%Plataformas experimentales

\chapter{Plataformas Experimentales}\label{sec:capitulo5}

\thispagestyle{empty}

La arquitectura de control presentada en el capítulo 4, fue implementada en dos ambientes a saber: simulaciones y vehículos reales. El presente capítulo describe ambos ambientes, profundizando en sus características y evidenciando la modularidad del sistema presentado.\\

Conociendo la existencia de una gran cantidad de plataformas disponibles en el mercado y en el grupo receptor, dentro del trabajo de pasantía son implementadas dos plataformas a saber: El simulador \textit{Pro-SiVIC$^{TM}$}\footnote{http://www.civitec.com/} y el \textit{Cycab}. Este último forma parte de los \textit{Cybercars}, como se describe en el capítulo 3.\\

Por otro lado, la plataforma utilizada para la implementación de la arquitectura de control fue \textit{RTMaps$^{TM}$}\footnote{http://intempora.com/}. Ésta es capaz de procesar sistemas asíncronos de alto desempeño, caracterizados por ser multisensoriales. Es utilizada tanto para ambientes simulados como para los vehículos reales.\\

Los módulos implementados en la arquitectura son programados en un ambiente integrado de desarrollo (IDE, del inglés: Integrated Development Environment), llamado \textit{Visual Studio}. Éste posee una gran capacidad de programación orientada a objetos, permitiendo la programación de sistemas embebidos para el control de vehículos.

\section{Simulaciones}

Hoy en día vemos una gran demanda referente a los sistemas de ayuda a la conducción (ADAS, del inglés: Advanced Driver Assistance Systems), ya que éstos proporcionan soluciones que hacen frente al crecimiento de la seguridad en la vía. Debido a esto, grupos de investigación y sobretodo fabricantes, enfocan sus esfuerzos en la creación de sistemas, sensores y aplicaciones que sean seguros y confiables.\\

En materia de conducción autónoma, lo anterior se traduce en sistemas que hayan sido validados, conociendo así sus limitaciones. Para esto, los simuladores de conducción autónoma como \textit{Pro-SiVIC$^{TM}$}, son una gran ventaja, ya que proporcionan una herramienta para la simulación de situaciones adversas a la conducción.\\

El simulador \textit{Pro-SiVIC$^{TM}$} es una plataforma 3D capaz de simular y modelar ambientes con múltiples sensores. En él es posible recrear distintos escenarios, en especial aquellos orientados a la conducción autónoma, dando la oportunidad de evaluar el desempeño de sistemas propuestos a distintos problemas como detección de obstáculos (tanto estáticos como móviles), aparcado automático, conducción en zonas urbanas, entre otros.\\

En la Figura \ref{fig:CyBusSimulacion} se presenta un ambiente 3D, donde la mayor atención se presenta en el \textit{Cybus}, un \textit{Cybercar} capaz de transportar cuatro personas a la vez, de manera autónoma como se describe en \cite{bouraoui2011}. Sin embargo, en dicha figura es visible además la simulación de diferentes vehículos, que con el \textit{Cybus}, conviven en un entorno urbano.\\

\begin{figure}[!ht]

\centering

%%----primera subfigura----

\subfloat[]{

\label{fig:CyBusSimulacion} %% Etiqueta para la primera subfigura

\includegraphics[width=0.45\textwidth]{imagenes/CyBusSimulacion}}

\hspace{0.05\linewidth}

%%----segunda subfigura----

\subfloat[]{

\label{fig:CyBusTrajectory} %% Etiqueta para la segunda subfigura

\includegraphics[width=0.45\textwidth]{imagenes/CyBusTrajectory}}%\\[10pt]

\hspace{0.05\linewidth}

%%----tercera subfigura----

%\subfloat[]{

%\label{fig:BufferCambio} %% Etiqueta para la tercera subfigura

%\includegraphics[width=0.99\textwidth]{imagenes/BufferCambio}}

%\hspace{0.1\linewidth}

%%%----cuarta subfigura----

%\subfloat[]{

%\label{fig:C3} %% Etiqueta para la cuarta subfigura

%\includegraphics[width=0.41\textwidth]{imagenes/C3}}

\caption{Entorno urbano simulado en \textit{Pro-SiVIC$^{TM}$}. }

\label{fig:CybusVarios} %% Etiqueta para la figura entera

\end{figure}

El simulador \textit{Pro-SiVIC$^{TM}$} es capaz de recibir comandos y coordinar la simulación con plataformas de desarrollo de sistemas para la conducción autónoma, en específico con \textit{RTMaps$^{TM}$}. Esta relación permite la simulación de diferentes vehículos, como muestra la Figura \ref{fig:CyBusTrajectory}. Donde el control de uno o más vehículos es posible, generando así simulaciones de alto valor informativo a la hora del diseño de algoritmos orientados al control de este tipo de situaciones, específicamente en entornos urbanos.\\

Como expresado en el capítulo 4, los escenarios de mayor interés en el presente trabajo son las intersecciones y las redomas. \textit{Pro-SiVIC$^{TM}$} es capaz de representar estos escenarios, no sólo con características de la vía como peatones y señales de tránsito, sino también con condiciones climáticas, e.g. la lluvia (Ver Figura \ref{fig:Lluvia}), el viento, y con condiciones físicas, e.g. el roce de las ruedas con el pavimento, la inercia asociada a los vehículos, el peso de éstos, entre otros.\\

\begin{figure}[!ht]

\begin{center}

\includegraphics[scale=.50]{Imagenes/Lluvia}

\caption{Condiciones climáticas representadas en la simulación.}

\label{fig:Lluvia}

\end{center}

\end{figure}

A través de módulos que permiten la comunicación de señales entre el bajo nivel de control y el simulador, la arquitectura de control implementada en \textit{RTMaps$^{TM}$} es capaz de controlar el vehículo y realizar una simulación de calidad. El control detallado en el capítulo 4, es enviado al simulador en forma de par-motor (Del inglés: Torque) en las ruedas tractoras, para el control longitudinal, y ángulos de dirección en las ruedas directoras para el control lateral.\\

Por otro lado, la información proveniente del entorno simulado se transmite a \textit{RTMaps$^{TM}$} en tres módulos a saber: El módulo de estado del vehículo, el módulo de imágenes y el módulo de sincronización temporal o \textit{Clock}.\\

\noindent

\textbf{Módulo de estado del vehículo}\\

Este módulo lleva, hacia la plataforma controladora, la información de odometría en coordenadas cartesianas, velocidad en metros sobre segundos, aceleración en metros sobre segundos cuadrados y el ángulo de dirección del vehículo. De esta manera los sensores del estado del vehículo son emulados.\\

\noindent

\textbf{Módulo de imágenes}\\

\textit{Pro-SiVIC$^{TM}$} es capaz de reportar la información de cámaras a través de este módulo. La información de video es reproducida a través de la interfaz controladora, en este caso, \textit{RTMaps$^{TM}$}. A partir de esta conexión es posible visualizar a tiempo real la simulación a través de distintos ángulos, además de poder crear una perspectiva tanto de primera persona como de tercera persona.\\

En la Figura \ref{fig:CamarasCycab}, se presenta un ambiente simulado en primera persona, dentro de un \textit{Cycab}. Las Figuras \ref{fig:CamaraIzquierdaCycab}, \ref{fig:CamaraCentroCycab} y \ref{fig:CamaraDerechaCycab} representan la visión izquierda, centro y derecha del \textit{Cybercar}.\\

\begin{figure}[!ht]

\centering

%%----primera subfigura----

\subfloat[]{

\label{fig:CamaraIzquierdaCycab} %% Etiqueta para la primera subfigura

\includegraphics[width=0.29\textwidth]{imagenes/CamaraIzquierdaCycab}}

\hspace{0.01\linewidth}

%%----segunda subfigura----

\subfloat[]{

\label{fig:CamaraCentroCycab} %% Etiqueta para la segunda subfigura

\includegraphics[width=0.29\textwidth]{imagenes/CamaraCentroCycab}}%\\[10pt]

\hspace{0.01\linewidth}

%%----tercera subfigura----

\subfloat[]{

\label{fig:CamaraDerechaCycab} %% Etiqueta para la tercera subfigura

\includegraphics[width=0.29\textwidth]{imagenes/CamaraDerechaCycab}}

%\hspace{0.1\linewidth}

%%%----cuarta subfigura----

%\subfloat[]{

%\label{fig:C3} %% Etiqueta para la cuarta subfigura

%\includegraphics[width=0.41\textwidth]{imagenes/C3}}

\caption{Vista en primera persona dentro de un \textit{Cycab}. }

\label{fig:CamarasCycab} %% Etiqueta para la figura entera

\end{figure}

\noindent

\textbf{Módulo de sincronización temporal o \textit{Clock}}\\

A pesar que la arquitectura presentada se basa en un procesamiento asíncrono de datos, la sincronización siempre es importante entre los programas que realizan la simulación. Esto se debe a que los programas utilizados para emular el ambiente de control son plataformas independientes que necesitan comunicar data a tiempo real, y por tanto es necesaria la utilización de este módulo.\\

El \textit{Clock} permite a los componentes comunicarse con \textit{RTMaps$^{TM}$} sin perjudicar el procesamiento de la data en ambas plataformas. Lo anterior se refiere a que dicha sincronización no ralentiza el procesamiento en la plataforma de control.

\section{Vehículos Reales}

Como descrito en el capítulo 3, el grupo receptor posee varias plataformas experimentales, de las cuales solo el \textit{Cycab} fue implementado en el trabajo de pasantías. Éste pertenece a un concepto de transporte urbano llamado \textit{Cybercars} basado en dos ideas principales, la primera es el hecho de ser un medio de transporte compartido, y la segunda es la automatización orientada a zonas de transporte puerta-a-puerta \cite{Parent1997}.El \textit{Cycab} es la plataforma para la cual está pensada la arquitectura de control, si embargo, gracias a su modularidad, ésta puede ser implementada en otros \textit{Cybercars}, e.g. el \textit{Cybus}.\\

\begin{figure}[!ht]

\begin{center}

\includegraphics[scale=.90]{Imagenes/CycabSensores}

\caption{Especificaciones del \textit{Cycab}.}

\label{fig: CycabSensores}

\end{center}

\end{figure}

En la Figura \ref{fig: CycabSensores} se presenta el modelo \textit{Cycab} utilizado. En esta figura son visibles varios de los sensores, éstos incluyen GPSs diferenciales (Sistemas de posicionamiento global, del inglés: \textit{Global Positioning Systems}), cámaras de visión artificial, unidades de medición inercial (IMU, del inglés: \textit{Inertial Measurement Unit}) y Lidar (Detección de Luz y Distancia, del inglés: \textit{Light Detection And Ranging}).\\

En cuanto a las especificaciones de software y comunicaciones, en la Figura \ref{fig: CycabSensores} se presentan dos computadores (Linux y Windows), una interfaz humano-máquina (HMI, del inglés: Human-Machine Interface), una palanca de mando y un puerto de comunicaciones. Las especificaciones físicas, indican la implementación de dirección eléctrica, frenos eléctricos, la utilización de baterías, y una cabina capaz de transportar cómodamente a dos personas.\\

La comunicación de cada uno de los periféricos se realizará a través del bus CAN (Del inglés: Controller Area Network), como se especifica en el capítulo 4. A través de él es posible el control del bajo nivel, obteniendo así un \textit{Cycab} capaz del transporte seguro de personas.

\section{Resumen}

El capítulo 5 presenta las plataformas experimentales. En ellas encontramos un simulador que puede aportar gran información, sobre todo al momento de atacar problemas asociados a la conducción autónoma, llamado \textit{Pro-SiVIC$^{TM}$}. Éste puede emular las condiciones de la vía, creando así simulaciones de alto nivel informativo.\\

Además del simulador, el modelo \textit{Cycab}, de los \textit{Cybercars} es implementado. Es ésta la plataforma hacia la cual apunta la arquitectura de control, sin embargo su modularidad permite utilizarla en otras plataformas. Sus especificaciones son presentadas en conjunto con el concepto que transporte que representan. En el siguiente capítulo se presentan las pruebas realizadas durante el trabajo de pasantías, sin embargo, pruebas reales quedarán en su mayoría para trabajos futuros.