

Sistema Distribuído de Teleportagem Virtual

Sérgio Matos, Frederico Cardoso, Rafael Caldeirinha, Mário Antunes

Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Instituto Politécnico de Leiria

Morro do Lena - Alto do Vieiro - Leiria

Telf: +351 244 820 300; fax: +351 244 820 310

e-mail: eic12229@student.estg.ipleiria.pt, eic06691@student.estg.ipleiria.pt,

rfdcaldei@estg.ipleiria.pt, mario.antunes@estg.ipleiria.pt

Resumo — Este artigo descreve o estudo e implementação de um sistema rodoviário de teleportagem virtual, baseado em redes móveis e posicionamento global por satélite, que pretende substituir o actual sistema “Via-Verde”. As viaturas são equipadas com uma OBU (*On Board Unit*), que processa continuamente os dados provenientes da viatura e produz transacções de índole informativa ou de cobrança de utilização da via, numa área concessionada. Os dados, enviadas para um servidor TCP/IP, através de ligação GPRS, são posteriormente tratados e armazenados na base de dados.

1. Introdução

O desenvolvimento das redes rodoviárias, em Portugal, e o aumento do número de utilizadores gerou necessidades mais exigentes aos concessionários das auto-estradas. Por exemplo, o controlo do fluxo de tráfego nas entradas e saídas da auto-estrada tem sido colmatado com crescente utilização do dispositivo de “Via-verde” [1]. Este automatismo permite o débito automático do valor do percurso efectuado na portagem de saída, através da identificação automática do tipo e número de eixos do veículo [2]. Não obstante, a utilidade e satisfação do sistema “Via-verde” passou a fundamental e necessário a informação permanente aos utentes das vias sobre as condições meteorológicas, o congestionamento das vias e a existência de acidentes e subsequentes percursos alternativos.

Com efeito, o SDTV (Sistema Distribuído de Teleportagem Virtual [3]) aqui proposto, é um sistema distribuído, assente numa arquitectura cliente-servidor, que tem por objectivo centralizar num servidor remoto as ocorrências de entrada e saída nas zonas concessionadas, identificadas por uma portagem virtual. A recolha dos dados na viatura é assegurada por um dispositivo próprio denominado OBU (*On Board Unit*) que assegura a transmissão bidireccional por GSM/GPRS (Global System for Mobile Communications/ General Packet Radio Service), com o servidor instalado na concessionária. Este dispositivo é constituído por um módulo de GPS (Global Positioning System), um módulo de GSM/GPRS, uma fonte de alimentação e uma unidade de processamento, de modo a ser instalada na viatura.

Actualmente é possível encontrar algumas soluções de teleportagem EFC (*Electronic Fee Collection*) implementados, introduzidos em auto-estradas

concessionadas a nível europeu, destacando-se, a título de ex., os projectos PISTA [4], PARK [5] e ARMAS [6]. Em Portugal, não existe ainda nenhum sistema deste tipo instalado nas auto-estradas concessionadas. O pagamento pode ser realizado de duas formas principais: manualmente, através da intervenção do portageiro; usando o sistema “Via-verde”.

Este artigo está organizado da seguinte forma: descrição da arquitectura SDTV, desempenho, testes e resultados finais obtidos, e por fim, as conclusões sobre a implementação do sistema aqui proposto, com indicação de vantagens, desvantagens e trabalho futuro.

2. Solução SDTV

Nesta secção é descrita de forma detalhada a solução proposta para o sistema de teleportagem virtual. A plataforma SDTV, dispõe de um servidor que interage com um cliente concessionário de auto-estradas (ex: “Brisa”, “Auto-estradas do Atlântico”) e diversos utilizadores deste serviço, visando posteriormente a possível interoperabilidade à escala de todo o espaço Europeu, sob a especificação de uma norma.

O sistema proposto sugere que o controlo de entrada e saída de veículos seja efectuado pela detecção da posição do veículo no ramal de acesso (célula), fomentando um par entrada-saída, mediante o percurso efectuado em zona concessionada, como também a realização de pedidos de dados e de eventos de segurança. Paralelamente, podem ser enviadas mensagens informativas (por exemplo, sobre o estado do tempo) da concessionária para os veículos que circulam na sua zona. Assim, o veículo pode ainda ser controlado através de GPS, em qualquer ponto do percurso, mediante a sua posição. Pode ser também usada informação complementar fornecida no serviço, como por exemplo, avaria, inversão de marcha, paragens não autorizadas, entre outras.

As células identificam, de forma virtual, mediante coordenadas georeferenciadas e dimensão, determinados locais da zona concessionada, correspondentes a uma área geográfica. Estas podem assumir a forma circular ou rectangular (Fig.1) e distinguem-se em tipo “portagem” (entrada/saída) ou “check” (controlo de percurso), permitindo à OBU calcular, em qualquer momento, a localização da viatura, quando as células se encontram

activas. A OBU necessita de possuir sempre uma BD (base de dados) local de células da zona em que se encontra e, em caso de falha, é actualizada de forma dinâmica, com base na informação da BD do servidor. Deste modo, o veículo não necessita de se adequar a qualquer passagem física ou detector. O controlo de acesso e detecção de entrada em área concessionada é transparente ao utente, tal como o pagamento, que é efectuado por débito directo à conta bancária do utente, reduzindo, desta forma, o congestionamento nas entradas e saídas de áreas concessionadas.

A informação sobre a localização das células é fornecida ao cliente através da OBU de forma precisa, segura e em tempo útil, podendo ser especificada em função do tipo de utente, troço ou para um veículo específico. A OBU trata as coordenadas de posição recebidas por GPS e, de acordo com a sua BD interna, calcula a localização no traçado da auto-estrada, identificando a passagem em cada uma das células. Depois de comparar todos estes processos, define-se um par entrada-saída a enviar (por GPRS) ao servidor.

Com esta solução gere-se, de forma mais adequada e concisa, o estado do tráfego – entradas e saídas, centralizando os processos no servidor remoto.

Para estabelecer uma nova portagem, basta adicionar na BD uma célula de portagem nesse local e difundir pelas diversas OBU's que se encontram no terreno. O efeito é praticamente imediato, implementando todas as funcionalidades de uma portagem física.

Observando a Fig.1, identificam-se os veículos dotados de uma OBU, recebendo as coordenadas de GPS e comunicando por GPRS com a estação base, encaminhando os dados para o servidor e deste para a BD.

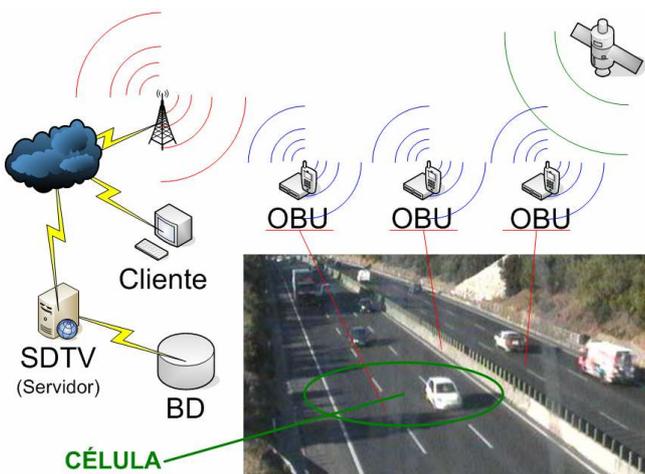


Fig.1. Cenário real com solução SDTV

Este sistema terá certamente, outras potencialidades, com base no pagamento electrónico, tais como o controlo de acesso a cidades e/ou zonas históricas, locais de eventos, parques de estacionamento ou outras concessões, bem como o controlo posicional constante de outras viaturas (camiões e veículos de serviço ou aluguer). Poderão estar ainda disponíveis serviços de segurança, através da

detecção de eventuais paragens não autorizadas em zonas concessionadas, bem como inversões de marcha, para além da possível interligação da OBU a outros sistemas do veículo, permitindo, por exemplo, detectar quando o airbag é accionado, ligar-se a uma possível caixa negra, ou ao computador de bordo ou até mesmo avaliar o estado do condutor.

Por fim, a implementação de serviços de informação que poderão funcionar a pedido do utente ou como um serviço de oferta possibilitará, a interação imediata com os primeiros socorros, a assistência e a detecção automática de avarias na viatura.

3. Implementação prática

O SDTV assenta num serviço cliente-servidor. O servidor recebe, por GPRS ou SMS, segundo um protocolo aplicacional definido, a informação de cada portagem virtual, através do tratamento das coordenadas geográficas da OBU. Este desempenha, portanto, o papel de cliente. Os dados da OBU são tratados e armazenados numa BD acessível através de uma aplicação de gestão *web* (*phpPgAdmin*). Assim, é possível, à concessionária consultar as ocorrências, inserir novos utilizadores e associá-los aos números identificativos das OBU's, entre outras ações.

A BD armazena os eventos gerados pela OBU e enviados sob a forma de transacção para o servidor do SDTV, nomeadamente as suas mensagens, localizações e custos, entre outros. Numa transacção estabelece-se um relacionamento entre a OBU e a portagem (sempre associada a uma localidade), localização e respectivos custos associados. São guardadas em histórico, as ocorrências mais importantes dos eventos operados pela OBU.

A Fig.2 apresenta os principais componentes da arquitectura SDTV. Todos os componentes assentam em tecnologias *open-source*, e comunicam por uma rede TCP/IP, através de GPRS. O servidor foi desenvolvido em *Java*, a BD usada foi o *PostgreSQL* [7], o cliente foi desenvolvido em *C*.

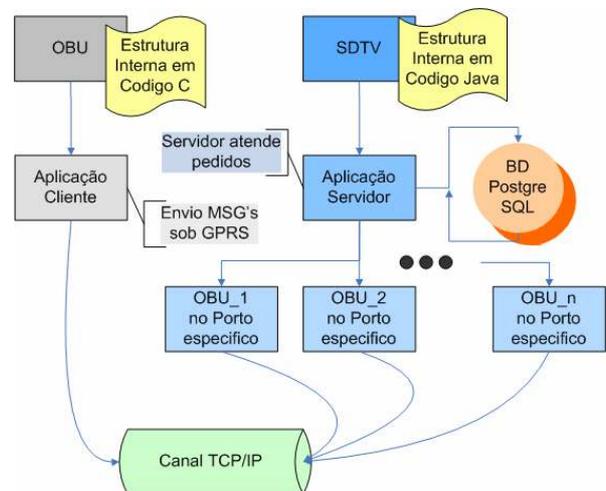


Fig.2. Arquitectura geral

Nesta etapa inicial desenvolveu-se um protótipo para simular o funcionamento do sistema. Foram desenvolvidos os componentes cliente e servidor e especificadas todas as mensagens envolvidas entre ambos. O código do cliente foi desenvolvido e testado em protótipo, estando já preparado para posterior integração na OBU.

Para testar o conceito subjacente ao SDTV foram desenvolvidos três serviços: (1) na OBU, localização por GPS; (2) no servidor, processamento dos eventos recebidos pela OBU e posterior inserção na BD e (3) desenvolvimento de uma interface *web* para acesso aos dados recolhidos na BD.

De acordo com a Fig.3, pode verificar-se o processo de troca de mensagens entre as aplicações cliente, servidor e BD. Esse processo está dividido em três fases distintas: a autenticação, os pedidos e o término de sessão.

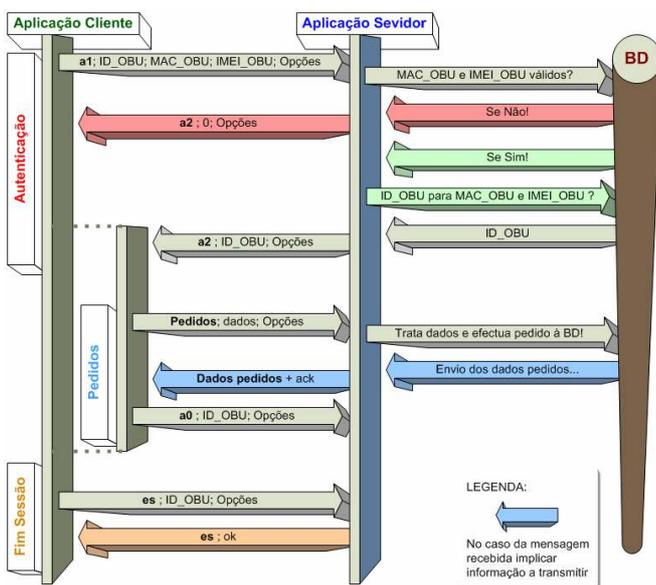


Fig.3. Fluxo de Mensagens

O processo de comunicação entre a OBU e o servidor acenta nas seguintes fases: a OBU estabelece uma ligação com o servidor; (2) o servidor processa os dados recebidos e guarda-os na BD; (3) por fim, o servidor envia um *acknowledge* à OBU, indicando que a transacção foi devidamente processada.

4. Testes de Desempenho e Análise de Resultados

Foram realizados diversos testes de desempenho ao sistema aqui proposto, de forma a aferir todas as funcionalidades desenvolvidas, como se de um traçado real se tratasse. Após a conclusão deste protótipo e da análise dos resultados obtidos considera-se viável a sua implementação num traçado real. De acordo com os testes efectuados, num percurso de dimensões reduzidas, aferiu-se sobre o funcionamento e suas aplicações reais, com a

identificação das coordenadas das portagens virtuais, o que constitui uma mais valia para a solução final.

Um dos testes de fiabilidade realizados ao sistema, para identificar as capacidades do algoritmo de localização e a correcta identificação das coordenadas, é ilustrado na Fig.4, onde se identifica um traçado efectuado com uma OBU virtual, pelo traçado da A8, desde o nó de acesso de Leiria-Sul (mais concretamente o campus da Escola Superior de Tecnologia e Gestão ou ESTG) até ao nó de saída da Marinha Grande-Norte, confirmando o seu funcionamento. Como é possível verificar, este representa fielmente o trajecto em ambos os sentidos (azul num sentido e vermelho no outro).

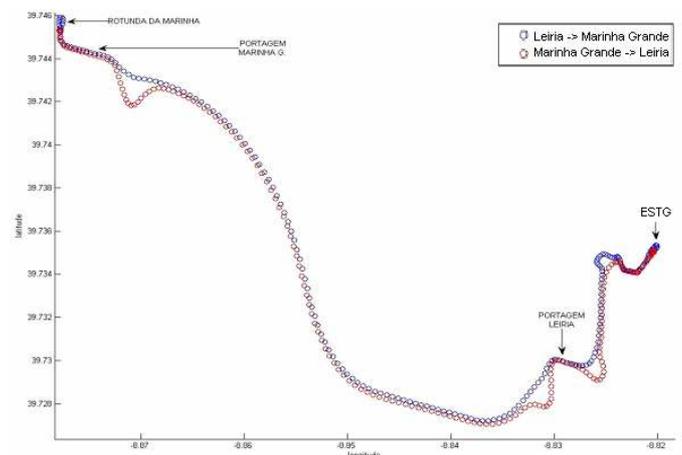


Fig.4. Traçado de percurso A8 (Leiria ↔ Marinha Grande)

Na avaliação das respostas da BD (ver Tab.1), demonstra-se a sua eficiência, pela aferição do número de entradas consecutivas, adaptando-se às significativas exigências de qualquer servidor. Pode ainda verificar-se que, mantendo este rácio, a BD suportaria em termos “teóricos”, a capacidade de atender aproximadamente 64 mil entradas por minuto, o que representa quase 4 milhões de entradas numa só hora.

Tab.1. Valores de desempenho da BD

Entradas registadas na BD	
Valor	Unidade
1.065,25	ent/ [seg.]
63.914,78	ent/ [min.]
3.834.886,82	ent/ [hora]

Os resultados atingidos pelas avaliações ao desempenho da BD tal como representa a Fig.5, demonstraram uma segura viabilidade e robustez do sistema. Os valores, com particular destaque de desempenho, são os referentes ao segundo, terceiro e quarto testes, com aproximadamente 0,5 segundos de tempo médio na realização de cada tarefa, o que em termos de pedidos, ou eventos de segurança da OBU, se traduzem numa resposta considerada excelente.



Fig.5. Valores de Desempenho do Sistema

Para simular o funcionamento do SDTV foram igualmente tratadas as várias mensagens especificadas no protocolo aplicacional, usando para o efeito um cliente em C, com o código idêntico ao que seria implementado na OBU.

5. Conclusões

A robustez do sistema de teleportagem virtual é demonstrada com sucesso, de acordo com os testes realizados no protótipo em desenvolvimento.

Verificou-se a existência de desvantagens, que embora pontuais, não deixam de ser relevantes de equacionar:

- ✎ A necessidade de cada veículo ter incorporado o módulo OBU;
- ✎ A diminuição involuntária dos direitos à liberdade de cada utente pelas capacidades de detecção do sistema;
- ✎ A redução das capacidades de detecção da OBU numa grande cidade metropolitana pelo elevado número de intersecções.

As características e destacam positivamente nesta plataforma são:

- ✎ A implementação deste sistema num cenário real, relativamente às soluções existentes, por todas as suas vantagens demonstradas nos testes e estudo efectuado;
- ✎ A irrelevância da existência dos locais físicos de portagem, com consequente melhoria da fluidez do trânsito;
- ✎ Melhoria no controlo de portagens, de custos e de acessos;
- ✎ A diminuição da dependência de recursos humanos;
- ✎ A fácil criação/suspensão de pontos de portagem, ou outros;
- ✎ A disponibilização de informação útil aos utentes de forma imediata e eficaz.

Pelo desenvolvimento já realizado, julga-se que será possível testar o SDTV num troço de auto-estrada e aferir sobre as suas reais capacidades. Quanto à OBU, o código está desenvolvido, bastando apenas a sua instalação no *hardware*. Julga-se ainda que será possível aplicar a tecnologia a qualquer equipamento dotado de GPS (telemóvel, PDA ou portátil) e associá-los no controlo de entradas em recintos públicos (tribunal, jardim zoológico, hospitais) ou receber, conforme as coordenadas do local, informação útil dos espaços de uma zona (exemplos: receber informação de exposições ou dos filmes na zona do cinema).

Agradecimentos

Os autores agradecem a cooperação, aconselhamento e apoio de José Pedro Rodrigues da empresa “Auto-Estradas do Atlântico (AEA)” e dos co-autores desta ideia (na área de electrónica), Dino Silva e António Gonçalves.

Referências

- [1] (Via Verde, 2007). Via Verde Portugal – Gestão de Sistemas Electrónicos de Cobrança, S.A. “Informação sobre Sistema da Via Verde em Portugal”. <http://www.viaverde.pt>.
- [2] (Rodrigues, 2007). Rodrigues, José Pedro. “Sistema Inteligentes de Transporte aplicados à gestão de infra-estruturas rodoviárias, presente e futuro”. Auto-Estradas do Atlântico, Palestra, ESTG, Maio de 2007.
- [3] (SDTV, 2007) Frederico Cardoso e Sérgio Matos. “Sistema Distribuído de Teleportagem Virtual”. Relatório da disciplina de Projecto I de Engenharia Informática e Comunicações. ESTG.
- [4] (ITS/EC, 2002) ITS European Commission (2002) - European Standardization in Intelligent Transport Systems – A proposed European programme, CMC/ISSS, August 2002.
- [5] (GIATSI, 2007). GIATSI e CPS. Relatório do Projecto BRISA-PARK “RT DEETC/01/2003 – (Versão 1.0)”. Grupo de Investigação Aplicada em Tecnologias e Sistemas de informação e Secção de Comunicações e Processamento de Sinais.
- [6] (ARMAS, 2005). Agência Espacial Europeia. “Projecto ARMAS”. http://www.esa.int/esaCP/SEMtn3XLDMD_Portugal_0.html.
- [7] (PostgreSQL, 2007). The PostgreSQL Global Development Group. <http://www.postgresql.org>.