

Zpřístupnění prvků laboratoře počítačových sítí pro praktickou výuku prostřednictvím Internetu

Petr Grygárek *

petr.grygarek@vsb.cz

David Seidl *

David.Seidl@vsb.cz

Pavel Němec **

pavel.nemec.fei@vsb.cz

Abstrakt: Problémem praktické výuky počítačových sítí je potřeba zajištění dostatečného přístupu studentů do speciálně vybavené laboratoře pro samostatnou práci. Příspěvek prezentuje původní řešení, které umožní zpřístupnit laboratorní prvky vzdáleně pomocí Internetu a obsahuje i informační systém pro zajištění nabídky vzdáleně řešitelných úloh a rezervaci času pro práci na úlohách studenty. Bylo vyvinuto i speciální spojovací pole, které umožní automaticky měnit konfiguraci síťových prvků podle požadavků každé vzdáleně řešitelné úlohy. Obě části tvoří ucelený systém pro dálkovou praktickou výuku počítačových sítí, který je přímo použitelný pro nasazení do výuky v několika předmětech.

Klíčová slova: virtuální laboratoř, spojovací pole, síťové prvky, distanční praktická výuka

1 Úvod

Běžnou součástí výuky mnoha oborů na technických vysokých školách i ve středním odborném školství je praktická práce ve speciálně vybavených laboratořích. Jedním z těchto oborů jsou i počítačové sítě. Na fakultě elektrotechniky a informatiky VŠB-TU Ostrava byla výuka základů počítačových sítí zahrnuta do studijních plánů již od samotného vzniku oboru Inženýrská informatika. Výuka probíhala nejprve spíše na teoretické úrovni s tím, že předmětem praktických cvičení bylo zejména programování síťových aplikací. V roce 1999 se naše fakulta začlenila do celosvětového neziskového vzdělávacího programu Cisco Networking Academy (CNAP), jehož cílem je podporovat výuku počítačových sítí s důrazem na praxi. Teoretickou stránku program CNAP pokrývá formou kvalitních multimediálních vzdělávacích materiálů pro distanční studium. V rámci začlenění do CNAP vznikla na fakultě speciální laboratoř počítačových sítí, vybavená síťovými prvky a její vybavení je od té doby neustále rozšiřováno. V současné době je síťová laboratoř využívána pro kurzy CNAP připravující k získání průmyslového certifikátu Cisco Certified Network Associate, nově také i certifikátu Cisco Certified Network Professional. Mimo to nám zřízení specializované laboratoře umožnilo posunout obsah cvičení standardních vysokoškolských předmětů počítačových sítí od programování síťových aplikací, s nimiž se dnes studenti setkávají i v jiných předmětech, do oblasti návrhu, praktické konstrukce, ověřování funkce a diagnostiku počítačových sítí. Také mohla být rozšířena nabídka předmětů fakulty o dva další specializované předměty magisterského studia orientované na počítačové sítě: Směrované a přepínané sítě a Technologie počítačových sítí. Oba se zabývají pokročilými tématy počítačových sítí a pro praktická cvičení i samostatnou práci studentů na semestrálních projektech s výhodou využívají specializované síťové laboratoře. Studenti tak dnes mohou

* VŠB – Technická univerzita Ostrava, kat. informatiky FEI, 17. listopadu, 708 33 Ostrava-Poruba

** VŠB – Technická univerzita Ostrava, FEI, student

své studium završit volbou orientace státní závěrečné zkoušky na oblast hardware počítačů a počítačových sítí.

2 Zkušenosti s praktickou výukou a její problémy

Ze zkušeností s posílením praktické stránky výuky počítačových sítí, které postupně získáváme a vyhodnocujeme již od roku 2000, můžeme jednoznačně potvrdit její pozitivní dopady. Studenti, kteří se s probíranou problematikou seznámili i prakticky, dosahují lepších výsledků jak u zkoušek z příslušných předmětů, tak u státní závěrečné zkoušky. Praktická práce je i více motivuje k teoretickému studiu, jelikož mohou okamžitě vidět praktickou použitelnost nabytých teoretických poznatků. Zvýšil se i celkový zájem o studium oblasti počítačových sítí, včetně volby témat diplomových prací z tohoto oboru. Studenti - zájemci o studium počítačových sítí - dnes považují za nejvhodnější kombinovat studium standardních předmětů specializace počítačových sítí s účastí v kurzech programu Cisco Networking Academy, jelikož ty se obsahově vhodně doplňují.

Praktická výuka má však i své problémy. Nejen, že klade velké nároky na detailní znalosti vyučujícího a udržování funkčnosti rozsáhlého laboratorního vybavení, ale je také náročná na hodinovou dotaci příslušných předmětů. Ukazuje se, že nejvhodnější doba trvání praktického cvičení v síťové laboratoři jsou tři vyučovací hodiny, což je doba, za kterou studenti za řízení vyučujícího zvládnou prakticky ověřit základy probíraného tématu a jsou stále schopni udržet pozornost. Bohužel na samostatnou práci a opakování konfigurace či sledování chování sítě, nutné pro důkladné pochopení, již často nezbyvá čas. Studenti tak mnohdy nemají dostatečnou praxi a návyky v základních úkonech sestavení a oživení síťové konfigurace, což jim znemožňuje koncentrovat se na podstatu a specifika probíraného protokolu, mechanismu nebo technologie. I zde se ukazuje, že pro nabytí základní rutiny je nezbytná soustavnost, proto zmíněná tříhodinová cvičení nasazujeme zásadně v každém týdnu výuky.

Z výše uvedeného je zřejmé, že pro zvýšení úrovně porozumění problematice je nutné mimo řízenou výuku zajistit studentům i dostatečný prostor pro samostatné procvičování a experimenty. To však naráží na značné vytížení laboratoře v dopoledních i odpoledních hodinách a dále na potřebu zajištění dozoru i při samostatné práci studentů, jelikož vybavení laboratoře je velmi nákladné. Proto jsme pojali a postupně realizujeme záměr zpřístupnit síťové prvky laboratoře studentům vzdáleně pomocí Internetu, čímž se jednak vyřeší problém dozoru a jednak dáme možnost využít laboratorní vybavení v době mimo běžnou výuku, tj. během večerů, nocí, víkendů, zkuškového období, prázdnin a jiných časů bez výuky. Systém, který vzdáleně zpřístupnění realizuje, má několik komponent a dohromady poskytuje studentům jakousi „virtuální laboratoř“, jejíž architektura bude popsána dále. Práce na systému byly rozděleny do několika samostatných celků a jednotlivé celky vypsány jako témata diplomových prací, které jsou v současnosti již ve stavu před obhajobou (červen 2005).

3 Architektura virtuální laboratoře

Při vzdáleném zpřístupnění laboratorního vybavení bylo třeba vyřešit několik problémů. Prvním z nich je dálkové zpřístupnění ovládacích portů síťových prvků. Systém je v současnosti koncipován tak, aby bylo možno vzdáleně zpřístupnit libovolné zařízení ovladatelné přes sériové rozhraní RS-232, čímž zajistíme přístup nejen k síťovým prvkům, ale i ke konzole počítačů vybavených OS Linux. Druhou oblastí byl systém rezervace času pro práci s jednotlivými prvky, který jsme se rozhodli realizovat formou informačního systému přístupného pomocí WWW. Dalším problémem, jehož vyřešením se naše virtuální laboratoř

odlišuje od většiny obdobných systémů na jiných pracovištích, je možnost automatizovaného zapojení topologie síťových prvků tak, aby studenti nemuseli pracovat pouze nad fixní topologií, ale bylo možné střídavě automatizovaně zapojovat různé topologie, nejlépe vyhovující charakteru procvičované úlohy.

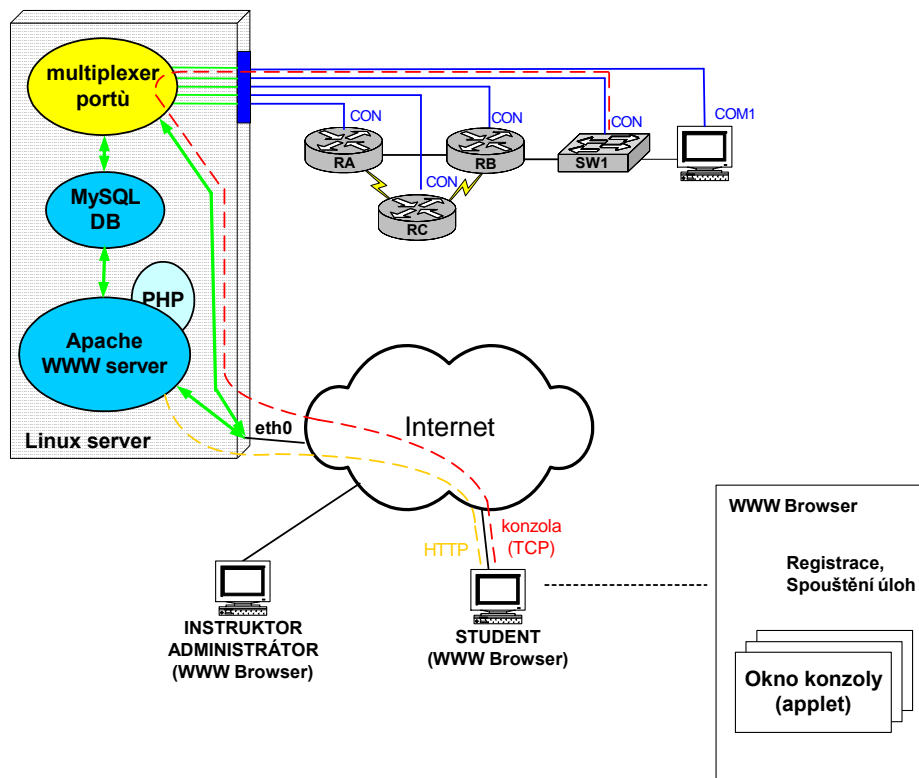
3.1 Cíle návrhu architektury

Při návrhu architektury a prostředí pro implementaci virtuální laboratoře jsme si vytyčili následující cíle:

- Laboratorní zařízení bude vzdáleně nabízeno ve formě topologií pro řešení konkrétních úloh, jejichž zadání i vzorová řešení budou k dispozici v databázi systému. Praktické zkušenosti totiž ukázaly, že zpřístupnění laboratoře bez konkrétní doporučené náplně práce není efektivní – ani ke studiu motivovaní studenti ještě nemají dostatek zkušeností, aby navrhli vhodnou topologii a ideálně zvolili síťové prvky pro vyzkoušení určené problematiky a mnohdy nemají ani dostatečný přehled, jaké technologie a konfigurace by bylo vhodné prakticky vyzkoušet.
- Na rozdíl od jiných řešení virtuálních laboratoří, u nichž je zpravidla propojení laboratorních prvků fixní, jsme trvali na možnosti realizovat úlohy na různých topologiích síťových prvků. Systém obsahuje mechanismus pro elektronickou výzvu obsluze systému, aby v dostatečném časovém předstihu fyzicky zapojila topologii pro nadcházející vzdáleně nabízenou úlohu. Obsluha může být také volitelně nahrazena automatizovaným spojovacím polem.
- S ohledem na to, že má být systém implementován v prostředí školství, jsme kladli důraz na minimalizaci nákladů na jeho pořízení. Proto jsme se vyhnuli nákladným řešením zpřístupňujícím ovládací porty síťových prvků pomocí terminálových serverů, což je řešení poměrně často se objevující v komerčních výukových prostředích i průmyslových nasazeních. Orientovali jsme se výhradně na volně dostupné technologie a otevřené standardy (Linux, Apache, MySQL, Java applety, XML). Systém by měl být co nejméně závislý na implementační platformě.

3.2 Základní architektura

Jádrem systému je počítač PC s OS Linux, který je vybaven jednou nebo více multiportovými kartami RS232 a připojen k Internetu. Na počítači běží speciální software (multiplexer portů), který je schopen datové toky jednotlivých portů RS232 multiportové karty převést na spojení protokolu TCP vedoucí skrz Internet k jednotlivým vzdáleným studentům. Dále na počítači běží WWW server Apache, který formou aplikace v jazyce PHP zajišťuje uživatelské rozhraní rezervačního systému a poskytuje vzdáleným studentům applet pro přístup na rezervované síťové prvky, vždy spolu s podrobnými informacemi ke konkrétní řešené úloze. Data rezervačního systému jsou ukládána do databáze SQL serveru, který je rovněž spuštěn na řídicím PC. Celková architektura systému je vidět na obrázku 1.



Obrázek 1 – architektura systému

3.3 Použití systému

Uživatelé pracující se systémem virtuální laboratoře se rozčleňují do několika kategorií podle role, kterou v systému mají:

- Tvůrce úloh (instruktor)
- Plánovač úloh („nástěnkář“)
- Student – řešitel úloh
- Konstruktor topologie
- Správce uživatelů
- Správce systému

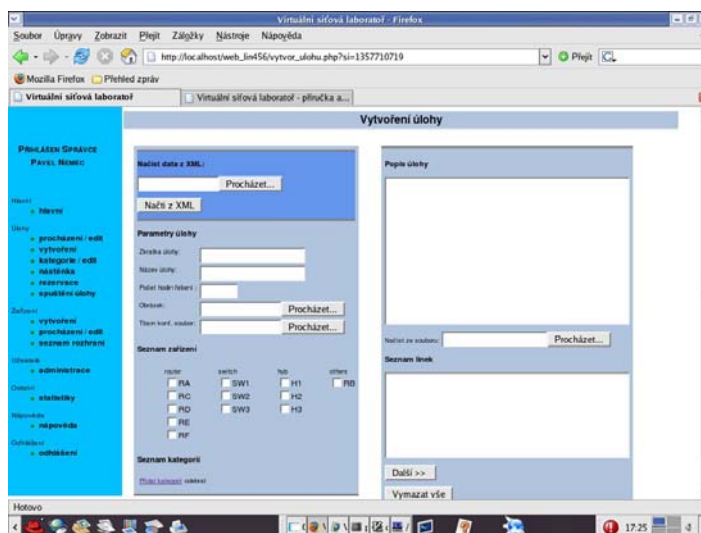
Jeden uživatel může mít současně i více rolí.

Tvůrce úloh má na starosti vkládání, editaci a případně rušení úloh, které mohou být nabízeny studentům. Vkládání úloh se děje buďto interaktivně vyplněním příslušného webového formuláře, nebo dávkově vložením archivu obsahujícího všechny soubory a informace potřebné k úloze. Druhý způsob dává možnost přípravy úlohy i bez připojení na Internet a potenciál pro strojovou podporu generování úloh. Pro zápis zadání i dalších parametrů úlohy jsou používány zásadně otevřené formáty (HTML, XML).

Úloha je v systému charakterizována následujícími parametry:

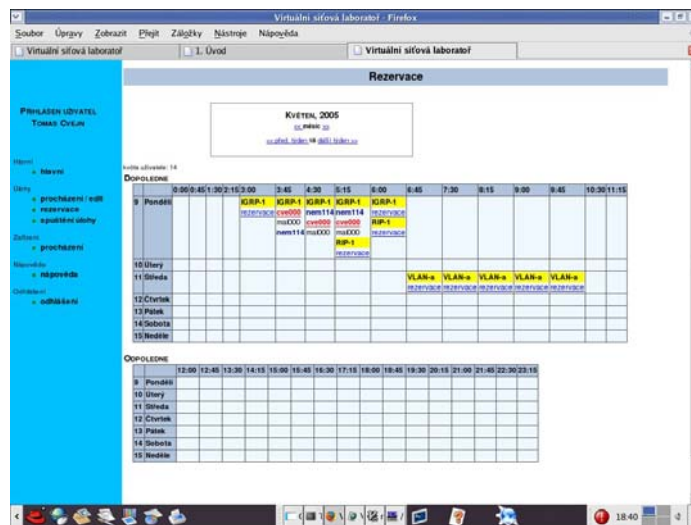
- Název a zkratka používaná v rezervačním kalendáři
- Popis úlohy formou sady HTML stránky + obrázek topologie
 - text, obrázky, (zvuky, video,...)
- Kategorizace (i současně podle více hledisek)
- Maximální doba řešení
- Seznam síťových prvků použitých v úloze
- Grafické a textové schema propojení prvků a/nebo konfigurační soubor pro spojovací pole (viz dále)
- Řešení – cílové konfigurace všech prvků

Ukázka webového formuláře pro vkládání úlohy je na obr. 2. Jak již bylo zmíněno, je možné úlohy vkládat také dávkově formou archivu souborů obsahujícího všechny požadované předem připravené dokumenty.



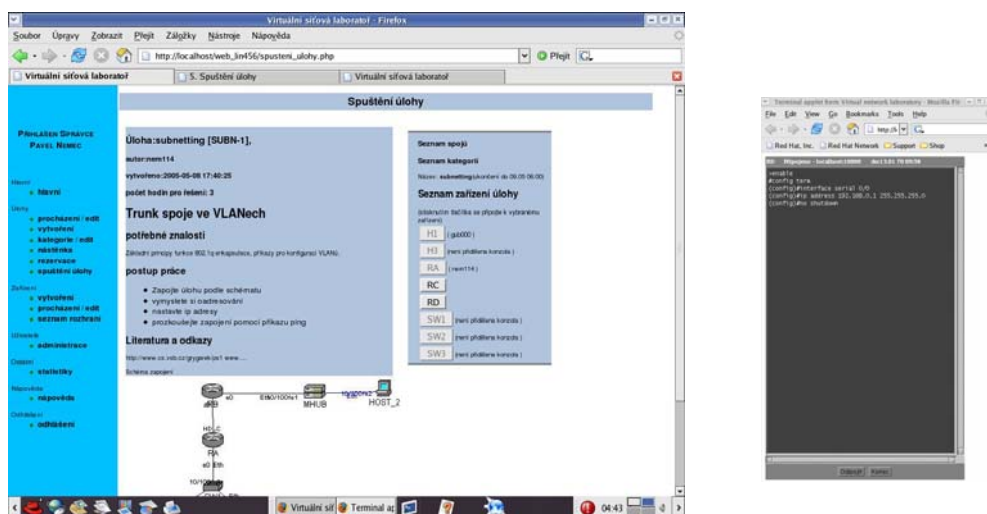
Obrázek 2: Formulář pro vkládání úlohy

Uživatel s rolí plánovače úloh stanovuje, kdy a na jakou dobu bude která úloha zpřístupněna studentům. Informace o úlohách, jež budou v daném časovém intervalu zpřístupněny, jsou studentům k dispozici na elektronické nástěnce. Každý den je rozdělen na základní časové intervaly (implicitně 45 min) s tím, že každá úloha se vypisuje vždy na určitý počet těchto intervalů (počet je parametrem úlohy a odpovídá její časové náročnosti). V rámci jednoho časového intervalu lze současně zpřístupnit i více úloh využívajících nezávislé sady síťových prvků. Také lze zpřístupnit alternativní úlohy, které je možné realizovat na téže topologii prvků – student pak při rezervaci může zvolit jednu z alternativ. Úlohy umístěné na nástěnce, jak je vidí při rezervaci studenti, ukazuje obrázek 3.



Obrázek 3: Webové rozhraní pro rezervaci úloh pomocí elektronické nástěnky

Nejdůležitějším uživatelem systému je student. Student si na elektronické nástěnce rezervuje čas pro řešení nabízených úloh a v čase, který si dříve zarezervoval, může vzdáleně přistupovat k ovládacím portům síťových prvků rezervované úlohy. Pro rezervaci i vzdálenou práci se síťovými prvky postačí běžný WWW prohlížeč se schopností spouštět Java applety. Student může paralelně otevřít i více oken pro ovládání různých síťových prvků s tím, že ostatní studenti skupinky řešící úlohu mají přehled o tom, kdo s kterým síťovým prvkem právě pracuje. Po vypršení času rezervace úlohy je příslušným studentům vzdálený přístup k síťovým prvkům odepřen s tím, že plánujeme do systému zahrnout možnost automatického uložení stavu všech síťových prvků. Drobnými, ale užitečnými rozšířeními jsou kontrola neaktivity spojení se síťovým prvkem s automatickým odpojením a znemožnění vkládání zakázaných sekvencí příkazů (např. nastavení neznámého hesla). Na obrázku 4 je možné vidět webové rozhraní, prostřednictvím něhož studenti vzdáleně přistupují k síťovým prvkům.



Obrázek 4: Webové rozhraní pro vzdálenou práci na úlohách

Aby bylo možné zařízení rovnoměrně sdílet mezi studenty, mají jednotliví studenti týdenní časové kvóty na využívání virtuální laboratoře. Užitečným rozšířením je možnost společné rezervace úlohy pro skupinku studentů, prováděné jedním studentem ze skupinky.

Studenti si mohou také prohlížet zadání všech úloh dostupných v systému.

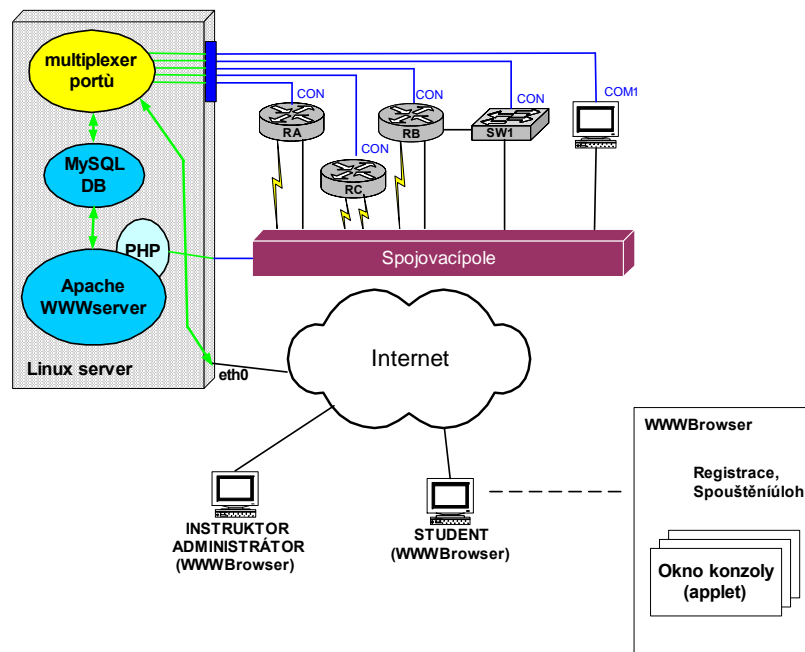
Pomocnými rolemi uživatelů systému jsou zapojovač topologie, správce uživatelů a správce zařízení. Zapojovač topologie je osoba pověřená fyzickým zabezpečením chodu virtuální laboratoře, která na elektronickou výzvu generovanou systémem (e-mail) zapojí systémem stanovenou topologii s dostatečným předstihem před zahájením časového intervalu, ve kterém má být úloha nabízena. Jak jsme již zmínili, lze roli tohoto uživatele nahradit automatickým spojovacím polem. Správce uživatelů má na starosti správu uživatelských účtů oprávněných uživatelů systému jako přiřazování rolí a nastavování hesel. Správce systému konfiguruje systém včetně zavádění a udržování příslušných číselníků.

3.4 Bezpečnost systému

Při návrhu architektury systému byl kladen důraz i na jeho bezpečnost. Přístup k webovému rozhraní je šifrován s využitím protokolu HTTPS a pro všechny typy uživatelů autentizován uživatelským heslem. Autentizován i šifrován bude rovněž vzdálený přístup studentů na ovládací porty síťových prvků a to s použitím autentizace jednorázovými hesly a šifrování využívající vrstvy SSL. Applet zabezpečující spojení studenta se síťovými prvky je digitálně podepsán. Systém je navržen s ohledem na to, aby jej bylo možné používat i v prostředí s firewalley, v němž poskytovatelé Internetu filtrují různé protokoly a porty. Veškeré aktivity uživatelů systému jsou logovány, ať už se týkají přístupu k webovému rozhraní nebo k ovládacím portům jednotlivých síťových prvků.

4 Spojovací pole

Jelikož role zapojovače topologií je náročná na čas, dochvilnost, preciznost i bezchybnou práci a hlavně fyzickou přítomnost pověřené osoby vždy před přechodem na úlohu s odlišnou topologií, rozhodli jsme se tuto roli nahradit konstrukcí speciálního automatizovaného spojovacího pole. Při tomto režimu práce jsou všechny porty aktivních prvků svedeny do portů spojovacího pole s tím, že spojovací pole může na základě příkazů do něj vložených spojit libovolné dvojice portů (samozřejmě vždy jen stejného typu). Současný prototyp spojovacího pole dokáže spojit porty sítě Ethernet 10BaseT nebo synchronní sériová rozhraní RS232, který byla zvolena z důvodu vhodných parametrů jejich fyzické vrstvy, včetně dobré dostupnosti příslušných konektorů. Díky modulární koncepci spojovacího pole je však možné využít i jiných sériových rozhraní, jejichž frekvenční vlastnosti a počet potřebných signálů budou odpovídat parametrům obvodů použitých ve spojovacím poli. Je zde také navrženo speciální řešení problému zdrojů taktování synchronních sériových rozhraní, aby mohly být propojeny libovolné dvojice synchronních sériových portů síťových prvků. Konfigurace propojení, které má spojovací pole realizovat, se stanoví příkazovým jazykem s filosofií podobnou operačnímu systému Cisco IOS. Konfigurace může být uložena i do paměti EEPROM, kterou je spojovací pole vybaveno. Příkazy se vkládají přes řídicí sériové asynchronní rozhraní RS232 spojovacího pole. Vkládání příkazů může být realizováno buďto manuálně a interaktivně pomocí vhodného emulátoru terminálu, nebo může být konfigurační soubor zaslán do spojovacího pole dávkově vhodným nadřazeným řídicím systémem (zde serverem virtuální laboratoře). Konfigurační soubor spojovacího pole pak může být volitelnou součástí definice jednotlivých úloh a zajišťuje možnost fyzického zapojení topologie úlohy bez účasti zapojovače úloh. Celková architektura systému zahrnujícího použití spojovacího pole je znázorněna na obrázku 5.



Obrázek 5 – architektura systému se začleněním spojovacího pole

Mechanické provedení spojovacího pole je navrženo tak, aby mohlo být umístěno do standardního 19-palcového rozvaděče spolu s laboratorními síťovými prvky. Prototyp zařízení poskytuje 16 pozic pro moduly rozhraní, takže lze sepnout maximálně osm dvojic portů síťových prvků. Na obrázku 6 je vidět osazený plošný spoj prototypu spojovacího pole.



Obrázek 6: Prototyp spojovacího pole

5 Nároky na realizaci virtuální laboratoře a dostupnost řešení

Jedním z cílů návrhu virtuální laboratoře bylo minimalizovat náklady na její realizaci. Výsledné materiální požadavky na realizaci systému jsou tedy následující:

- Běžný PC s OS Linux
- Multiportová karta RS-232
- Volitelně automatizované spojovací pole

Na PC je instalován OS Linux, WWW server s podporou PHP (Apache), SQL server (MySQL), a program multiplexeru portů napsaný v jazyce C. Lze využít libovolné

multiportové karty podporované v OS Linux - karty mívají typicky 8 nebo 16 portů. Lze vložit i několik multiportových karet - software počet připojených laboratorních prvků nijak neomezuje. Cena multiportových karet včetně rozbočovacího kabelu se pohybuje okolo 8 tis. Kč.

Automatické spojovací pole lze realizovat vlastními prostředky. Schemata, řídicí software i návrh plošného spoje budou po odevzdání příslušných diplomových prací k dispozici na našich WWW stránkách. Materiálové náklady na realizaci včetně zakázkové výroby plošného spoje se pohybují pod hranicí 15 tis. Kč.

Jelikož se jedná o systém určený pro výukové účely, rozhodli jsme se veškeré podklady pro realizaci a použití jeho softwarové i hardwarové části poskytnout pro nekomerční využití volně k dispozici pod licenci obdobnou licenci GNU. Kdokoli tedy může systém nekomerčně používat a rozšiřovat s jediným omezením, že výsledek rozšíření musí rovněž být dán za stejných podmínek k dispozici. O spolupráci již projevilo zájem několik pracovišť, mezi jinými Technická univerzita v Košicích, Ostravská univerzita, Slezská univerzita v Karviné a SPŠ elektrotechnická v Bratislavě. S těmito institucemi zvažujeme i možnosti realizace distribuované virtuální laboratoře, která by jako jeden celek zpřístupňovala zařízení umístěné na uvedených pracovištích.

6 Závěr – plány dalšího rozvoje

Diplomové práce, které jednotlivé části virtuální laboratoře řeší, jsou nyní již ve fázi dokončování. Testovací provoz virtuální laboratoře plánujeme zahájit v červnu 2005; zahájení řádného provozu předpokládáme s ohledem na výsledky testování v zimním semestru školního roku 2005/2006. Na testovacím provozu se mají zájem podílet i spolupracující pracoviště.

Při určování směrů dalšího vývoje software i hardware virtuální laboratoře budou zohledněny výsledky testovacího provozu. Již nyní však máme dlouhodobější záměry, z nichž nejpodstatnější uvádíme dále.

6.5 Zavedení možnosti řízené distanční praktické výuky

Přestože je systém v současné verzi orientován především na použití při samostatném procvičování praktické práce se síťovými prvky, nic nebrání tomu, aby vzdálení studenti mohli pracovat koordinovaně pod vzdáleným vedením tutora. Studenti i tutor při tom mohou být připojeni do Internetu odkudkoli. Při rozšíření systému o tutora je třeba zavést několik nových mechanismů:

- Zajistit vhodný komunikační prostředek mezi tutorem a studenty pracujícími na úloze. Jeví se být výhodné mít jednak možnost skupinové komunikace vzájemně mezi všemi studenty a tutorem a jednak dvousměrné komunikace mezi tutorem a každým jednotlivým studentem. Protože v současnosti je k dispozici celá řada vhodných standardních prostředků pro takovouto komunikaci, považujeme za vhodné spíše integrovat tyto prostředky do systému, než se pokoušet vyvíjet vlastní standardy. Lze uvažovat jak o komunikaci čistě textové (chat), tak i o přenosu hlasu, případně i videa prostřednictvím Internetu. Protože předpokládáme, že vzdálení studenti budou připojeni do Internetu technologiemi s velkou variabilitou přenosových rychlostí i zpoždění, bude patrně nutné podporovat několik alternativních prostředků komunikace včetně možnosti komunikovat s různými studenty různými prostředky.

- Zajistit vhodný způsob sdílení ovládní jednotlivých síťových prvků mezi studenty a tutorem. Tutor by měl mít možnost sledovat interakci kteréhokoli studenta se síťovým prvkem na stejné úrovni, jako by seděl spolu se studentem u počítače, na kterém student pracuje. Tutor musí dále mít možnost převzít ovládní síťového prvku a studentovi demonstrovat správný způsob konfigurace. Pro účely vzdáleného zkoušení studentů bude užitečné, když bude mít tutor možnost pracovat se síťovým prvkem i v režimu, kdy je jeho činnost vzdálenému studentovi neviditelná.

6.6 Rozšíření možnosti automatizované tvorby topologií pomocí přepínačů

Automatizované spojovací pole popsané výše umožní vzdálenou tvorbu topologií propojováním dvojic sériových portů a portů Ethernet do rychlosti 10Mbps. V některých úlohách však bude nutné propojovat i porty Ethernet 100Mbps a 1Gbps, na které již frekvenční charakteristiky vyvinutého spojovacího pole nestačí. Řešením používaným i na jiných institucích je použití standardního přepínače sítě Ethernet (L2 switch) s porty 100BaseT a 1000BaseT a podporou virtuálních sítí, kdy jsou rozhraní Ethernet řízených prvků připojena k jednotlivým portům propojovacího přepínače. Zařazením dvojic portů propojovacího přepínače do společné virtuální sítě pak můžeme zajistit logické spojení požadovaných dvojic portů. Toto řešení má však jeden nedostatek a to nemožnost vzájemně propojovat dvojice portů v režimu trunk, tj. portů nesoucích provoz z více virtuálních sítí současně.

Jelikož se však s porty v režimu trunk při výuce na úrovni základní i pokročilé běžně pracuje, rozhodli jsme se poněkud netradičně využít ke spojování trunk linek technologie tunelování trunk linek, často označované jako dot1QinQ. Technologie je k dispozici např. i na cenově vcelku dostupných L3 přepínačích Cisco 3550. Princip spínání dvojic trunk portů bude spočívat v tom, že příslušná dvojice portů propojovacího přepínače (zde Cisco 3550) bude definována jako začátek, resp. konec tunelu 8021QinQ.

Zajímavou se jeví možnost podřídit řízení propojovacích přepínačů řídicí jednotce spojovacího pole tak, aby se spojovací pole a jím řízené propojovací přepínače navenek jevíly jako jeden celek – virtuální spojovací zařízení s velkým počtem portů.

6.7 Dálkové řízení topologie síťových prvků pokročilými studenty

Pro pokročilé studenty může být přínosné dálkově provádět vlastní, jimi samými navržené experimenty. K tomu účelu je vhodné dovolit těmto studentům, aby sami v rezervovaném čase dálkově rozhodli o topologii rezervovaných prvků, kterou chtějí propojit. Při použití automatizovaného spojovacího pole toto není technickým ani organizačním problémem a v současnosti nevidíme žádné překážky implementace této zajímavé možnosti do systému.

Odkazy

WWW stránky poskytující aktuální stav vývoje popisované virtuální laboratoře lze navštívit na <http://www.cs.vsb.cz/grygarek/virtlab>.

Použitá literatura

1. NĚMEC, Pavel. Virtuální síťová laboratoř. Diplomová práce, FEI VŠB-TU Ostrava, květen 2005.
2. SEIDL, David. Automatizovaný systém pro správu síťových konfigurací. Diplomová práce, FMMI VŠB-TU Ostrava, květen 2005.