

SNADNÁ REALIZACE VZDÁLENÉHO MĚŘENÍ A ŘÍZENÍ

LUSTIG František, ČR

Resumé

Příspěvek prezentuje aplikační software jako nový obecný trend v technickém vzdělávání. V příspěvku je popsána snadná realizace vzdálené laboratoře z hardwarové stavebnice ISES a softwarové stavebnice ISES WEB Control.

Klíčová slova: vzdálená laboratoř, e-learning, internet, stavebnice ISES.

EASY TO BUILD REMOTE MEASUREMENT AND CONTROL

Abstract

This paper presents an application software as a new general trend in technical education. The paper describes how it is easy to built remote laboratory using ISES-hardware kit and ISES WEB Control - software kit.

Key words: remote laboratory, e-learning, internet, ISES kit.

Úvod

Technická výchova vytváří u studentů správné postoje k technice, k běžnému praktickému životu. Na školách se realizuje v obecně technických předmětech (na ZŠ např. praktické činnosti, technika, dílenské práce, na SŠ technické kreslení, základy elektrotechniky, elektroniky, základy techniky aj.). Technická výchova zahrnuje práci s dílenskými prostředky, s technickými materiály (dřevo, plasty, kovo), ale nově i práci s výpočetní technikou. Ale výpočetní technika je nerozlučný soubor technického a programového vybavení. V technické výchově nastupuje práce na NC strojích, navrhování, konstruování a výroba pomocí programů CAD, CAE, CAM aj. Software se stává novým trendem v technickém vzdělávání.

V příspěvku je popsána speciální ukázka využití software ve vzdáleném měření a řízení. Autor se dlouhodobě zabývá realizací tradičních a v poslední době i vzdálených laboratoří podporovaných počítačem, což z pohledu technické výchovy není nic jiného než klasické technické prostředky řízené počítačem. A tato počítačová technika je ovládána jistým aplikačním programem. Uživatel není programátor, pouze ovládá, řídí, tvoří výstupy pomocí tohoto aplikačního software. V příspěvku bude živě demonstrována ukázka snadné realizace vzdálené laboratoře ze stavebnice ISES.

1 Problematika vzdáleného měření a řízení

Vzdálené laboratoře, remote laboratory, vzdálené experimenty, remore experiment, remote control, remote sensing, remote observing, robot, remote robot, atd. jsou klíčová slova, která použijeme, když si budeme chtít vyhledat, prohlédnout, či vyzkoušet na internetu nové technologie, které umí ovládat různé aparatury, či technické prostředky na druhé straně internetu.

Provozování vzdálených laboratoří se mnohým jeví jako složitá úloha. Zato tvorba WEB stránek se stala rutinní záležitostí. Příspěvek popisuje realizaci vzdálené laboratoře z pohledu konstruktéra. Realizace je založena na soupravě ISES (1), (2) (pro počítačem

podporovaná měření) a na softwarové stavebnici ISES WEB Control (3), (4) (pro podporu vzdáleného měření a řízení). Tyto dvě komponenty umožňují i začínajícím tvůrcům jednoduše zapracovat do svých WWW stránek prvky pro podporu vzdáleného měření a řízení.

Komunikovat mezi počítači jsme uměli už od "nepaměti" - vzpomeňme LapLink, síťová propojení LAN na různé úrovni a konečně internet. Soubory a dokonce multimediální soubory stahujeme a posíláme bez problémů odkudkoliv a kamkoliv. Málokdo si uvědomí, že jsme jenom kousíček od toho, abychom po internetu ovládli vzdálený experiment. Vzpomeňme např. sdílení aplikací, vzdálený dohled na počítačích (VNC aj.) - všechny tyto aplikace nám umožní nejenom "souborově" pracovat na vzdálené straně, ale pokud má vzdálená strana připojený např. měřicí systém, máme v rukou nástroj pro vzdálené laboratoře. Tyto aplikace se rozvinuly v specializované aplikace server - klient, jsou potřebné vždy dva programy, umožňují na míru šité aplikace, jsou bezpečné atd. atd. Touto cestou jdou průmyslové aplikace, kde je potřebná identifikace, zapisování řídicích procesů, je třeba zaznamenávat kdo a co prováděl. Touto technologií jsme prošli i my, ale i průmyslové systémy LabVIEW aj.

Jako protiváha výše popsané komunikaci server – klient se postupně rozvíjely aplikace, kdy byl klientský program nikoliv specializovaný program, ale standardní prohlížeč (Internet Explorer, Opera, Mozilla Firefox aj.), bez kterého se téměř žádný uživatel internetu neobejde. V příspěvku předkládáme universální a modulární přístup tohoto řešení – softwarovou stavebnici "ISES WEB Control", která v tomto okamžiku pracuje s měřicím systémem ISES, se sériovým rozhraním COM rozhraním, s USB rozhraním, ale není velký problém doplnit "ISES WEB Control" pluginem pro další měřicí a řídicí hardware.

Vzdálené laboratoře jsou takové "supernovičky", které se rychle vynoří, ale často se za pár týdnů ztrácí. Nadšení je veliké, ale udržovat non stop provoz takové laboratoře je náročné ani ne tak pro techniku, ale pro tvůrce.

2 Základní principy vzdáleného měření a řízení

Asi nepodchytíme chronologii, ale nejtypičtější první vzdálené úlohy byly něco rozsvítit, něčím otočit a to vše sledovat kamerou. Další typickou úlohou byl a je robot, víceramenný robot, se kterým uživatel manipuluje. Je zajímavé, že všechny tyto úlohy doprovází WEB kamera, aby byla potvrzena autentičnost. Přenos WEB kamery po internetu byl totiž zvládnutý asi nejdříve. Připojují se i modeláři se svými vláčky a autíčky. Se vzdálenými laboratořemi začínají vystupovat univerzity i školy. Některé přístupy na experimenty vyžadují vyplnění vstupního dotazníku, mnohé stránky mají svoji návštěvní knihu. Tvůrci stránek jsou nepochybně rádi, když je jejich aparatura ovládána někým "na druhé straně". A proto je navštěvujeme, zapisujeme se do knih návštěv, oni se vám odmění dalšími ukázkami.

Nyní ještě něco k základním principům. Serverová softwarová část běží na standardním WEB serverovém prostoru. Na serverovém WEB prostoru jsou vzdálené úlohy realizovány skoro jako standardní "HTML" stránky. Tyto stránky obsahují navíc Java applety, které umožní komunikaci s měřicí aparaturou. Asi není jednoduché tyto applety tvořit, a proto jsme připravili hotové applety, které se použijí jako blok v HTML stránce. Applety mají mnoho textových vstupních parametrů, takže i náročný uživatel si ho upraví k obrazu svému. Serverový software kromě HTML stránek s applety obsahuje spuštěné aplikace, které zprostředkují komunikace s hardwarem. Na serveru běží, kromě již zmíněného libovolného standardního WEB serveru, další důležité naše serverové aplikace jako ImageServer pro podporu WEB kamer, MeasureServer pro ovládání hardware např. pro náš

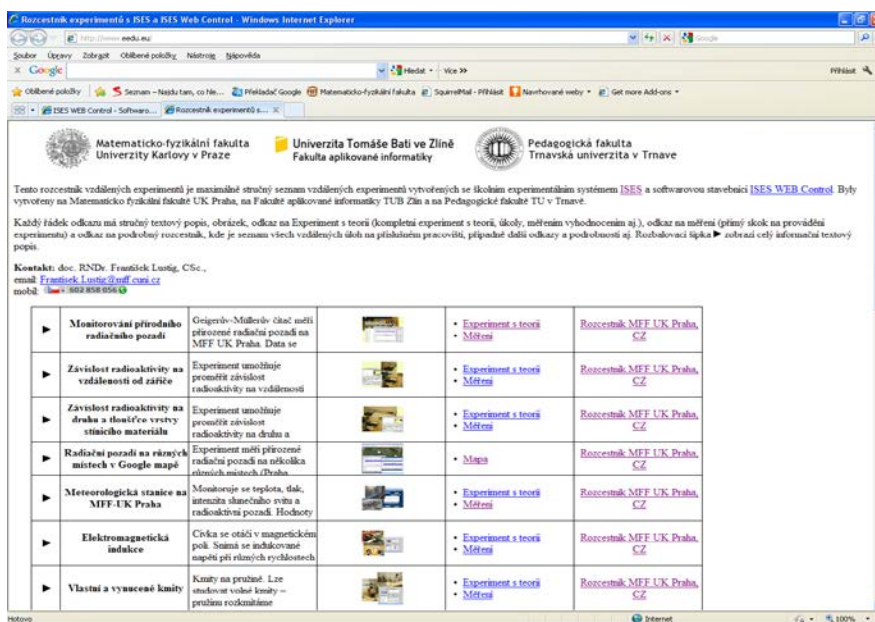
systém ISES, HTTPRelay pro připojování uživatelů s omezenými přístupy (blokování nestandardních portů).

V případě vzdálených laboratoří je k serverovému stroji navíc připojena nezbytná hardwarová část - např. měřicí aparatura. A možná ti z vás, co již měřili na lokálních aparaturách tuší, že takový počítač musí mít např. analogově digitální a digitálně analogové převodníky, aby mohl "komunikovat" s laboratorními přístroji. V našem případě tvoří serverový hardware souprava ISES-PCI či ISES-PCI-Professional, či ISES-USB, viz <http://www.ises.info>. Soupravy ISES vlastní přes 450 škol a v případě, že budou chtít vyzkoušet své vzdálené experimenty mohou je ihned začít realizovat s použitím softwarové stavebnice "ISES WEB Control", která obsahuje všechny zmíněné applety i servery.

3 Ukázky vzdálených laboratoří

Také naše fakulta MFF-UK Praha se zabývá (a myslíme si, že i ovlivňuje) vývoj vzdálených laboratoří. První pokusy vzešly již v roce 2002, např. úloha Řízení výšky vodní hladiny na <http://kdt-14.karlov.mff.cuni.cz> (dosud má cca 6.250 přístupů!). Tato úloha byla orientována na WEB, klientem již nebyl specializovaný program, ale standardní prohlížeč typu Internet Explorer aj. HW aparatury bylo sestaveno z komponent soupravy ISES. Uživatel mohl po internetu ovládat zapínání a vypínání vodního čerpadla, stav vody byl sledován WEB kamerou, voda mohla přetékat. Tuto úlohu jsme nechali jako multipřístupovou. Současně mohlo ovládat hladinu mnoho uživatelů, aktivní byl vždy poslední příkaz. Někdy se zde rozpoutal zajímavý souboj.

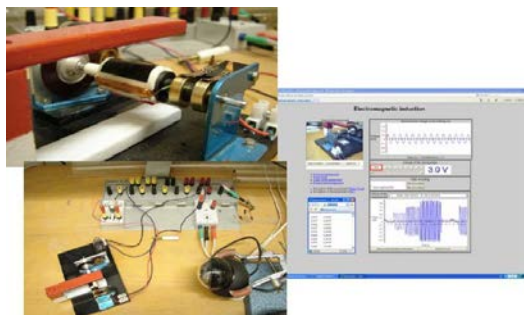
Ukázky vzdálených experimentů, využívajících stavebnici ISES WEB Control, jsou souhrnně na rozcestníku <http://www.eedu.eu>, kde jsou experimenty z MFF-UK Praha, z UTB Zlín a z PedF Trnavské univerzity. Tento rozcestník je zajímavý tím, že je to skutečně pouhý řádkový seznam bez dalších doplňujících textů, informací, odkazů aj.



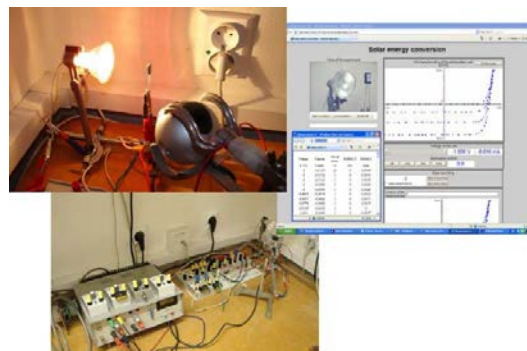
Experiment	Popis	Obrázek	Experiment s teorií • Měření	Rozcestník MFF UK Praha, CZ
▶ Monitorování přírodního radioaktivního pozadí	Geigerův-Müllerův čítač měří přítomnost radioaktivního pozadí na MFF UK Praha. Data se		• Experiment s teorií • Měření	Rozcestník MFF UK Praha, CZ
▶ Závislost radioaktivity na vzdálenosti od zářiče	Experiment umožňuje prozkoumat závislost radioaktivity na vzdálenosti		• Experiment s teorií • Měření	Rozcestník MFF UK Praha, CZ
▶ Závislost radioaktivity na druhu a tloušťce vrstvy stínícího materiálu	Experiment umožňuje prozkoumat závislost radioaktivity na druhu a		• Experiment s teorií • Měření	Rozcestník MFF UK Praha, CZ
▶ Radioaktivní pozadí na různých místech v Google mapě	Experiment měří přírodní radioaktivní pozadí na několika různých místech (Praha)		• Měření	Rozcestník MFF UK Praha, CZ
▶ Meteorologická stanice na MFF UK Praha	Monitoruje se teplota, tlak, intenzita slunečního svitu a radioaktivní pozadí. Hodnoty		• Experiment s teorií • Měření	Rozcestník MFF UK Praha, CZ
▶ Elektromagnetická indukce	Cívka se otáčí v magnetickém poli. Sbírá se indukované napětí při různých rychlostech		• Experiment s teorií • Měření	Rozcestník MFF UK Praha, CZ
▶ Vlastní a vynucené kmity	Kmity na pružině. Lze studovat volné kmity – průběh rozeznáme		• Experiment s teorií • Měření	Rozcestník MFF UK Praha, CZ

Obr. 1: Rozcestník vzdálených experimentů využívajících stavebnici ISES WEB Control (<http://www.eedu.eu>)

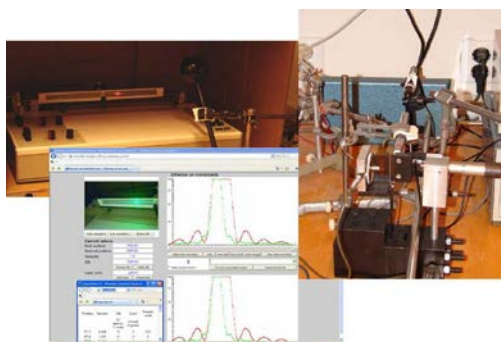
Ukázky některých vzdálených experimentů:



Elektromagnetická indukce
<http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz>



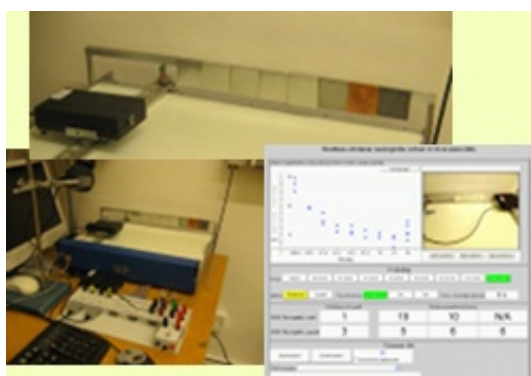
Fotovoltaický článek
<http://kdt-4-karlov.mff.cuni.cz>



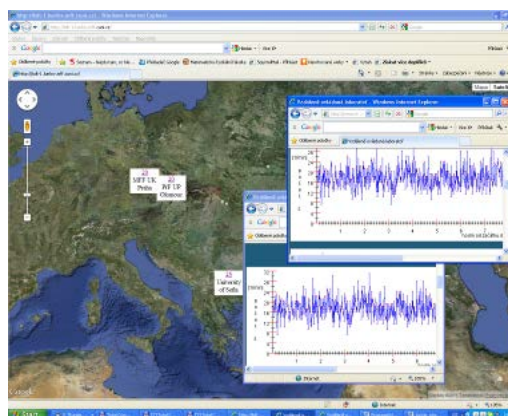
Ohyb světla na šterbině
<http://kdt-13.karlov.mff.cuni.cz>



Řízení výšky vodní hladiny
<http://kdt-14.karlov.mff.cuni.cz>



**Závislost radioaktivity na vzdálenosti
a na materiálu**
<http://kdt-38.karlov.mff.cuni.cz>



**Měření přirozené radiace současně
na několika místech (v GoogleMap)**
<http://kdt-1.karlov.mff.cuni.cz>

Ještě jednou připomeneme, že klientský (Váš) počítač vyžaduje pouze prohlížeč Internet Explorer, či Mozilla Firefox aj. a podporu jazyka Java, která je v prostředí Windows automaticky k dispozici, resp. se z volně dostupných zdrojů doinstaluje.

Vzdálené experimenty provozujeme na MFF-UK Praha od roku 2002, od roku 2007 jsme k úlohám doplnili počítačla přístupů. V následující tabulce jsou statistiky. Celkově jsme zaznamenali přes 45.000 přístupů. A možná je zajímavý i údaj růstu těchto přístupů – od listopadu 2011 do dubna 2012 je to 2.500 přístupů. Laboratoře využívají jak střední školy, tak i vysoké školy, které např. nemají některé složitější aparatury.

Experiment	Vodní hladina	Meteoro- logická stanice	Electro- magnetic ká indukce	Kmity na pružině	Přeměna solární energie	Difrakce na objektech	Σ
Spuštění experimentu	IV / 2002	XII / 2005	X / 2006	X / 2006	X / 2006	VI / 2007	
VIII/2007	2896	1824	998	570	675	72	7 035
II/2008	3573	2401	2748	1282	1515	862	12 381
IV/ 2008	3848	4827	3241	1498	1843	1128	16 385
III/2009	4636	6855	5314	2596	2866	2142	24 309
IV/2010	5349	8614	7255	3840	4071	3924	33 053
VI/2010	5462	8532	7579	3480	4185	4140	33 378
XI/2011	6257	10687	9773	4846	5665	6151	43 379
IV/2012	6 472	11 114	10326	5 288	6 032	6 656	45 888

Tab. 1: Počet přístupů do vzdálených laboratoří <http://www.ises.info> (ke dni 15.4. 2012), počítačla přístupů byla zavedena až v roce 2007.

Protože se již často stávalo, že úlohu potřebovali v daný čas jak studenti, tak i učitelé, máme k těmto úlohám připravený rezervační systém, který umožňuje uživatelům rezervovat si daný den a čas, aby úloha byla přístupná pouze na jeho heslo. Mimo tento režim jsou úlohy přístupné bez hesla komukoliv, kdykoliv a odkudkoliv (!). Pozn.: rezervaci zatím neprovádíme on-line, o rezervaci možno požádat autora příspěvku.

4 Jak postavit vzdálený experiment?

Ukážeme konkrétně na soupravě ISES. Je to jednoduché. Stačí k tomu počítač, souprava ISES, případně WEB kamera a software "ISES WEB Control".

Souprava ISES (např. měřicí souprava ISES PCI Professional, či jednodušší varianta ISES PCI, resp. ISES USB) je široká otevřená platforma, která umožňuje měření a řízení experimentů ve Fy Che a Bi. Vytvořená vzdálená úloha umožňuje on-line sledování WEB kamerou, on-line řízení, on-line měření. ISES WEB Control je vlastně „pouze“ program. Jedná se programátorskou stavebnici, která sestává z cca 30 appletů, serverů (MeasureServer, VideoServer, WWW server) a ukázkových příkladů, ze kterých pouhým sestavováním vytvoříte libovolné vzdálené ovládání, či měření. Uživatel NEMUSÍ být programátor. Postačí mu pouhé základní znalosti o HTML.

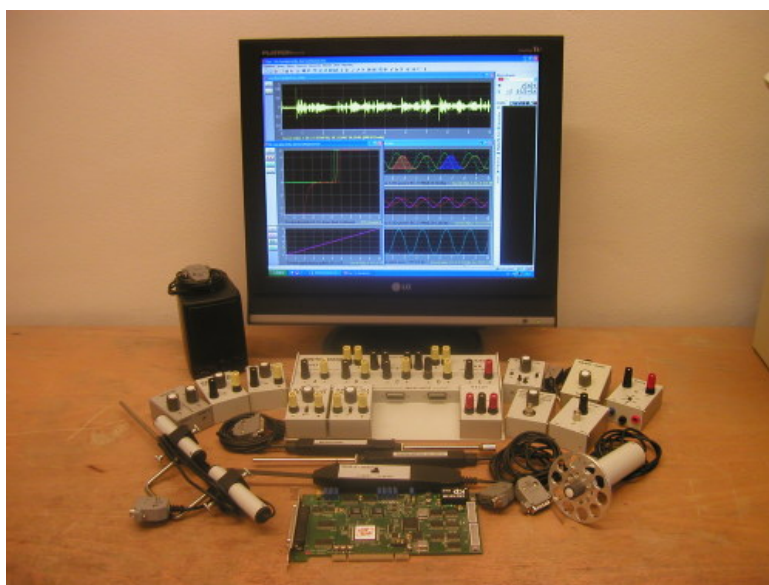
Měřená data se nejenom zobrazují v číselné a grafické podobě, ale též se zaznamenávají do souboru a lze je přenést do své klientské aplikace (např. Excel, Origin aj.). Data mají „*.txt“ formát.

Bližší informace <http://www.ises.info/index.php/en/systemises/iseswebcontrol>

Sestavení vzdáleného experimentu se soupravou ISES:

1. Potřebujeme tedy počítač, na kterém běží lokálně hardware ISES (ADDA karta, panel ISES a čidla ISES). Hardware ze soupravy ISES (ISES-PCI-Professional nebo ISES-PCI nebo ISES-USB, max. vzorkovací frekvence 100 kHz). V plné sestavě (s přídatnou deskou reléová karta) disponuje ISES 6 analogovými vstupy 0-5 V, 2 analogovými výstupy ± 5 V, 2 digitálními výstupy TTL, resp. doplnkově ještě 16x relé.

Počítač by měl umožnit provozování WEB serveru např. Nginx, Apache, PinkNet Web Server aj.

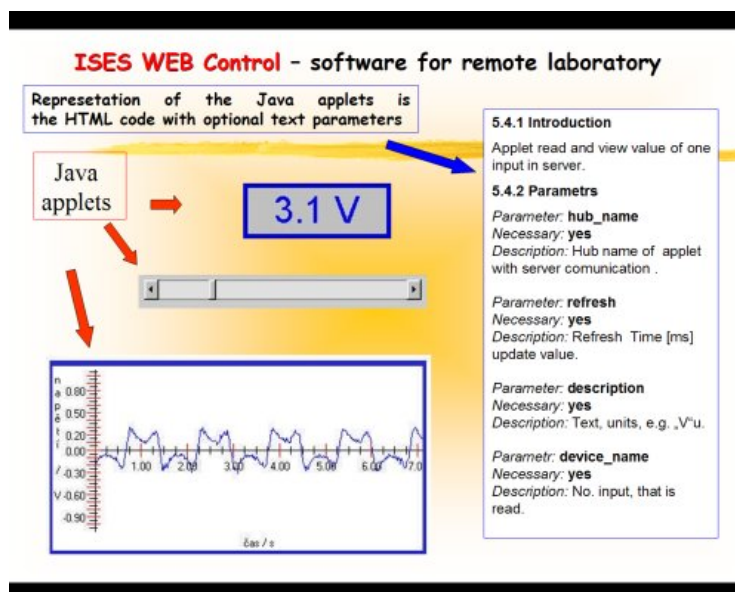


Obr. 2: Souprava ISES

2. K tomuto počítači ještě připojíme a standardně nainstalujeme WEB kameru pro on-line pozorování experimentu.

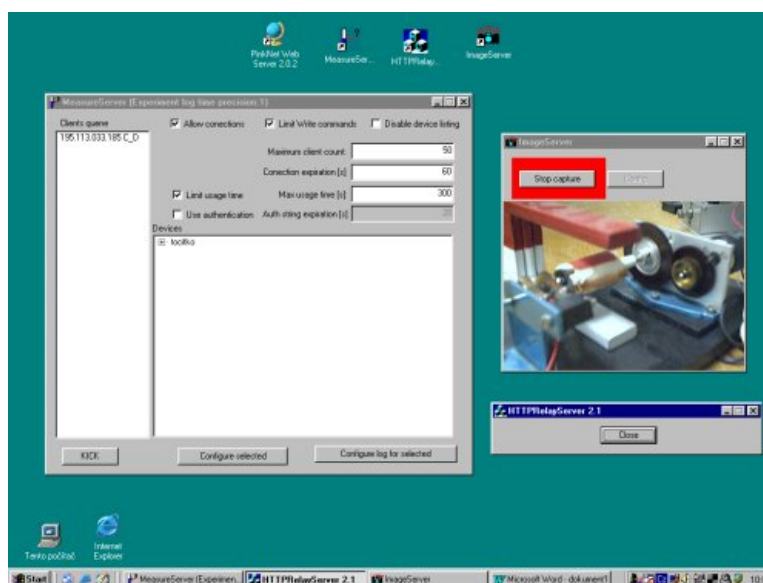
3. Na tomto počítači umístíme do WWW prostoru HTML stránky se vzdáleným experimentem - tj. HTML text s applety stavebnice "ISES WEB Control". Asi by nebylo jednoduché tyto applety vytvořit, a proto jsme připravili hotové applety, které se použijí technikou "vezmi a zkopíruj" do HTML stránky. Applety mají mnoho vstupních parametrů, takže i náročný uživatel si ho upraví k obrazu svému. Asi jednoduše pochopitelné budou applety typu tlačítka pro výstup hodnoty (napětí), či pro vstup naměřené hodnoty, či applet posuvník - scrollbar. Pro zobrazování WEB kamery je k dispozici další připravený applet. Další applety slouží ke komunikaci se měřícím serverem, navazují spojení, zobrazují frontu uživatelů, umožňují záznam, výběr a grafický výstup experimentu, umí vygenerovat naměřená data aj. Ve stavebnici je 10 triviálních ukázkových vzdálených experimentů (jednoduchý vstup, jednoduchý výstup, ovládání relé, časové zobrazení jednoho a více kanálů, XY zobrazení, záznam dat, výběr dat, export dat, ukázka rychlého měření (až 1.000 Hz), dlouhodobý záznam (i po několik roků s výběrem dat v daném časovém období),

příklady na řízení výstupních analogových i digitálních signálů aj. Ke stavebnici je samozřejmě manuál, který popisuje všechny možnosti, které zřejmě využijete až později.



Obr. 3: Ukázka tvorby webových stránek

4. Na serverové straně kromě HTML stránek s applety umístíme a spustíme serverové aplikace, které zprostředkují komunikace s hardwarem. Na serveru běží kromě již zmíněného libovolného standardního WEB serveru, další důležité naše serverové aplikace jako ImageServer pro podporu WEB kamer, MeasureServer pro ovládání hardware např. pro náš ISES, HTTPRelayServer pro připojování uživatelů s omezenějšími přístupy (blokování nestandardních portů).



Obr. 4: Příklad obrazovky serverové strany



Obr. 5: Příklad obrazovky klientské strany (v prohlížeči)

Závěr

Hotovo. A máme vzdálenou laboratoř. A nyní už čekáme první klienty, kteří se připojují pomocí standardního prohlížeče např. Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, aj. Klienty na svých stránkách upozorníme, že musí mít povolenou podporu jazyka Java.

Nyní už stačí "jenom" vymýšlet další a další úlohy, které jsou "samoobslužné" a nevyžadují lidskou ruku. A věřte, vymyslet takové úlohy, není vždy až tak jednoduché.

Příspěvek chtěl ukázat, že se software, v našem případně software pro vzdálené měření a řízení, stává novým trendem v technickém vzdělávání.

Literatura

1. SCHAUER, F. LUSTIG, F. OZVOLDOVA, M. *ISES - Internet School Experimental System for Computer-Based Laboratories in Physics*. Innovations 2009 (USA). World Innovations in Engineering Education and Research. iNEER Special Volume 2009. chapter 10. pages 109-118. ISBN 978-0-9741252-9-9.
2. LUSTIG, F. *Computer based system ISES*. Available at <http://www.ises.info>, 1990-2012.
3. LUSTIG, F., DVOŘÁK, J. *ISES WEB Kontrol - software kit pro vzdálené laboratoře se soupravou ISES*. Výroba učebních pomůcek PC-IN/OUT, U Druhé Baterie 29, 162 00 Praha 6, tel. 602 858 056, Praha, 2003
4. SCHAUER, F. LUSTIG, F. DVOŘÁK, J. OŽVOLDOVÁ, M. *Easy to build remote laboratory with data transfer using ISES – Internet School Experimental System ISES*. Eur. J. Phys. 29. 753-765. 2008.

Lektoroval: ing. Bronislav Balek

Kontaktní adresa:

František Lustig, doc. RNDr. CSc.
Univerzita Karlova v Praze,
Matematicko-fyzikální fakulta,
Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2
Frantisek.Lustig@mff.cuni.cz