

Vzdálené experimenty s Arduinem, s USB a COM měřicími přístroji - Internetové školní experimentální studio "iSES Remote Lab SDK"

František Lustig

e-mail: Frantisek.Lustig@mff.cuni.cz

Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, Praha

Klíčová slova

Vzdálené experimenty, Arduino, COM, USB

Úvod

HW a SW stavebnice „iSES Remote Lab SDK“ si letos odnesla hned dvě ocenění, za workshop a za demonstraci, z nejprestižnější světové konference REV2016 (Remote Engineering and Virtual Instrumentation), která se věnuje vzdálenému měření a řízení. Tento workshop bychom chtěli předvést i českým učitelům.

Náš tým se věnuje vzdáleným experimentům již od roku 2002. Asi jste již někdy navštívili, resp. navštivte naše vzdálené experimenty na <http://www.ises.info/index.php/cs/laboratory>, které jsou vybudované na měřicím systému ISES, který je optimální pro profesionální tvorbu vzdálených laboratorí. Vybuďovali jsme vzdálené experimenty i celé laboratoře na MFF-UK Praha, na UTB Zlín, na PedF v Trnavě, na UKF v Nitře, na PřF v Olomouci, na PřF v Ostravě, na Gy Benešov, na Gy Klatovy aj. V současné době je aktivních asi 40 vzdálených experimentů pro fyziku a chemii vybudovaných na systému ISES.

Na MFF-UK je 18 vzdálených experimentů, přístupných 24/7/365 volně bez hesla. Jednoduché vzdálené experimenty např.:

- Elektromagnetická indukce: http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz/ovladani_2_en.html
- Studium radioaktivity: http://kdt-38.karlov.mff.cuni.cz/choice_en.html
- Usměrňovač: http://kdt-19.karlov.mff.cuni.cz/index_en.html

resp. složitější:

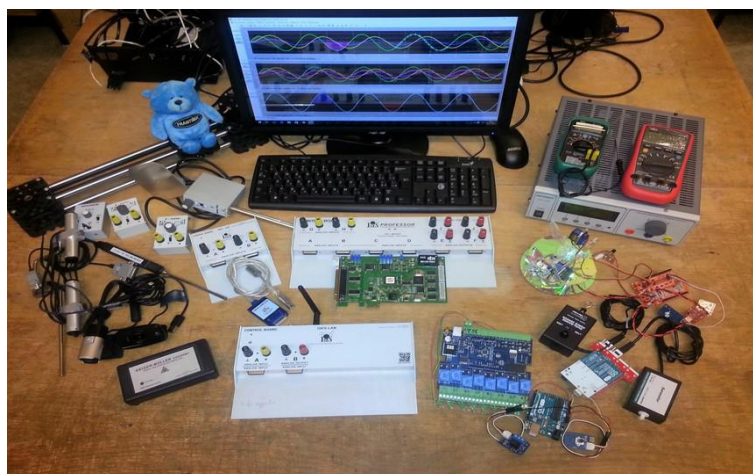
- Fotoefekt: http://kdt-29.karlov.mff.cuni.cz/index_VA_en_js.html
- Franckův-Hertzův pokus na PedF MU Brno, <http://147.251.192.82/>

Byli bychom rádi, kdyby se počet vzdálených laboratorí rozšířil, a proto jsme se rozhodli umožnit tvořit vzdálené laboratoře BEZ profesionálních měřicích systémů (jako jsou např. ISES, LabVIEW aj.), ale POUZE se standardními měřicími přístroji s **COM** a **USB** rozhraním, jako jsou univerzální multimetry, laboratorní zdroje, krokové motory, lineární posuvy, aj. a nyní přicházíme s **Arduino** deskami. Právě od **Arduina** očekáváme, že by počet zájemců o aktivní tvorbu vzdálených experimentů mohl prudce vzrůst. Vždyť samotné Arduino pořídíme za cca 300,- Kč, fyzikální senzory jsou cca za 100,- Kč a program „Lite iSES Remote Lab SDK“ pro Arduino je zdarma.

Na workshopu si účastníci sestaví vzdálený experiment s Arduinem. Kdo si přnese vlastní Arduino, tak si domů odvezete zřejmě svůj první vzdálený experiment (BYOD – Bring Your Own Device). Ti z Vás, co nechtějí čekat na Workshop, si mohou vzdálený experiment s Arduinem odzkoušet sami již nyní. Na úvodní stránce www.ises.info je ke stažení instalace a podrobný manuál „Lite iSES Remote Lab SDK“, kterou jsme připravili pro konferenci REV2016. Vyzkoušejte si to, je to jednoduché!

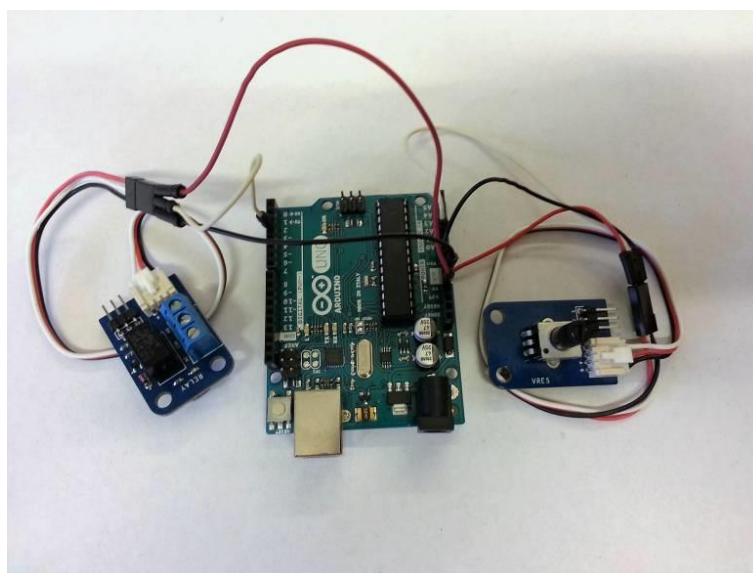
Softwarová stavebnice iSES Remote Lab SDK

Softwarová stavebnice **iSES Remote Lab SDK** je soubor jednoduchých strukturovaných příkladů, pomocí kterých lze sestavit jednoduchý funkční vzdálený experiment nejenom s měřicími systémy jako jsou např. ISES, LabVIEW aj., ale i se standardními měřicími přístroji jako jsou např. univerzální multimetr UT-61E, environmentální multimetr DT-2232, laboratorní řízený zdroj PSP-1405, USB Geiger-Muller counter, krokové motory, lineární posuvy 1D-3D aj.



Přehled měřicích systémů, přístrojů a zařízení, které jsou podporovány SW stavebnicí „iSES Remote Lab SDK“

V současné době jsme se též zaměřili na vzdálené experimenty s **Arduino** deskami. Právě od Arduina očekáváme, že by počet zájemců o aktivní tvorbu vzdálených experimentů mohl prudce vzrůst. Vždyť samotné Arduino pořídíme asi za 300 Kč, fyzikální senzory jsou asi za 100 Kč a program „Lite iSES Remote Lab SDK“ pro Arduino je zdarma.



ArduinoUno hardware pro Lite verzi „iSES Remote Lab SDK“, vstup-potenciometr, výstup-relé

Softwarová stavebnice Lite iSES Remote Lab SDK pro Arduino

Pomocí „Lite iSES Remote Lab SDK“ vytvoříme s Arduinem vzdálený experiment umožňující číselné i grafické časové ZOBRAZENÍ jednoho analogového vstupního kanálu (např. potenciometr, teplotní senzor, světelný senzor, aj.), ŘÍZENÍ jednoho digitálního výstupního kanálu (např. relé), Příklady dále pokračují ZÁZNAMEM jednoho analogového kanálu a následuje příklad na EXPORT dat do **csv** formátu např. pro Excel nebo do **txt** HTML formátu. Přidáme-li WEB kameru, potom je mezi ukázkovými příklady též on-line přenos obrazu. Ukázkové příklady jsou v JavaScriptu a lze je jednoduše upravovat, slučovat aj., takže lze vytvořit plnohodnotný vzdálený experiment s jednokanálovým číselným a grafickým zobrazením, se záznamem a exportem dat, experiment může mít zároveň jednokanálové řízení – např. digitální výstup s relé a experiment může být zároveň snímán WEB kamerou.

Vzdálený experiment se instaluje na počítači s Windows (7, 8, 10, 32 i 64 bit): Počítač necht' má též nějaký prohlížeč Edge, Explorer, Chrome, Firefox, Opera, aj. který podporuje JavaScript. Bude se též hodit i např. Excel pro zobrazení exportovaných dat. Pokud budeme chtít instalovat firmware pro vzdálený experiment do Arduina, je vhodné mít nainstalováno prostředí Arduino-IDE (není potřeba, pokud máte Arduino s předem nainstalovaným firmwarem).

Vzdálený experiment je aplikace server - klient. Vyžaduje tedy 2 počítače (resp. počítač a SmartPhone, resp. počítač a tablet). Na **serverovém počítači** budou spuštěné **serverové programy** pro měření **Mesure_Server_Lite** (je součástí volně šiřitelného balíčku „Lite iSES Remote Lab SDK“). Pro přenos WEB kamery serverový program **ImageServer** (je součástí volně šiřitelného balíčku „Lite iSES Remote Lab SDK“) a nějaký WEB server (my používáme **Nginx.exe**, který má své stránky na <http://www.nginx.org>, pozn.: je součástí volně šiřitelného balíčku „Lite iSES Remote Lab SDK“). V **klientském počítači**, resp. Smartphonu bude pouze standardní **WEB browser** (Edge, Explorer, Firefox, aj.). Na klientském počítači spustíme vzdálený experiment zadáním adresy (např. 193.213.36. 17, resp. např. kdt-20. karlov.mff.cuni.cz), tím se zobrazí uživatelský panel pro ovládání vzdáleného experimentu. Experiment z této webové stránky se již jednoduše intuitivně ovládá. Můžeme pozorovat, zaznamenávat a exportovat měřená data. Exportovaná data si můžete ihned prohlédnout např. v programu Excel.

Instalace hardware vzdáleného experimentu pro Arduino-Uno

Jako měřicí hardware je použito např. Arduino-Uno (ale lze použít i jiné modely Arduino). Jako vstupní PIN je použit A0, jako výstupní PIN je použit D3. Vstupní senzory jsou zapojeny na +5V, GND a vstup A0. Výstupní senzor je zapojen na +5V, GND a výstup D3. Arduino Uno se připojí do USB portu počítače.

Instalace software pro vzdálený experiment pro Arduino-Uno

Na <http://www.ises.info> si stáhneme zip archiv VirtualLab_Arduino_Lite_EN.zip. Rozbalíme ho a celý adresář VirtualLab_Arduino_Lite_EN včetně podadresářů nakopírujeme do svého PC, např. necháme adresář C:\VirtualLab_Arduino_Lite_EN.

Zde jsou podadresáře Arduino_firmware, Bin a Pages.

- a) musíme nainstalovat firmware pro vzdálený experiment do Arduino-Uno
- b) musíme nainstalovat serverové aplikace do PC.

Instalace software do Arduino-Uno

V dodaném software VirtualLab_Arduino_Lite_EN je adresář Arduino_firmware, který se musí pomocí základního software Arduino nainstalovat do Arduino-Uno, resp. též i do jiných hardwarových klonů Arduino. Budete potřebovat znát číslo COM portu, kam se nainstalovalo Arduino a konkrétní typ hardware Arduino (Uno, Due, Mega aj.). Toto stačí zkušeným uživatelům Arduino.

Podrobný popis instalace firmware pro začátečníky s Arduinem

Instalace firmware pro Arduino Remote laboratory. Nejlepší řešení je nainstalovat si celé vývojové prostředí pro Arduino včetně driverů, knihoven aj. Stáhneme si ho např. ze stránky <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> „Download the Arduino Software Arduino 1.6.7“ (poslední verze) a spustíme instalační soubor Arduino-1.6.7-Windows.exe. Potvrdíme licenční podmínky a necháme vše nainstalovat, vše potvrdíme.

Na ploše se vytvořil program Arduino (symbol nekonečno s minusem a plusem), ve složce Dokumenty se vytvořila složka Arduino. Do této složky budeme importovat všechny potřebné knihovny. Pro informace jak instalovat knihovny se podívejte na: <http://www.arduino.cc/en/Guide/Libraries>. Import knihoven provádíme buď v Menu programu Arduino 1.6.7 (hlavní menu: Projekt – Přidat knihovnu ...) nebo nakopírujeme do složky libraries v C:\Dokumenty\arduino\libraries\ naši knihovnu **Remduino**, která je ve složce (C:\VirtualLab_Arduino_Lite_EN\arduino_firmware\libraries).

V adresáři C:\VirtualLab_Arduino_Lite_EN\arduino_firmware\Arduino_demo\ máme soubor **Arduino_demo.ino**, který musíme nahrát do Arduino. Pořukáním na souboru Arduino_demo.ino se nám otevře programovací prostředí s naším programem Arduino_demo.ino. V nástrojích vybereme číslo sériového portu COM, kde se instalovalo naše zapojené Arduino (pozn. Arduino musí být zapojené do USB konektoru). Např. ve správci zařízení ve Windows, zjistíme, že Arduino je např. na COM 3). Dále musíme v Nástrojích zvolit typ Arduino (Uno, Due, Mega aj.). A potom již můžeme nahrát tento program Arduino_demo.ino do Arduino (modrá šipka vpravo, nahoře v hlavním Menu). Tím jsme dokončili instalaci firmware pro vzdálené experimenty do Arduino. Stačí provést pouze jednou. V případně problémů s instalací firmware do Arduino se podívejte do manuálu na (<http://arduino.cc>), případně si vyžádejte Arduino s předinstalovaným firmware, případně může poradit Frantisek.Lustig@mff.cuni.cz.

Instalace software pro vzdálený experiment do PC

Celý adresář VirtualLab_Arduino_Lite_EN nakopírujeme na Vaše PC, např. do adresáře C:\VirtualLab_Arduino_Lite_EN. Pozn.: Není třeba instalovat, stačí zkopírovat a je vše připraveno. Znovu opakujeme, že server i klient poběží nejdříve zkušebně na jednom počítači, na adrese 127.0.0.1. Takto si „vzdálený experiment“ nejlépe odzkoušíme. Teprve později ho převedeme na reálnou IP adresu a na dva oddělené počítače.

První spuštění vzdáleného experimentu na lokálním počítači

Arduino má nainstalovaný firmware, OK. Na PIN A0 Arduina připojíme na nějaký vstupní senzor (např. potenciometr, teplotní senzor, světelný senzor aj.), dále na PIN D3 připojíme nějaký výstupní senzor (např. relé). Arduino zapojíme do USB vstupu počítače (s operačním systémem Windows XP, 7, 8, 10). Arduino není třeba externě napájet, stačí USB připojení. V počítači máme zkopírovaný rozbalený adresář C:\VirtualLab_Arduino_Lite_EN včetně všech podadresářů.

Pro sledování vzdáleného experimentu lze k počítači připojit též Web Cameru.

Spustíme všechny softwarové komponenty nutné pro vzdálený experiment (MeasureServer.exe, Nginx.exe, resp. též ImageServer2.exe pro WEB kameru).

MeasureServer.exe

C:\VirtualLab_Arduino_Lite_EN\bin\MeasureServer.exe

Programu MeasureServer.exe ještě musíme říci, na kterém virtuálním COM portu pracuje naše Arduino Uno (zjistíme ho ve Správci zařízení (Device Manager) ve Windows). Toto číslo musíme zapsat do aplikace MeasureServer.exe. Spustíme MeasureServer.exe. Téměř jistě se objeví hláška *Unable to open port*, která nám říká, že číslo COM portu v dodané instalaci není stejné jako číslo COM portu, kde se nainstalovalo naše Arduino-Uno. Ťukneme myší na nápis Arduino, stiskneme tlačítko *Configure selected*. Na kartě Config stiskneme tlačítko *Cfg* a potom na kartě *Port selection* zadáme zjištěné číslo COM portu pro Arduino, (např. 5). Potvrdíme OK a ještě jednou OK.

Pokud máme na počítači Firewall, tak ho povolíme.

Nginx.exe

C:\VirtualLab_Arduino_Lite_EN\pages\nginx\nginx.exe

Program Ngin.exe nemá samostatné okno, běží na pozadí (můžeme se přesvědčit v Task Manageru, že je spuštěn, je tam vidět 2x, ale to je vlastnost nginx.exe).

(Pozor, nesmíme spustit nginx.exe dvakrát a vícekrát, byl by v Task Manageru vidět 4x a vícekrát a vzdálený experiment by nám nepracoval!). Program Nginx.exe se ukončuje programem Stop.bat (C:\VirtualLab_Arduino_Lite_EN\pages\nginx\stop.exe). Doporučujeme vždy důsledně ukončit, aby nám Nginx.exe neběžel na počítači vícekrát.

ImageServer2.exe

C:\VirtualLab_Arduino_Lite_EN\bin\Image server2.exe

V počítači byste měli mít nainstalovanou libovolnou WEB kameru. Po spuštění programu ImageServer2.exe je třeba v horním okně vybrat vaši kameru. Další parametry neměňte, vše je přednastaveno). Nyní byste již měli vidět snímání obrazu. (Podrobnější informace k ImageServeru Frantisek.Lustig@mff.cuni.cz, resp. časem vznikne Help i k instalaci ImageServeru na <http://www.ises.info> ...).

Pokud máme na počítači Firewall, tak ho povolíme!

Nyní spustíme na tomtéž počítači nějaký prohlížeč, např. Edge, Chrome, Mozilla Firefox aj.

Do prohlížeče a zadáme adresu počítače, kde je zapojen náš vzdálený experiment. Ta je pro lokálního klienta 127.0.0.1, tedy do prohlížeče zadáme adresu 127.0.0.1, resp. 127.0.0.1/index.html, (pozn.: zapisujeme tam, kde se zadává např. adresa www.google.com). A prohlížeč nám spustí www stránku, kde jsou naše ukázkové pokusy Arduino Remote Experiments. (WebCam, Analog input, Digital output, Data Record, Data Export, aj.). Vybereme si ukázkový pokus např. Analog input. Některé pokusy jsou včetně zobrazení WEB kamery. Zobrazí se příslušná stránka a měli bychom vidět číselné a grafické časové zobrazení hodnoty vstupního senzoru (např. potenciometru aj.).

Pozn.: Všechny ukázkové příklady jsou psané bez formátování a nejjednodušším kódem (!), abychom zdůraznili jednoduchost zdrojového kódu vzdáleného experimentu. Samozřejmě se můžeme podívat na zdrojový kód tohoto příkladu a modifikovat ho.

HOTOVO!!!

Běží nám jednotlivé příklady „vzdáleného experimentu“ s Arduinem na lokální adrese 127.0.0.1. Vše na jednom počítači.

První spuštění vzdáleného experimentu na serveru a na lokálním počítači (na dvou počítačích)

Skutečný vzdálený experiment, který budeme sledovat a řídit ze vzdáleného počítače, či tabletu, či SmartPhonu a experiment bude pracovat na jiném počítači!

Dodané ukázkové příklady Arduino Remote Experiments jsou napsané univerzálně pro IP adresu počítače, na kterém je připojený experiment. (v případě jednoho počítače to je tzv. lokální adresa 127.0.0.1). Reálný vzdálený experiment ale nyní poběží na IP adrese Vašeho počítače, serveru. Zjistěte si IP adresu Vašeho počítače, serveru (příkaz Ipconfig /all) v příkazové řádce (Command Prompt –anglicky). Zjistíte např., že adresa Vašeho počítače je 195.113.73.33, resp. textový tvar této adresy je např. kdt-26.karlov.mff.cuni.cz . A postupujeme dále.

Na serveru spustíme serverové programy *MeasureServer.exe*, *Nginx.exe*, resp. též *ImageServer2.exe* jako v předchozím případě, kdy jsme měli vše na jednom počítači.

Klient nyní bude na **druhém** počítači, NBK, tabletu, či SmartPhonu. **Na klientském počítači** spustíme pouze nějaký novější prohlížeč, který podporuje JavaScript – např. Edge, Internet Explorer, Mozilla Firefox, Chrome aj. a zadáme do prohlížeče zjištěnou adresu serveru se vzdáleným počítačem, např. 195.113.73.33, resp. textový tvar této adresy např. kdt-26.karlov.mff.cuni.cz .

HOTOVO!!!

A jsme propojeni na dvou počítačích - serverový počítač s hardwarem a se souborem ukázkových vzdálených experimentů a klientský počítač, kde spustíme pouze nějaký prohlížeč (browser). Vzdálený experiment opravdu funguje jako server a klient. Opravdu se dá ovládat z libovolného počítače, tabletu i SmartPhonu, který je na Internetu. Na experimentech můžeme provádět měření, řízení i pozorování kamerou. Vyzkoušejte si ještě záznam dat a export dat. Ano i tento jednoduchý příklad má export dat do Excelu (data se dají otevřít přímo v Excelu, csv formát) a též univerzálně do HTML stránky (txt formát). Data z HTML stránky se přenesou jednoduše přes Clipboard do libovolného programu metodou Copy – Paste. (CTRL+A, označit všechna data, CTRL+C kopírovat všechna data a CTRL+V vložit všechna data do požadované aplikace např. do Wordu, do Excelu aj.).

Závěr

Dostáváte volně šiřitelnou, plně funkční variantu softwarové stavebnice iSES Remote Lab SDK-Lite version, pro vzdálené experimenty s Arduino Uno. Verze Lite je omezena pouze na jeden vstup a jeden výstup a na několik základních ukázkových příkladů. Prosím uvádějte vždy naši patičku s Creative Commom licenci. Děkuje.



Powered by [ises Remote Lab SDK](http://ises.info)

Zdrojový tvar patičky:

```
<!-- COPYRIGHT -->
<script src="http://ises.info/licence/licence.js"
type="text/javascript" language="JavaScript"></script>
<noscript>
<iframe src="http://ises.info/licence/licence.html"
width="100%" height="70" frameborder="0"
scrolling="no"></iframe>
</noscript>
<!-- COPYRIGHT -->
```

Kromě volně šiřitelné Lite verze máme samozřejmě i **plnou verzi** iSES Remote Lab SDK, pro Arduino Uno, která disponuje 15 vstupy, 15 výstupy, (může jich být i více ..). Plná verze má též další složitější ukázkové příklady:

Analogový vstup současně pro 1 až 15 vstupů

Analogový výstup pro všechny PWM výstupy.

Analogový výstup 12-bit přes D/A převodník

Posuvník (Slider)

XY graf

Dlouhodobý časový záznam (např. počasí, či radiačního pozadí, aj.) s výběrem zvoleného časového intervalu

Generování signálu sinus, obdélník, pila aj. pro řízení experimentu.

Samozřejmě připravíme i další universální příklady dle Vašeho zadání.

Pozn.: Plná verze iSES Remote Lab SDK je placená (předpokládáme cenu cca 300-500,- Kč na jeden vzdálený experiment. Možná se najde nějaký projekt, který vývoj plné verze zaplatí a potom bude volně šiřitelná i plná verze.

Softwarová stavebnice iSES Remote Lab SDK není jenom pro Arduino Uno, je i pro další velmi různorodý hardware:

- všechny klony Arduina
- dále hardware souprav ISES (<http://www.ises.info/old-site/index.php>),
- standardní měřicí přístroje s COM resp. USB portem např.: universální multimetr UT-61E, environmentální multimetr DT-223, laboratorní zdroj PSP 1405, aj.
- univerzální lineární a rotační krokové motory, 2D, 3D supporty
- hotové finální školní pomůcky: např. Franck-Hertz experiment od Phywe <http://147.251.192.82/index.html> (experiment je na PedF MUNI v Brno).
- iSES Remote Lab SDK se připravuje pro CMA CoachLab, Vernier, etc.
- iSES Remote Lab SDK může spolupracovat s libovolným Vaším hardware, napíšeme pro něj plugginy. podrobněji na <http://www.ises.info/index.php/en/systemises/sdkisesstudio>.

Vážené kolegyně a kolegové, rádi budeme spolupracovat ve vašich grantech na problematice vzdálených experimentů jako pracovníci MFF-UK Praha resp. též jako malý výrobní podnik Small and Medium Enterprise ISES.

Uspořádáme u nás na MFF-UK v Praze, resp. na vašem pracovišti pracovní workshopy, kde vás všemu naučíme, předáme vám požadovaný hardware i software, připravíme vám kompletní vzdálené experimenty dle vašeho zadání, aj.

Vážené kolegyně a kolegové, hledáme spolupracovníky, kteří nám pomohou vylepšit naši stavebnici iSES Remote Lab SDK. Hledáme výrobce, dodavatele, dealeary hardware i software iSES Remote Lab SDK.

Informace poskytne Frantisek.Lustig@mff.cuni.cz.

Spoluautoři „iSES Remote Lab SDK“ jsou Jiří Dvořák a Pavel Kuriščák, oba též z MFF.UK Praha.

Citace

- [1] F. Lustig, J. Dvorak, P. Kuriscak, P. Brom, “Building your own real remote experiment cotrolled by a mobile or touch enabled device,” in Proceedings of Information and Communication Technology in Education, Roznov pod Radhostem, September 15–17 2015, J. Kapounova, Ed. Ostrava: University of Ostrava, ISBN 978-80-7464-763-5, pp. 88–95, 2015.
- [2] J. Dvorak, P. Kuriscak, F. Lustig, “iSES Remote Lab SDK – internet School Experimental Studio Software Development Kit for Remote Laboratories,” 2013. Business and License Agreement: SME ISES. Available from www.ises.info/index.php/en/systemises/sdkisesstudio [cit. Nov 15 2015]
- [3] F. Lustig, “Easy to use remote experiments WITHOUT Laboratory systems,” in Proceedings of Information and Communication Technology in Education, Roznov pod Radhostem, September 10–12 2013, J. Kapounova, Ed. Ostrava: University of Ostrava, ISBN 978-80-7464-324-8, pp. 148–153, 2013.
- [4] F. Schauer, F. Lustig, M. Ozvoldova, “ISES – Internet School Experimental System for Computer-Based Laboratories in Physics,” in Innovations 2009 (USA). World Innovations in Engineering Education and Research, iNEER Special Volume 2009, chapter 10, pp. 109–118, ISBN 978-0-9741252-9-9, 2009.
- [5] F. Schauer, F. Lustig, J. Dvorak, M. Ozvoldova, “Easy to build remote laboratory with data transfer using ISES – Internet School Experimental System ISES”, Eur. J. Phys., 29, pp. 753–765, 2008.