مقاله مروری

طراحی و اجرای آزمایشگاه‌های مجازی زمان حقیقی و کنترل از راه دور در راستای تحقق آموزش‌های مجازی و از راه دور

علی قدمیاری[۱]، سید علی اکبر صفوی[*]، محمدعلی حسن‌پور[۲]
دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

Design and Implementation of real-time virtual and remote control laboratories for virtual and distanced education

Ali Ghadamyari[1], Ali Akbar Safavi[*], Mohammad Ali Hasanpour[2]
Shiraz University, Shiraz, Iran

Abstract
Recent advances in computer networks and computer science have created a proper environment to control and monitor systems. With the needs today's society to virtual and distanced educations, developments of virtual universities and an increase in candidates of such programs, the need to develop virtual and remote laboratories to access via networks for virtual universities seems to be serious. In this paper, with in introduction to various approached for data transmission within Lab VIEW environment, design and developments of real-time virtual laboratories with networked control and monitoring capabilities are described. Then, a typical development of the electric machines laboratory of Shiraz University is presented.
Key words: Remote Control, Laboratories, Virtual Learning, Distance Education

چکیده
گسترش روزافزون شبکه های کامپیوتری و پیشرفت های اخیر در زمینه های مختلف علوم کامپیوتر، امکان مناسبی را جهت کنترل و مانیتورینگ سیستم ها فراهم آورده است. با توجه به نیاز کنونی جامعه امروز به آموزش مجازی و از دور، گسترش دانشگاه های مجازی و همچنین افزون شدن متقاضیان آموزش، نیاز به ایجاد محیط های مجازی آزمایشگاهی زمان حقیقی به صورت کنترل و نظارت تحت شبکه جهت بکارگیری در دانشگاه های مجازی، به شدت احساس می گردد. در این مقاله ضمن بررسی روش های مختلف انتقال داده در محیط برنامه نویسی Lab VIEW ، چگونگی طراحی و اجرای آزمایشگاه مجازی به صورت زمان حقیقی هم راه با نظارت وکنترل تحت شبکه مورد بررسی قرار می گیرند و در ادامه آزمایشگاه ماشین های الکتریکی دانشگاه شیراز به صورت مجازی، زمان حقیقی وکنترل تحت شبکه، مورد ازریابی و اجرا قرار می گیرد.

واژگان کلیدی
آزمایشگاه مجازی،کنترل از راه دور، کنترل زمان حقیقی، نظارت تحت شبکه (وب)، Lab VIEW

مقدمه

ابزاردقیق مجازی (Virtual Instrumentation) به معنای استفاده از محیط‌های نرم افـزاری، بـه جـای ابـزار و وسایل فیزیکی مرسوم جهت اندازه گیری و کنترل متغیرهای مختلف می باشد. تنها ابزار فیزیکی مـورد نیـاز،

[۱] دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شیراز.
[*] دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه شیراز .تمامی درخواست ها به نشانی Safavi@shirazu.ac.ir ارسال شود.
[۲] دانشگاه شیراز

نرم افزارها و کارت های تبادل داده جهت ارتباط با کامپیوتر در محیط های زمان حقیقی است[۱]. مبحث ابزار دقیق مجازی از اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی توسط شرکت تگزاس اینسترومنتس مطرح گردید و با گذشت زمان و پیشرفت های گسترده در زمینه ارتباطات و فناوری اطلاعات و همچین شبکه های کامپیوتری، بحث در زمینه آزمایشگاه های مجازی و از راه دور مورد توجه قرار گرفت[۲].با گسترش روزافزون دانشگاه های مجازی و همچنین توجه ویژه به آموزش های مجازی و از دور در کشور، نیاز به محیط های مجازی آزمایشگاهی جهت استفاده دانشجویان و محققان در دبیرستان، دانشگاه و صنعت به شدت احساس می شود. این آزمایش ها می توانند در راستای اجرای برنامه های آموزشی، ارزیابی یا اجرای عملی نتایج تحقیقات در دوره های تحصیلات تکمیلی و مراکز تحقیق و توسعه صنایع بکار گرفته شوند[۲]. به کمک این گونه محیط های مجازی، کاربران می توانند به راحتی و با در اختیار داشتن حداقل امکانات و بدون داشتن محدودیت زمانی، مکانی، آزمایش مورد نظرشان را انجام داده، پارامتر های کنترلی آن را تغییر دهند ، نتیجه را ببینند و داده های واقعی حاصل از آزمایش را از طریق شبکه دریافت کنند[۳،۴]. گرچه ارائه دروس تئوری از راه دور و از طریق اینترنت تا کنون پیشرفت های خوبی در کشور ایران داشته است [۵و۶] ولی برای ارائه دروس آزمایشگاهی از دور جهت امور پژوهشی، توسعه چندانی ایجاد نشده است و ضرورت کنترل از طریق وب احساس می شود. هرگونه عمل کنترل و نظارت از طریق شبکه چالشهای جدیدی را مطرح می نماید که شناخت آنها و یافتن راهکارهای مقابله با آن چالشها از اهمیت زیادی برخوردار است [۳و۷].

در این مقاله روش های ایجاد یک آزمایشگاه مجازی زمان حقیقی و کنترل و نظارت تحت شبکه به صورت کامل شرح داده شده است و ضمن بررسی روش های انتقال داده در شبکه و مزایا و معایب آن، آزمایشگاه ماشین های الکتریکی دانشگاه شیراز، به صورت مجازی، زمان حقیقی و کنترل از دور طراحی، اجرا و ارزیابی گردیده است که نتایج حاصله، حاکی از موفقیت این روش است. پیاده سازی این آزمایشگاه در محیط LabVIEW انجام گرفته و از شبکه جهانی اینترنت به همراه پروتکل های Data Socket,TCP/IP,UDP جهت تبادل داده استفاده شده است. نرم افزار LabVIEW بر خلاف زبان های برنامه نویسی متداول و مرسوم به صورت متنی، ترتیبی، زنجیره ای نیست، بلکه در آن از زبان برنامه نویسی گرافیکی (G) استفاده می شود. این نرم افزار با ایجاد ابزار های مجازی (VI) یک مدل نرم افزاری قدرتمند، از ابزار های واقعی را در اختیار کاربر قرار می دهد [۸و۹].

۱. کنترل و نظارت تحت شبکه

جهت ایجاد محیط مجازی از یک پروسه واقعی، لازم است اجزای سیستم اصلی در یک محیط برنامه نویسی مناسب گرافیکی با قابلیت بالا و قدرت آنالیز مناسب، شبیه سازی شود[۱۰]. استفاده از محیط های مجازی تحت شبکه باعث می گردد تا کاربر بدون هیچگونه محدودیت زمانی و از هر مکان دلخواه، تنها با داشتن یک کامپیوتر شخصی و در اختیار داشتن شبکه (اینترنت) به راحتی یک فرایند را کنترل و مانیتور کند و امکان استفاده از محیط محدود آزمایشگاه برای تعداد کاربر بیشتری فراهم آید. استفاده از دستگاه های گران قیمت با امنیت بالاتر برای کاربران بیشتر و همچنین انجام آزمایش های خطرناک با آسودگی خاطر ، حذف هزینه های سنگین طراحی و پیاده سازی کانال مخابراتی و مدیریت آن نیز به نوان فاکتوری مناسب در استفاده از این محیط ها به حساب می آیدر رابطه با چالش ها و ویژگی های کنترل زمان حقیقی از طریق شبکه به رجوع شود [۱]. تمرکز عمده در اجرای آزمایشگاه مجازی به دلیل گستردگی، قابلیت دسترسی همگانی و گسترده و همچنین هزینه اندک آن، بر روی شبکه جهانی اینترنت می باشد. اگرچه اینترنت به دلیل گستردگی آن، از امنیت بالایی برخوردار نیست و امکان نفوذ و اخلال توسط دیگران در آن وجود دارد، ولی به دلیل استفاده آموزشی، اهمیت این موضوع کمتر خواهد بود.

۱- بررسی روش های مختلف انتقال اطلاعات در ایجاد امکان نظارت تحت شبکه

در طراحی این آزمایشگاه مجازی و کنترل از دور در محیط برنامه نویسی LabVIEW از چهار روش زیر بهره جسته ایم.

پروتکل TCP/IP

پروتکل UDP

روش Data socket server

روش Web Publishing tools

با توجه به پیچیدگی های فنی آزمایشگاه ماشین های الکتریکی لازم است تا با انتخاب محیط برنامه نویسی قوی با قابلیت شبیه سازی قوی، یک محیط گرافیکی مناسب و منطبق با پارامتر های مورد نیاز ایجاد کرد [۱۶و۱۷]. در ادامه به چگونگی بهره گیری از این روش ها در ایجاد کنترل و نظارت تحت شبکه برای محیط مجازی آزمایشگاه اشاره می شود. به دلیل کارایی بیشتر، تاکید این مقاله به روش های ۳-۳ و ۳-۴ خواهد بود.

پروتکل TCP/IP

در این سرویس ضمن ارسال داده ها از مبدا به مقصد، پیام‌های کنترلی ویژه‌ای مبنی بر دریافت و صحت دریافت داده ها برای مبدا ارسال می‌گردد. ترافیک سنگین شبکه و نیاز به پهنای باند کافی از محدودیت های ایجاد شده در این روش هستند.جهت آشنایی بیشتر به [۲] مراجعه گردد.

پروتکل UDP

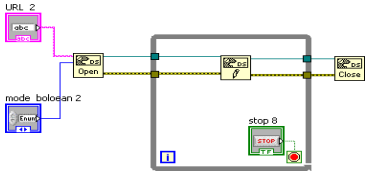
این پروتکل هیچ گونه سرویس وتضمین خاصی ارائه نمی‌دهد . صرفا داده‌ها را ارسال می‌کند[۲]. بدیهی است این پروتکل از سرعت بسیاربالاتری نسبت به پروتکل TCP/IP برخوردار است و تنها مسئله آن عدم اطمینان ازصحت ونظم دریافت دادها درگیرنده می‌باشد ودیگرخصوصیات نامناسب درسیستم های کنترل ومانیتورینگ ازراه دور شبکه را ندارد. جهت آشنایی بیشتر به [۲] مراجعه گردد.

روش Data Socket Server

DS تکنولوژی ایجاد ارتباط جهت تبادل داده بین یک Application با سایر Application ها و یا فایل ها, FTP Server ها و Web server ها می باشد. استفاده از این روش نسبت به روش های مشابه راحت تر و دردسترس تر می باشد چرا که کاربر به راحتی و با داشتن Mode کاری و یک Address به شکل URL میتواند ارتباط بین Data Source را با Data Target به کمک Data Socket server برقرار کند. همچنین به لحاظ نرم افزاری نیز ساده تر و پر کاربرد تر است.

دو روش متداول جهت بهره گرفتن از این مدل انتقال وارتباط در Labview وجود دارد:

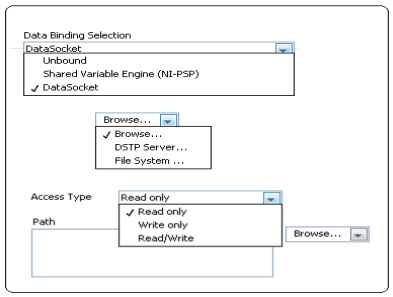
الف) در روش اول به کمک برنامه نویسی در محیط LabVIEW با حلقه while کار می کنیم مطابق شکل ۱.



شکل ۱: حلقه کنترلی جهت ایجاد کنترل و نظارت تحت شبکه

ب) در روش دوم از طریق گزینه Properties هر المان موجود در برنامه اولیه، وارد پنجره ذیل شده و با تغییر گزینه Data Binding و تعیین Data socket به این هدف نایل می شویم.لازم است که مسیر ارتباطی نیز به صورت کامل در Path وارد گردد. شکل۲ این سرویس را نمایش می دهد.

Array properties: states/ Data Binding



شکل ۲ :منوی انتخاب Data Binding در LabVIEW

پس از وارد کردن اطلاعات لازم در صفحه مربوط بهDS لازم است تا کاربر از مسیر زیر گزینه Data Socket Server را فعال نماید تا بتواند انتقال اطلاعات را از Client به Server و برعکس را انجام دهد.در شکل ۳ این پنجرا نشاد داده شده است.

All Program/National instruments/data Socket/Data socket Server

پیاده سازی قابلیت انتقال و تبادل اطلاعات بین یک یا چند منبع و مقصد و یا DS Reader و DS Writer به عهده DS Server می باشد. در ابتدا اطلاعات از Data Source دریافت و ذخیره می شود.سپس این اطلاعات بهData Target ارسال می گردد

شکل۳: Data Socket Server

Web Publishing

جهت ساختن یک فایل HTML در محیط Web ، برای ایجاد تصویری از صفحه گرافیکی شبیه سازی شده در LabVIEW،از این روش بهره می گیریم

در این وضعیت میتوان دو حالت Static یا Dynamic را برای فایل HTML در نظر داشت.

Labview/Tools/Web publishing tool

در روش فوق و در قسمت Viewing Mode می توانیم Mode مورد نظرمان را برای مشاهده VI انتخاب کنیم که شامل Embedded- Snapshot- Monitor هست.

أ- Embedded: با انتخاب این گزینه امکان کنترل و مشاهده Front panel به صورت کنترل از راه دور فراهم می آید. کنترل کردن VI در هنگام برقراری ارتباط به صورت online می تواند در اختیار کاربر باشد .

ب- Ssnapshot: با انتخاب این گزینه فقط یک تصویر از صفحه Front panel در اختیار کاربر قرار می گیرد.در این حالت امکان کنترل کردن از طرف کاربر وجود ندارد.

ج- Mmonitor: در این حالت تصویر دایما در حال Update شدن می باشد. در این حالت امکان کنترل کردن از طرف کاربر وجود ندارد.

تنظیمات مربوط به Web Server در قسمت زیر انجام می پذیرد:

Tools/Options/Web server configration

با تعیین آدرس مورد نظرمان و سایر تنظیمات گرافیکی صفحه، یک آدرس URL در اختیار ما قرار می گیرد که در شکل آمده است. برای نمونه

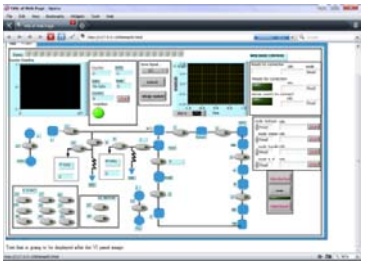
Http://localhost/slave.html

به کمک این آدرس، می توان از طریق Web به صفحه گرافیکی آزمایشگاه که در محیط LabVIEW شبیه سازی شده است، دسترسی داشت. در این حالت امکان دسترسی کاربر در دو وضعیت قابل تغییر است:

أ- مشاهده : در این وضعیت کاربر امکان انجام کارهای کنترلی را ندارد و فقط نتایج آزمایش را مشاهده می نماید.

ب- مشاهده و کنترل: در این حالت یک ارتباط دو طرفه بین کاربر و آزمایشگاه برقرار می باشد.

در شکل ۴ صفحه گرافیکی آزمایشگاه در Web Browser مشاهده می شود که توسط **Web Publishing** ایجاد گردیده است.



شکل ۴: صفحه گرافیکی در وب

نحوه برقراری ارتباط بین کاربر و آزمایشگاه واقعی

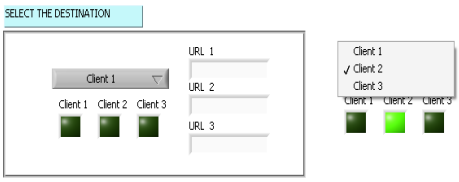
در ارتباط بین Client و Server توجه به موارد زیر ضروری به نظر میرسد:

- Server بتواند با توجه به نیاز و درهر زمان دلخواه با یک Client مشخص ارتباط برقرار کند .
- Client بتواند آمادگی خودش را در برقراری ارتباط به Server اعلام کند
- در زمان برقراری ارتباط بین Server ویک Client سایر Client ها نتوانند با Server انتقال داده انجام دهند.
- مکالمات مورد نیاز بین Client و Server به راحتی انجام گردد

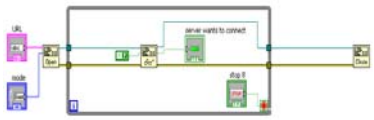
در ادامه این ۴ مورد بررسی می گردند:

انتخاب Client دلخواه توسط Server

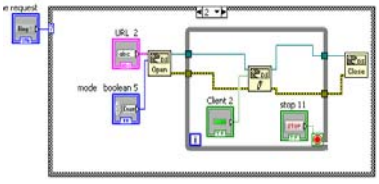
در این حالت Server با هر کدام از Client های مد نظر خود، به کمک انتخاب گزینه، ارتباط برقرار کرده و در Client مد نظر Server یک Boolean فعال می گردد و Client مزبور را متوجه درخواست ارتباط از طرف Server میکند.در شکلهای ۵و۶و۷این منو و Block diagram ان آمده است.



شکل ۵: منوی انتخاب Client دلخواه توسطServer



شکل۶: block diagram مربوط به Server

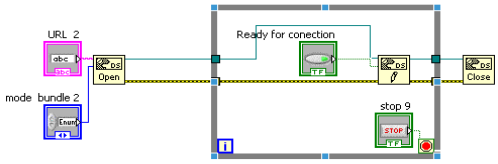


شکل ۷: block diagram مربوط به Cleint

در هر انتخاب یکی از حالات Case فعال خواهد شد و عمل فرستادن اطلاعات به کمک DS Write به Server انجام می گردد و سایر Client ها غیر فعال خواهند شد.چون لازم است تا Client فقط در زمانی که دستور برقراری ارتباط از Server صادر شده باشد امکان فعالیت داشته باشد لازم است تا کل پروسه موجود در Block diagram را در یک Case با شرط اینکه Boolean مربوط به Server wants to connect فعال باشد، قرار داد.اگر این شرط برقرار شد Client قادر خواهد بود داده ها را بفرستد و دریافت کند و اگر شرط False بود Client غیر فعال است.این Boolean به صورت Local variable در شرط Case قرار می گیرد.

درخواست Client جهت برقراری ارتباط

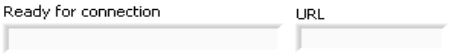
درخواست برقراری ارتباط از یک Client و به کمک یک حلقه Data socket write به Server فرستاده می شود. در Front panel شکل زیر در اختیار کاربر قرار می گیرد. در شکل ۸ ، Block diagram این برنامه آمده است. از هر Client که کلید در آن فعال شده است پیام درخواست برقراری ارتباط به Server ارسال و به صورت یک Boolean مشخص می شود..



شکل ۸: Block diagram درخواست از Client

مکالمات Client و Server

در این حالت هرگونه متنی قابل ارسال خواهد بود. این گزینه امکان ارتباط دوسویه بین کاربر و آزمایشگاه واقعی را جهت انتقال داده هایی غیر از داده های آزمایشگاهی ایجاد خواهد کرد، شکل ۹و۱۰.



شکل۹

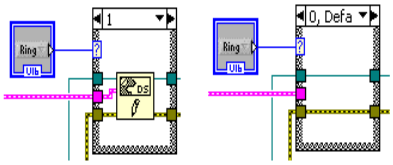
شکل۱۰

مد کاری در Server

در یک آزمایشگاه مجازی و کنترل تحت شبکه، لازم است تا در ابتدا داده های حاصل از آزمایش تولید و آنالیز گردند و در مرحله بعد، از طریق شبکه انتقال داده ها صورت پذیرد. پس دو مد کاری برای Server تعیین می شود.در مد اول فقط پروسه آزمایشگاهی در حال انجام است و Data Transfer صورت نمی گیرد که در این حالت ارتباطی بین Server وClient برقرار نیست. در این مد جهت خودداری از انتقال داده در برنامه نویسی از Flat sequence و Case استفاده می کنیم و شرط True/False بودن Case را در انتخاب گزینه زیر توسط کاربر قرار می دهیم.در شکل۱۱و۱۲ این منو نمایش داده شده است.

شکل ۱۱: منوی انتخاب حالت کاری Server

در مد دوم عمل انتقال داده ها به کمک پروتکل مشخصی انجام می پذبرد.در این حالت Case به صورت True عمل می کند. این توالی انجام کار به کمک یک Flat sequence صورت می گیرد.در صورتی که گزینه Data transfer انتخاب نشود با حالت دوم از Case structure مواجه می شویم.در شکل دو وضعیت برنامه نویسی آمده است.



شکل ۱۲: Block diagram مد Server

ارتباط دوسویه در آزمایشگاه مجازی زمان حقیقی کنترل از راه دور و تحت شبکه بین کاربر و آزمایشگاه واقعی درشش سطح تعریف می گردد:

أ- کاربر (Operator)

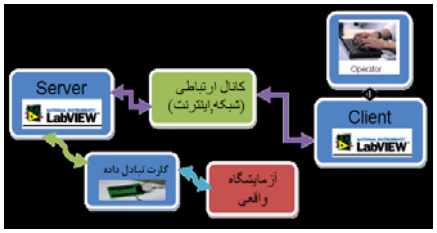
ب- برنامه Client شبیه سازی شده در محیط برنامه نویسی LabVIEW

ج- کانال ارتباطی (شبکه اینترنت و پروتکلی مشخص برای نمونه DS)

د- برنامه Server شبیه سازی شده در محیط برنامه نویسی LabVIEW

ه- کارت تبادل داده (DAQ) و برد های الکترونیکی رابط

و- دستگاه های موجود در آزمایشگاه واقعی



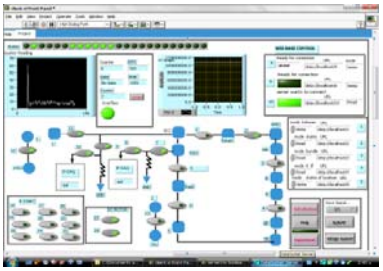
شکل۱۳: چگونگی ارتباط بین اجزای آزمایشگاه مجازی کنترل از راه دور

ایجاد آزمایشگاه مجازی و کنترل از راه دور ماشین های الکتریکی دانشگاه شیراز از طریق نظارت و کنترل زمان حقیقی تحت شبکه

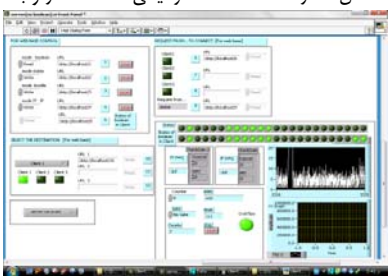
ابتدا کاربر از طریق کامپیوتر شخصی و به کمک شبکه اینترنت وارد صفحه Client میگردد که در اینترنت دارای یک آدرس خاص است . برای نمونه

://localhost/Server.htmlHttp

در این حالت کاربر یک صفحه گرافیکی شبیه سازی شده و مشابه با فرایند اصلی را مشاهده می کند و می تواند از طریق آن و با اعمال فرامین کنترلی، تغییرات لازم را اعمال کند. داده های مربوط به تغییرات ایجاد شده در Client به کمک شبکه و تحت پروتکلی خاص، به آدرس Server فرستاده می شود. Server نیز برنامه ای است که در محیط برنامه نویسی LabVIEW، در کامپیوتر مرکزی موجود در آزمایشگاه واقعی پیاده سازی شده است. داده های دریافت شده توسط Server از طریق کارت های تبادل داده و چند برد الکترونیکی طراحی شده به دستگاه های آزمایشگاه منتقل میگردد و فرایند اصلی با داده های واقعی صورت می پذیرد .پس از اتمام آزمایش و تولید داده های واقعی حاصل از آزمایش، نتایج از طریق کارت های تبادل داده به Server منتقل و پس از انجام یک سری عملیات کنترلی پیاده سازی شده در برنامه LabVIEW، داده های نهایی حاصل از اعمال فرامین کنترلی کاربر، تحت همان پروتکل و از طریق اینترنت دوباره به آدرس Client ارسال می گردد .بعد از دریافت اطلاعات در Client، نتایج در محل های خاص به نمایش در می آید و کاربر آنها را مشاهده می کند .در حین انجام آزمایش ارتباطی دو سویه بین کاربر و فرایند برقرار می باشد تا کاربر بتواند اعمال کنترلی و مانیتورینگ را به راحتی انجام دهد . در شکل شماره صفحه گرافیکی Client در وب و همچنین در شکل شماره محیط شبیه سازی شده Server را در LabVIEW مشاهده می کنید. در شکل های ۱۴ و ۱۵ صفحه گرافیکی Client در وب و برنامه Server شبیه سازی شده در محیط برنامه نویسی LabVIEW آمده است.



شکل شماره ۱۴ : صفحه گرافیکی Client در وب



شکل شماره ۱۵ : برنامه Server شبیه سازی شده در محیط برنامه نویسی LabVIEW

نتیجه گیری

با توجه به نیاز جامعه کنونی به آموزش های مجازی از راه دور و رشد سریع دانشگاه های مجازی، نیاز به توسعه آزمایشگاه های دانشگاهی در راستای اهداف آموزشی،پژوهشی دانش پژوهان به شدت احساس می گردد.در این مقاله سعی گردیده تا با ارایه چند روش مناسب در انتقال داده از طریق شبکه جهانی اینترنت، محیطی مجازی، زمان حقیقی و کنترل از راه دور طراحی گردد تا از طریق آن، دانش پژوهان به راحتی، در هر زمان دلخواه و با کمترین امکانات(کامپیوتر شخصی و دسترسی به اینترنت) از امکانات آزمایشگاهی به نحو دلخواه بهره گیرند.به نظر می رسد پروتکل DS به جهت اشغال پهنای باند مناسب،حجم برنامه نویسی کم و عدم پیچیدگی های برنامه نویسی انتخابی مناسب باشد.

قدردانی

با سپاس از زحمات مهندس زهرا نوروزی و مهندس زینت مظلومی که در طراحی اولیه محیط مجازی آزمایشگاه، همکاری نموده اند.

فهرست منابع:

1. Safavi, A.A., "Web-Base Control and Monitoring System: The New Challenge", Proceeding of 12th Iranian Conference Electrical Engineering, Vol. 1, Mashad, Iran, pp 119-125,2004

۲. صفوی،سید علی اکبر، صبا صالحی، مهسا معتمدی،احسان کیخا، سید وحید نقوی، حسین غفاری،"اولین آزمایشگاه مجازی و از راه دور ایران برای مهندسان کنترل:طراحی و اجرا"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران،سال نهم،شماره ۳۴،تابستان ۸۶

3. Knight, C.D., and S>P. DeWeerth, "World Wide Web-Base Automatic Testing of Analog Circuit " in proc. Midwest Symp, Circuits and Systems, pp.295-298,1996.

4. Casini, M., D., Prattichizzo, and A. Vicino, "The Automatic Control Telelab" IEEE Control Systems Magazine, pp. 36-44, 2004.

5. A. A. Safavi, ‘E-Learning Programs for Developing Countries, Vol. 5, No. 1 (2007) of the Iranian Journal of Information System and Technology (To be printed in Jan. 2007).

6. 16 .A.A. Safavi, M. Bawaghar, H. Ghaffari, ‘An introduction to standards and criteria for digital contents’, Electronic Learning Conference, Zanjan University, Zanjan, Iran May 2006.

7. Yang, S.H., X. Chen, J.L. Alty (2003), Design issues and implementation of internet-based process control systems, Control Engineering Practice, 11, pp. 709-720.
8. Instrumentation Newsletter", Winter 1996/1997, National Instrument.
9. National Instrument in Education", National Instrument 1996, 1997.
10. Safavi, A.A., I. Shames, N. Najmaei, and M. Zamani, "New Intelligent Traffic Shaper for High Speed Network," Iranian Journal of Information Science and Technology", 2007.
11. ECOSSE (2005), http://eweb.chemeng.ed.ac.uk/courses/control/course/map/intro.html
12. VCLab (2005), http://www.esr.ruhruniochum.de/VCLab/main.html
13. Yu, O., Bo Chen, and Harry H. Cheng (2004), Web-based control system design and analysis, IEEE Control Systems Magazine, June, , pp. 36-44. http://www.softintegration.com/webservices/control/
14. University of Oregon http://jersey.uoregon.edu
15. Virtual Engineering/Science Laboratory Course
16. http://www.jhu.edu/virtlab/virtlab.html/
17. M. S. Chen, R. R. Shoults, and W. J. Lee. "Physical simulation power system laboratory" In IEE international Conference on dvances in Power .System Control, Operation and Management, pages 859-864, Hong Kong, November 1991.
18. S. P. Carullo, R. Bolkus, J. artie, J. Foy C. O. Nwankpa,R. Fischl. And J. Gilerman. "Interconnected power system laboratory: Fault analysis experiment". IEEE Transaction on Power System, 11(4):1913-1919, November 1996.