implantados, por exemplo, em cidades distintas. Como exemplo de acesso indireto, um sistema que provê informações sobre o estado de ocupação de vias em uma cidade pode necessitar fazer acesso a outro sistema situado em outra cidade, se alguns dos dados pesquisados forem relacionados com uma via conurbada.

Finalmente, para tornar esse cenário ainda um pouco mais complexo, sistemas de informação devem considerar a possibilidade de clientes móveis, que podem cruzar jurisdições e que desejam manter seus acessos aos serviços de informação sem interrupções ou mudanças no comportamento na sua interface para o sistema de informação.

Todas essas características demandam pesquisas no desenvolvimento de sistemas de informação com interfaces padronizadas e consistentes. Nesse sentido, vislumbramos algumas perspectivas de continuação do desenvolvimento do sistema de informação. Uma delas é a adoção de tecnologias de *web services* (W3C, 2004). Essa tecnologia permite o desenvolvimento de aplicações distribuídas, onde o cliente do serviço pode, dinamicamente, localizar e fazer acesso a seu serviço. Essa característica é bastante adequada considerando que os clientes desses serviços não precisam ser humanos (outros sistemas de informação) e podem ser móveis.

Também há a perspectiva de implementar um *Data Warehouse* com as informações históricas que já estão sendo armazenadas. Sobre este *data warehouse* poderão ser implementadas técnicas de extração de dados (*data mining*) e com isso criar uma ferramenta para auxiliar gerenciadores de tráfego nos processos de tomada de decisões.

Ainda, há a intenção de incluir um sistema de informações geográficas (SIG) para que sejam disponibilizados mapas aos operadores do sistema de tráfego, onde as várias informações armazenadas possam ser interligadas, como por exemplo: através de mapas onde estão representadas as entidades sendo monitoradas, e que ao serem selecionadas, tem-se acesso aos dados de identificação, estado e até mesmo histórico.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou alguns aspectos relacionados com o projeto e implementação de uma arquitetura para um sistema de controle de tráfego urbano composta por módulos integrados. Foram apresentadas as características relevantes da Central de Tráfego e do Sistema de Informação. Por se constituir em tema de interesse deste trabalho, alguns aspectos do sistema de informação foram melhor detalhados, como a constituição e o funcionamento da base de dados e a disponibilização das informações através da Internet.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo suporte à pesquisa recebido através do financiamento ao projeto Sincmobil (processo 552248/02-9).

## REFERÊNCIAS

- ACE, 2004. **Real-time CORBA with TAO (The ACE ORB)** <http://www.cs.wustl.edu/~schmidt/TAO.html>. Acessado em 10/06/2004.
- FIREBIRD, 2004. **Firebird – Relational Database for the New Millenium**. <http://firebird.sourceforge.net/>. Acessado em 10/06/2004.
- JACORB, 2004. **JacORB The free Java implementation of the OMG's CORBA standard**.

<http://www.jacorb.org/>. Acessado em 10/06/2004.

JSTL, 2004. **JavaServer Pages Standard Tag Library**. <http://java.sun.com/products/jsp/jstl/index.jsp>. Acessado em 10/06/2004.

KRAUS JR., 2004. Kraus Jr., W., Farfán, K. C., Cuareli, F., Berti, R.M. e Carlson, R. C. **Uma Plataforma para Desenvolvimento e Teste de Central de Controle em Tempo Real**. Comunicação Técnica, XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Florianópolis, SC. (Submetido).

KIMBALL, 1998. Kimball, Ralph. **The Data Warehouse Toolkit. Técnicas para Construção de Data Warehouses Dimensionais**. Makron Books, São Paulo, 1998;

SODIT, 2002. **Manuel Utilisateur – Logiciel SITRA**. SODIT, Ed. Março 2002, Toulouse, França.

W3C, 2004. **Extensible Markup Language**. <http://www.w3c.org/XML/>. Acessado em 10/06/2004;

---

**Endereço dos autores:**

Laboratório Integrado do DAS

DAS CTC UFSC

88040-900 Florianópolis SC

Tel.: 48 331 9742

E-mail: [rschmidt@das.ufsc.br](mailto:rschmidt@das.ufsc.br), [montez@das.ufsc.br](mailto:montez@das.ufsc.br), [werner@das.ufsc.br](mailto:werner@das.ufsc.br)



