

ResourceSync: synchronizace zdrojů na Internetu

Vlastimil KREJČÍŘ

Ústav výpočetní techniky, Masarykova univerzita, Brno

krejcir@ics.muni.cz

INFORUM 2014: 20. ročník konference o profesionálních informačních zdrojích
Praha, 27. – 28. 5. 2014

Abstrakt

Článek popisuje nový protokol ResourceSync, který by měl být obecným nástrojem pro synchronizaci zdrojů (dat) na Internetu. Popis protokolu i jeho aplikace jsou zaměřeny směrem k digitálním knihovnám a repozitářům. Úvod se věnuje historii, příkladům užití a motivaci pro tvorbu tohoto protokolu a jeho vztahu k protokolu OAI-PMH. Dále je popsána základní architektura protokolu (poskytovatel, cíl, zdroj), jeho vlastnosti (možnosti synchronizace, verzování) a související procesy (discovery, notifikace). V závěru je diskutováno možné nahrazení protokolu OAI-PMH protokolem ResourceSync.

Obsah webu se v současnosti dynamicky mění a často nastává potřeba udržovat stejný obsah ve více kopiích na různých místech tak, aby při změně jedné z kopií došlo k propagaci této změny na kopie ostatní – aby byl obsah z různých míst synchronizován. V oblasti repozitářů a digitálních knihoven chceme synchronizace dosáhnout také – ať už se jedná o případ prostého sklizení metadat repozitáře pro účely indexace nebo přímo udržování totožného obsahu ve více repozitářích. Tyto služby dnes často plní známý protokol OAI-PMH¹. Tento protokol je primárně zaměřen na metadata a neřeší problém synchronizace samotného obsahu, samotných dat či obecněji zdrojů.

Obecnou synchronizaci zdrojů na Internetu by mohl zajistit nový protokol, který dostal název ResourceSync. Tento protokol řeší problematiku synchronizace jakýchkoli zdrojů (dat/obsahu) na Internetu – není tedy určen pouze pro oblast digitálních knihoven, ale může v ní v budoucnu hrát významnou úlohu – mohl by doplňovat protokol OAI-PMH, nebo se stát jeho nástupcem a postupně jej nahradit.

V článku budou popsány základní rysy protokolu ResourceSync a jeho možný dopad na svět digitálních knihoven a repozitářů. Diskutován bude také vztah k protokolu OAI-PMH včetně porovnání vlastností obou protokolů.

ResourceSync: historie, motivace a příklady využití

Projekt tvorby nového protokolu pro synchronizaci zdrojů ResourceSync je zaštiťován organizacemi NISO² a OAI³. První draft protokolu ResourceSync je datován srpnem roku 2012. Odborná

¹ OAI-PMH: Open Archive Initiative – Protocol for Metadata Harvesting, protokol pro sklizení metadat široce užívaný pro komunikaci mezi repozitáři, archivy a digitálními knihovnami.

² NISO: National Information Standards Organization. <http://www.niso.org/home/>

veřejnost se o něm mohla informovat například prostřednictvím článků v magazínu D-Lib⁴ [Dlib1, Dlib2]. V současné době (začátek května 2014) ještě není představena finální verze protokolu a aktuální pracovní verze (0.9.1) je stále otevřená k připomínkování [RSdraft]. Hlavní rysy a procesy protokolu jsou však již navrženy a k zásadním změnám celého konceptu pravděpodobně docházet nebude. Od začátku pracuje na tvorbě protokolu řada odborníků⁵ z různých institucí, mimo jiné jsou pod ním podepsáni i dva guru v oblasti digitálních knihoven: Carl Lagoze a Herbert Van de Sompel (oba Los Alamos National Laboratory).

Motivací pro tvorbu protokolu ResourceSync byla potřeba synchronizace samotných dat. Synchronizace dat je dnes běžně prováděnou činností, ale obvykle se tak děje na nižší úrovni (např. diskových souborových systémů). To obvykle vyžaduje těsnou spolupráci obou stran, které chtějí synchronizaci provádět (např. při použití nástroje rsync⁶). ResourceSync by měl naopak umožňovat synchronizaci bez „ústní dohody“ a těsné spolupráce obou stran a být postaven více obecně. Zároveň by měl nabídnout další nástroje, které výrazným způsobem zvýší komfort a tím i efektivitu celého procesu synchronizace.

Příkladem užití protokolu ResourceSync může být velký agregátor, který sdružuje data a metadata z různých kolekcí, menších digitálních knihoven a repozitářů. Jako příklady takových agregátorů jsou uváděny projekty Europeana nebo OAIster [Dlib1, Ariadne]. Z vlastní praxe může autor uvést také projekt Evropské digitální matematické knihovny (EuDML)⁷, která sdružuje evropské národní matematické knihovny – agreguje jejich metadata a obsah, dále je zpracovává a staví nad nimi přidávané služby. V současné době se k synchronizaci metadat národních knihoven s EuDML užívá protokol OAI-PMH, synchronizace dat je následně řešena jinými prostředky.

Proč ResourceSync a ne OAI-PMH

Z knihovnicko-informačního pohledu může vyvstat otázka, zda je nový protokol skutečně potřebný a zda jen nebude suplovat funkce protokolu OAI-PMH. Při bližším pohledu na protokol OAI-PMH je možné vysledovat některé jeho nedostatky: absence podpory pro efektivní sklizení dat, nutnost opakovaného dotazování na změny ze strany sklízějícího a v neposlední řadě nutnost sklízet vše anebo jen předpřipravené kolekce metadat.

Protokol OAI-PMH je určen pro sklizení metadat a sklizení samotných dat není jeho primární funkcí. Jednou z možností, jak řešit sklizení dat s pomocí protokolu OAI-PMH, je odkazování na příslušná data v samotném metadatovém záznamu sklizeného digitálního objektu. Přičemž se předpokládá, že o získání datových souborů se už harvester postará sám mimo samotný protokol. Pro efektivitu takového procesu je nezbytné v rámci metadat informovat o změnách každého jednotlivého odkazovaného datového souboru tak, aby harvester mohl provádět periodické aktualizace změněných dat. To vše vyžaduje dodatečné zásahy jak na straně poskytovatele dat, tak na straně toho, kdo data sklízí, a není to zcela obecný a definovaný mechanismus. Jinou možností přenosu dat v rámci protokolu OAI-PMH je jejich kódování přímo do tisknutelných znaků ASCII (např. Base64) a poskytování jako součásti metadat. To je však velmi neefektivní, protože zakódovaná data jsou dlouhá, redundantní a výsledný záznam v XML je náročný na zpracování.

Pokud chce sklízějící udržovat svá data synchronní se zdrojem, pak musí sklízet opakovaně – opakovaně se dotazovat zdroje, nedošlo-li ke změnám. Periodicita takového dotazování může být různá a její nastavení není zcela triviální. Časté dotazy mohou být zbytečné (neproběhly změny),

³ OAI: Open Archives Initiative. <http://www.openarchives.org/>

⁴ D-Lib Magazine, internetový magazín věnující se výzkumu v oblasti digitálních knihoven. <http://www.dlib.org/>

⁵ Kompletní seznam jmen je uveden vždy u příslušné verze draftu protokolu, viz [RSdraft].

⁶ Rsync je software, který slouží k efektivní synchronizaci souborů, typicky přes počítačovou síť.

⁷ EuDML: Evropská digitální matematická knihovna. <http://eudml.org/>

delší perioda dotazování může způsobit, že sklízecí má větší část doby mezi dotazy neaktuální metadata (bude-li sklízet jednou za měsíc a proběhne-li aktualizace zdroje těsně po mé poslední sklizni, pak mám neaktuální metadata po celý měsíc až do další sklizně).

Protokol OAI-PMH umožňuje definovat množiny dat a rozdělit tím obsah repozitáře do určitých tematických kolekcí (např. knihy, časopisy, sborníky apod.). Sklízecí nemusí sklízet vše, ale může sledovat a sklízet pouze vybrané kolekce. V případě, že by měl zájem o sklizení jinak nastavených kolekcí (jiných částí repozitáře), pak má dvě možnosti: sklídit repozitář celý a příslušné kolekce si ze sklizeného obsahu sestavit sám nebo kontaktovat správce repozitáře a dohodnout se s nimi na nastavení dalších/jiných kolekcí. Obě tyto varianty znamenají pro obě strany netriviální úsilí a nutnost zásahu administrátora.

Řešení výše uvedených nedostatků protokolu OAI-PMH může přinést protokol ResourceSync.

Základní návrh protokolu ResourceSync

Protokol ResourceSync má být obecným protokolem pro synchronizaci jakýchkoli zdrojů (v terminologii protokolu zvaných *Resources*) v prostředí sítě Internet. Synchronizace zdrojů musí probíhat zcela nezávisle na typu zdroje a rychlosti jeho změny. Měl by umožnit verzování (ukládání a zpřístupnění všech dřívějších verzí dat při každé jejich změně), částečné (selektivní) synchronizace, provazování synchronizovaného obsahu, samotnou synchronizaci činit maximálně efektivní (z hlediska síťových přenosů a komunikace) a podporovat zasilání zpráv o změnách.

Specifikace a popis vlastností protokolu ResourceSync

Protokol definuje dva základní pojmy, kterými jsou:

- **poskytovatel** (*Source*) – nabízí „ke stažení“ zdroje (*Resources*) měnící se v čase,
- **cíl** (*Destination*) – zdroje přebírá od poskytovatele (synchronizuje se s poskytovatelem).

Identifikace poskytovatele a cíle probíhá pomocí konceptu URI, vše zcela nezávisle na obsahu, který se za danou URI skrývá. Protokol definuje vlastnosti, chování a funkce, které musí poskytovatel i cíl implementovat. Návrh protokolu je však modulární – jednotlivé funkce protokolu jsou zajišťovány samostatnými moduly (například modul pro verzování) a ve velké většině nejsou pro funkci protokolu povinné. Uživatel protokolu si tak může celou synchronizaci konfigurovat sám podle svých potřeb a požadavků – pokud nechce některou funkci protokolu využívat, není k tomu nucen.

Základní možnosti synchronizace

ResourceSync umožňuje:

- popsat obsah, který poskytovatel nabízí pro synchronizaci,
- popsat změny ve zdrojích poskytovatele,
- synchronizovat dle času (mj. synchronizaci starších již neaktuálních dat),
- synchronizovat více zdrojů v jednom balíku (ZIP),
- odkazovat na alternativní a související zdroje (např. na metadata),
- informovat o tom, jaké funkce (moduly) poskytovatel nabízí.

Aby mohl cíl provádět synchronizaci s poskytovatelem, musí poskytovatel dávat k dispozici základní informace o sobě a nabízených zdrojích – popsat funkce a obsah, který nabízí. Protokol ResourceSync definuje tzv. *Resource List*, seznam zdrojů, které poskytovatel nabízí k synchronizaci

spolu s informacemi o každém zdroji: odkaz na samotná data, jejich velikost, kontrolní součet, odkazy na související zdroje aj. (viz dále).

Poskytované zdroje se však mohou měnit velmi často a neustálé opětovné generování celého seznamu zdrojů by bylo neefektivní. ResourceSync proto umožňuje generovat pouze seznam změn (*Change List*), který obsahuje informace o změnách ve zdrojích, čase změny a typu změny (aktualizován, změněn, nově vytvořen). Celý seznam změn je pak definován pro určitý časový rozsah – popisuje veškeré změny zdrojů u poskytovatele v daném časovém intervalu.

Pokud chce cíl provést samotnou synchronizaci, může si zdroje na základě informací ze seznamu zdrojů (*Resource List*) stahovat jeden po druhém. To může být velmi neefektivní a ResourceSync proto nabízí tzv. *Resource Dump*, což je v podstatě zabalení samotných zdrojů (dat) spolu s informacemi o nich (*Manifest*) do jednoho archivu ZIP (tzv. *Package Dump*), který si může cíl stáhnout. Je také možné generovat archiv ZIP, který obsahuje pouze zdroje, které se měnily v určitém časovém intervalu (*Change Dump*).

Modularita

Poskytovatel není povinen všechny výše uvedené funkce nabízet, stačí, když informuje o tom, které z těchto funkcí nabízí přes tzv. *Capability List*. Podporované funkce se mohou pro různé zdroje jednoho poskytovatele lišit. Jsou definovány pro konkrétní seznam zdrojů – např. pro soubory videa nemusí poskytovatel udržovat starší verze, jejichž archivace by vyčerpávala diskové kapacity, naopak pro textové soubory je tato funkce žádoucí.

Pro správné fungování protokolu ResourceSync se předpokládá, že informace o obsahu bude poskytovatel zdrojů udržovat aktuální.

Technické řešení, struktura

Technicky jsou všechny informace (o zdrojích, o poskytovateli a jím nabízených funkcích, seznamy změn) kódovány, poskytovány a provázány v XML souborech, které jsou definovány dle typu *Sitemap*⁸. Protokol ResourceSync definuje vlastní jmenný prostor (*Namespace*) „rs“, kterým rozšiřuje základní strukturu typu *Sitemap* o dva nové elementy: `<rs:md>` pro popis zdroje a `<rs:ln>` pro popis odkazu na související zdroje (oba budou popsány dále).

Základním souborem *Sitemap*, který následně odkazuje na všechny ostatní soubory *Sitemap*, je soubor popisující (identifikující) poskytovatele (*Source Description*). Ten dále odkazuje na informace o poskytovaných funkcích (*Capability Lists*), z nichž jsou vedeny odkazy na seznamy poskytovaných zdrojů (*Resource Lists* a *Resource Dumps*) a změn ve zdrojích (*Change Lists* a *Change Dumps*). Tímto způsobem je možné přesně definovat, jaké funkce protokolu poskytovatel nabízí pro jednotlivé seznamy zdrojů.

Sitemap dokumenty v této hierarchii jsou vzájemně provázány a odkazovány, je tedy možné v nich snadno navigovat. Pokud cíl získá pouze jeden z dokumentů, může se snadno dostat k dokumentům ostatním.

Discovery – inzerování podpory protokolu ResourceSync

Poskytovatel (zastoupený konkrétní URI) musí nějakým způsobem inzerovat svoji schopnost poskytovat zdroje pomocí protokolu ResourceSync. Definovány jsou tři možnosti, které využívají sou-

⁸ Sitemap je XML soubor popisující, co a kde lze na webovém serveru najít. Typicky obsahuje seznam odkazů na všechny stránky dostupné na konkrétním webu. Součástí odkazů na stránky jsou i informace o jejich poslední změně. Více informací viz <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sitemap>.

časné známé standardy:

- odkazem ze souboru *robots.txt*,
- odkazem v hlavičce HTML nebo přímo v hlavičce protokolu HTTP,
- využitím tzv. *Well-known URI*⁹.

Proces synchronizace z pohledu cíle

Cíl může provádět tři základní procesy:

- **iniciální synchronizaci**, která slouží pro prvotní stažení celého obsahu nabízeného poskytovatelem (na základě informací ze seznamu zdrojů),
- **inkrementální synchronizaci**, která umožňuje cíli synchronizaci pouze změněných zdrojů,
- **audit**, tj. ověření synchronnosti pomocí speciálního typu informace, která sdružuje informaci ze seznamu zdrojů a seznamu změn ve zdrojích. Cíl tak dostává komplexní informaci o aktuálním stavu zdrojů poskytovatele a snadno si může ověřit, je-li s poskytovatelem skutečně synchronní.

Speciálním typem synchronizace je selektivní synchronizace, kdy si cíl volí, co přesně chce synchronizovat – tento typ synchronizace je velmi žádoucí. V termínech protokolu OAI-PMH by umožňoval sklízecímu definovat si vlastní množiny (*Sets*), které bude sklízet. Jedná se o náročnou úlohu, která ještě není v protokolu ResourceSync technicky vyřešena.

Elementy <rs:md> a <rs:ln> pro popis zdroje a odkazu na zdroj

Každý poskytovaný zdroj v seznamu zdrojů má informace o sobě (svých vlastnostech) zakódovány v XML elementu *<rs:md>*. Jsou jimi: přímá URI ke zdroji, velikost (v bytech), kontrolní součet, cesta a časové údaje nutné pro zpřesňování procesu synchronizace. Při vytváření informací o jednotlivých zdrojích může docházet k časovým prodlevám (například při vytváření rozsáhlého souboru ZIP, který obsahuje větší množství dat, se během „balení“ mohou jednotlivé zdroje měnit). Protokol ResourceSync proto zavádí speciální časové informace, které definují přesné informace o důležitých časových okamžicích: kdy začal být samotný zdroj vytvářen a kdy došlo k jeho „vlození“ do souboru *Sitemap*.

Každý zdroj může obsahovat libovolné množství odkazů na jiné související zdroje (*Links to Related Resources*). Tyto odkazy významným způsobem posilují možnosti protokolu ResourceSync, protože umožňují provazování (agregaci) zdrojů. Může tak plnit funkci protokolu OAI-ORE¹⁰.

Protokol ResourceSync definuje několik typů odkazů na související data definovaných elementem *<rs:ln>*, které lze doplňovat o další informace:

- **mirror** odkazuje na kopii zdroje (jeho „zrcadlo“), lze jich definovat více a doplnit informací o prioritě,
- **alternativní zdroj**, například překlad zdroje v jiném jazyce nebo odkaz na jiný formát zdroje (zdroj v PDF odkazuje na svoji reprezentaci ve formátu MS Word),
- **rozdílové aktualizace** (*patch*) je možné užít, pokud došlo k modifikaci zdroje, tj. není nutné měnit zdroj samotný, ale je možné odkazovat jen na soubor popisující změnu (běžně například u zdrojových kódů programů),
- **kolekce**, ve kterých se zdroj nachází,

⁹ Well-known URI. RFC 5785. <http://www.ietf.org/rfc/rfc5785.txt>.

¹⁰ OAI-ORE Open Archives Initiative Object Reuse and Exchange, protocol sloužící pro agregaci zdrojů na webu. Viz <http://www.openarchives.org/ore/>.

- **metadata** o zdroji,
- **předchozí verze** zdroje.

Odkaz směřující na předchozí verze zdroje umožňuje protokolu ResourceSync nabízet funkci verzování obsahu. Cíl tak může od poskytovatele získat i starší verze zdrojů, tj. verze aktuální ve specifikovaném čase. V praxi by měl protokol umožnit cíli, aby na základě specifikovaného času získal zdroj, který byl v dané době platný (aktuální). Cíl má taktéž možnost požadovat po poskytovateli všechny zdroje platné ke specifikovanému času. Zde je počítáno s využitím protokolu Memento, který na základě vstupního času generuje specifické URI pro zdroj (nebo množinu zdrojů), který byl v daném čase aktuální, pro podrobnosti viz [Memento].

Z hlediska repozitářů a digitálních knihoven je bezesporu nejzajímavější odkaz (označovaný jako *describedby*) vedoucí na metadata o zdroji. Motivací pro jeho zavedení byla potřeba synchronizace jak dat, tak s nimi spojených metadat. Přičemž metadata jsou zde vnímána čistě jako další zdroj (mají vlastní URI). Odkazů vedoucích na metadata může být více, každý z nich může odkazovat na metadata ve specifickém formátu. Jelikož jsou metadata také zdrojem, mají všechny jeho vlastnosti, mohou tedy obsahovat i odkazy včetně zpětného odkazu (označovaného jako *describes*) na vlastní „datový“ zdroj (tj. ten, který daná metadata popisují). Mimo jiné je takto možné provádět také verzování metadat.

Notifikace: zjišťování a inzerování změn

Protokol ResourceSync přináší vylepšení doposud běžně užívaného postupu při zjišťování změn. Toto vylepšení je postaveno na zasílání notifikací o změnách a významným způsobem zvyšuje efektivitu i komfort synchronizace, a to zejména na straně cíle.

V současné době se běžně užívá (a může být použito i v protokolu ResourceSync) tzv. *pull-based* synchronizace, kdy se cíl v určité časové periodě opakovaně dotazuje poskytovatele, nedošlo-li u některého ze zdrojů ke změně. Případně změněné zdroje si následně aktualizuje. Opačným principem je tzv. *push-based* synchronizace (v protokolu ResourceSync nazývaná *Notifications*), kdy poskytovatel posílá zprávy o změnách, které cíl přijímá a následně může okamžitě zahájit synchronizaci. Výhody jsou zřejmé: cíl nemusí opakovaně zatěžovat poskytovatele dotazy na změny a především se tak výrazně zkracuje doba, po kterou nejsou poskytovatel a cíl synchronní.

Celý postup notifikací je prozatím ve stádiu beta návrhu (začátek května 2014) [RSnotifications]. Počítá se dvěma typy (kanály, *Channels*) notifikací: kanálem o změnách ve zdrojích a kanál o změnách ve funkcích (*Capabilities*) nabízených poskytovatelem. Cíl, který chce být o změnách informován, se přihlásí k příslušnému kanálu, na který bude poskytovatel posílat notifikace.

Technicky by měl být celý systém zaštitěn protokolem PubSubHubbub [PubSubHubbub] z dílny vývojářů společnosti Google. Jedná se o jednoduchý protokol pracující nad protokolem HTTP. Mezi poskytovatele a cíl zavádí prostředníka, který celý systém notifikací zpracovává a řídí. Prováděné testy naznačují, že protokol PubSubHubbub by měl být pro potřeby protokolu ResourceSync dostatečně výkonný, síťová zátěž by měla být relativně malá a celý princip notifikací v praxi použitelný.

ResourceSync jako náhrada OAI-PMH?

Dosud popsány prostředky protokolu ResourceSync lze bez větších problémů dosáhnout stejných funkcí, které nabízí protokol OAI-PMH. Poskytovatel (repozitář, digitální knihovna) vystavuje svá metadata (zdroje, resp. seznam zdrojů) k synchronizaci (sklizení). Cíl (harvester) může provádět opakovanou synchronizaci (sklizení) těchto zdrojů a aktualizovat si obsah vlastního repozitáře.

Níže je přehled příkazů (*Request*) protokolu OAI-PMH a jejich možných ekvivalentů (~) v protokolu ResourceSync:

- identifikace (*Identify*) ~ popis poskytovatele a jeho možností a nabízených funkcí (*Source Description* a *Capability List*),
- výpis identifikátorů a formátů (*ListIdentifiers* a *ListMetadataFormats*) ~ výpis zdrojů spolu s odkazy (*Resource List*),
- stažení záznamu (*GetRecord*) ~ stažení zdroje na definované URI,
- hromadné stažení zdrojů (*ListRecords*) ~ synchronizací zdrojů ve formátu ZIP (*Package Dump*).

K diskusi tak zůstává funkcionality množin (*ListSets*), kterou by v budoucnu měla vyřešit selektivní synchronizace.

Je zřejmé, že ve srovnání s OAI-PMH nabízí ResourceSync další užitečné funkce – verzování, sklízení dat a *push-based* metodu pro informování o změnách. Výhodou je i možnost hromadného stahování zdrojů v balíku ZIP – pro srovnání v protokolu OAI-PMH je nutné stahovat větší množství záznamů po částech, opakovaně volat *ListRecords* a udržovat si informaci o stavu stahování, což zvyšuje režii i složitost protokolu. Budoucnost ukáže, budou-li výhody protokolu ResourceSync dostatečným důvodem pro nahrazení protokolu OAI-PMH. Velkou roli zde bude jistě hrát také skutečnost, osvědčí-li se nasazení protokolu ResourceSync v praxi.

Implementace protokolu ResourceSync

O praktickou (a autorovi v současnosti jedinou známou) implementaci protokolu ResourceSync se pokouší Richard Jones v systému DSpace [RSdspace]. Richard Jones patří do zakládajícího jádra vývojářů systému DSpace a zároveň úzce spolupracuje s tvůrci protokolu ResourceSync. Poznatky získané z této implementace jsou pak zpětně promítány v návrhu protokolu.

Závěr

Protokol ResourceSync se zdá být zajímavým příslibem do budoucnosti. Tým autorů protokolu dává do velké míry záruku kvalitního výsledku, který bude plnit požadavky kladené na obecný, moderní a flexibilní synchronizační protokol. ResourceSync by se tak mohl v oblasti webové synchronizace stát tím, čím je dnes v digitálních knihovnách protokol OAI-PMH.

Reference

[Ariadne] STUART, Lewis, Richard JONES a Simeon WARNER. Motivations for the Development of a Web Resource Synchronisation Framework. *Ariadne* [online]. 2012, č. 70 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.ariadne.ac.uk/issue70/lewis-et-al>

[Dlib1] KLEIN, Martin, Robert SANDERSON, Herbert VAN DE SOMPEL, Simeon WARNER, Bernhard HASLHOFER, Carl LAGOZE a Michael L. NELSON. A Technical Framework for Resource Synchronization. *D-Lib Magazine* [online]. 2013, vol. 19, 1/2, s. - [cit. 2014-05-04]. DOI: 10.1045/january2013-klein. Dostupné z: <http://www.dlib.org/dlib/january13/klein/01klein.html>

[Dlib2] VAN DE SOMPEL, Herbert, Robert SANDERSON, Martin KLEIN, Michael L. NELSON,

Bernhard HASLHOFER, Simeon WARNER a Carl LAGOZE. A Perspective on Resource Synchronization. *D-Lib Magazine* [online]. 2012, vol. 18, 9/10, s. - [cit. 2014-05-04]. DOI: 10.1045/september2012-vandesompeel. Dostupné z: <http://www.dlib.org/dlib/september12/vandesompeel/09vandesompeel.html>

[Memento] VAN DE SOMPEL, Herbert, Michael NELSON a Robert SANDERSON. HTTP Framework for Time-Based Access to Resource States -- Memento. In: *Memento Adding Time to the Web* [online]. 2013 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.mementoweb.org/guide/rfc/ID/>

[PubSubHubbub] FITZPATRICK, Brad, Brett SLATKIN, Martin ATKINS a Julien GENESTOUX. PubSubHubbub Core 0.4 -- Working Draft. In: *Pubsubhubbub: A simple, open, webhook based pubsub protocol & open source reference implementation*. [online]. 2013 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <https://pubsubhubbub.googlecode.com/git/pubsubhubbub-core-0.4.html>

[RSdspace] Representing ResourceSync Resources in DSpace. COTTAGE LABS. *Cottage labs* [online]. 2013 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://cottagelabs.com/news/representing-resourcesync-resources-in-dspace>

[RSnotification] KLEIN, Martin, Robert SANDERSON, Herbert VAN DE SOMPEL, Simeon WARNER, Graham KLYNE, Bernhard HASLHOFER, Michael NELSON a Carl LAGOZE. ResourceSync Framework Specification - Notification - Beta Draft. OPEN ARCHIVES INITIATIVE. *Open Archives Initiative: Standards for Web Content Interoperability* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.openarchives.org/rs/notification/0.9/notification>

[RSspecs] KLEIN, Martin, Robert SANDERSON, Herbert VAN DE SOMPEL, WARNER, Graham KLYNE, Bernhard HASLHOFER, Michael NELSON a Carl LAGOZE. ResourceSync Framework Specification - Beta Draft. *Open Archives Initiative: Standards for Web Content Interoperability* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.openarchives.org/rs/0.9.1/resourcesync>