

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta aplikovaných věd
Katedra informatiky a výpočetní techniky

Diplomová práce

Určování nahraditelnosti a kompatibility webových služeba

Místo této strany bude
zadání práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Plzni dne 19. dubna 2020

Zdeněk Valeš

Abstract

The text of the abstract (in English). It contains the English translation of the thesis title and a short description of the thesis.

Abstrakt

Text abstraktu (česky). Obsahuje krátkou anotaci (cca 10 řádek) v češtině. Budete ji potřebovat i při vyplňování údajů o bakalářské práci ve STAGu. Český i anglický abstrakt by měly být na stejné stránce a měly by si obsahem co možná nejvíce odpovídat (samozřejmě není možný doslovný překlad!).

Obsah

1	Úvod	7
2	Principy webových služeb, techniky	8
2.1	Webové služby	8
2.2	REST	8
2.2.1	Technologie použité k realizaci webových služeb . . .	9
2.3	Protokoly	9
2.4	Formální popis webových služeb	9
3	Datové typy a porovnávání	10
3.0.1	Porovnávání datových typů	10
4	Popis ukládání metadat v CRCE, popis indexování API	11
4.1	CRCE	11
4.1.1	Metadata komponent	12
4.1.2	Životní cyklus komponenty v CRCE	13
4.2	Indexování webových služeb	13
4.2.1	Obecná indexace komponenty	13
4.2.2	Indexace komponenty s webovou službou	14
4.2.3	Struktura metadat popisující webovou službu	14
4.2.4	Indexování REST služeb	15
4.2.5	Indexování webových služeb podle popisu	16
4.2.6	Limity indexování	16
5	Popis funkce porovnávače (co se jak porovnává pro jaké typy API)	18
5.1	Popis porovnávacího algoritmu	18
5.1.1	Složitost algoritmu	18
5.1.2	Obecný algoritmus porovnání	18
5.1.3	Problémy při porovnávání	19
5.1.4	MOV flag	21
5.2	Výsledek porovnání - Diff	21
5.2.1	Vyhodnocení výsledku	22
6	Implementační detaily (jen stručně)	24

7	Testování	25
7.1	Integrační + akceptační testy	25
7.1.1	Syntetický server v Jave	25
7.1.2	Příklad JSON-WSP z wiki	25
7.1.3	FuelEconomy API	26
7.1.4	Stag WS	26
8	Závěr	27
	Literatura	28
	Seznam zkratk	29

1 Úvod

- k čemu je práce dobrá - co text práce obsahuje - use case

2 Principy webových služeb, techniky

V této kapitole jsou definovány webové služby a související pojmy. Jsou zde představeny strojově čitelné způsoby popisu rozhraní služeb a protokoly sloužící ke komunikaci s webovými službami. Tato kapitola také obsahuje popis REST.

2.1 Webové služby

Pojem 'webová služba' má různé významy pro různé lidi, ale dá se najít několik společných bodů [2]:

- Použití HTML, XML a dalších standardů webové architektury jako stavebních kamenů
- Zaměření na podnikové a vnitropodnikové operace

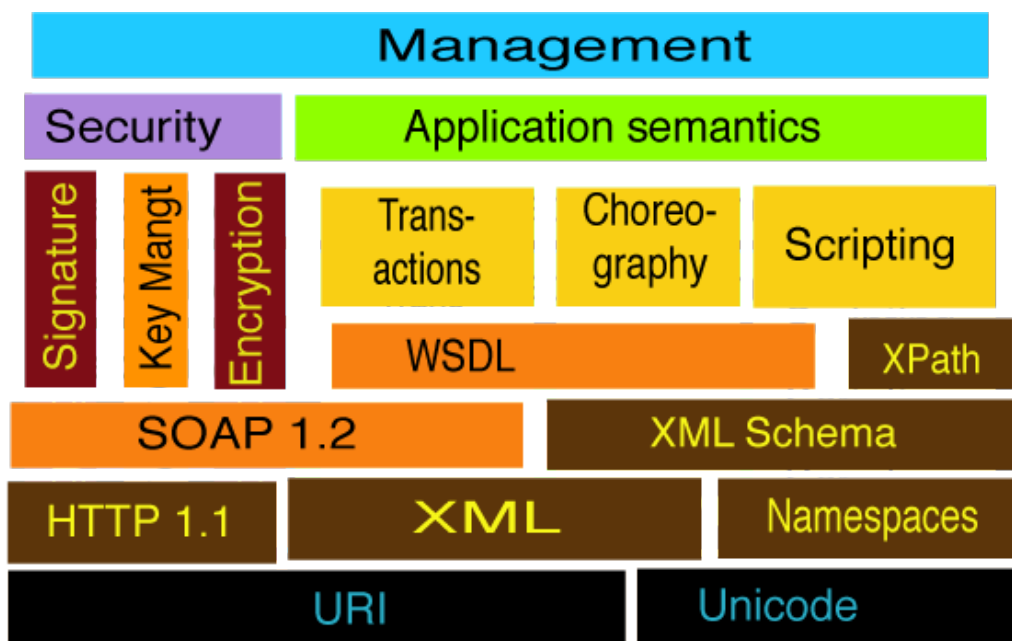
- pro účely této práce je použita následující definice od W3C [7]: "Webová služba je softwarový systém navržený pro podporu mezistrojové komunikace po síti. Webová služba má rozhraní, které je popsáno ve strojově čitelném formátu (konkrétně WSDL). Ostatní systémy interagují s webovými službami předepsaným způsobem za použití zpráv protokolu SOAP, které jsou typicky zprostředkované protokolem HTTP s využitím serializace XML a dalších webových standardů."

- poskytovatel služby = server
- konzument služby = klient (typicky nějaká aplikace)

2.2 REST

- mohlo by se hodit: <https://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-arch-20040211/#relwwwrest>
- popisuje vztah REST a WWW - REST: založeno na manipulaci s XML reprezentací webových resources skrze stateless operace

- popis architektonického stylu REST: <https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/re>
- popis elementů: - data, konektory, komponenty - popis view (na modelování)
 - RFC na HTTP: <https://tools.ietf.org/html/rfc7231#section-4>
 - odkaz konkrétně na request methods, mohlo by se hodit, protože ty jsou indexovány, tak alespoň na citaci



Obrázek 2.1: Technologie zahrnuté ve webových službách

2.2.1 Technologie použité k realizaci webových služeb

- zmínit: RPC, SOAP

2.3 Protokoly

- relevantní protokoly: RPC, SOAP, HTTP
 - HTTP (na REST a WS obecně)
 - protokol aplikační vrstvy SOAP (web service)
 - XML pro popis datového modelu
 - specifikace SOAP: <https://www.w3.org/TR/soap12-part1/#intro>

2.4 Formální popis webových služeb

- existují různé, strojově čitelné, formáty pro popis API
 - WSDL 1.1, 2.0, WADL (REST), JSON-WSP
 - Swagger, Raml, OpenApi
 - v případě REST bohužel není nic formálně nutné (oproti třeba SOAP), takže specifikace API nemusí být kompatibilní, nemusí být úplné, nebo můžou být ad-hoc (např. slovní popis ve Word dokumentu) a tím pádem nemusí existovat univerzální způsob strojového čtení těchto specifikací
 - v mé práci se věnuji především formátům WSDL, WADL a JSON-WSP

3 Datové typy a porovnávání

- přednášky z FJP - jak jazyky řeší datové typy - rekurzivní vs. nerekurzivní
- primitivní typy (v xsd) - built-in typy (v Java) - tady budu citovat [1] - subtyping: $A <: B \iff A$ může být použito v kdekoliv kde je očekáváno B
- kontravariance: $F'(A) <: F(B) \iff B <: A$

3.0.1 Porovnávání datových typů

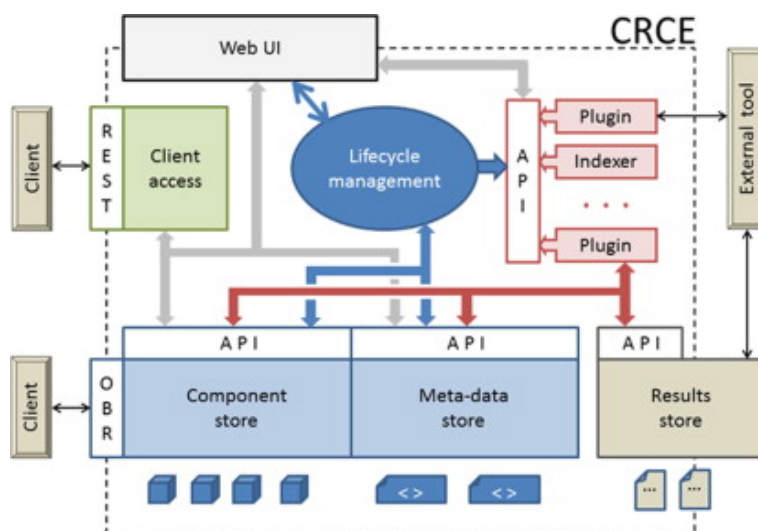
- jak to funguje - problémy při porovnání - subtyping vs. matching ([1])

4 Popis ukládání metadat v CRCE, popis indexování API

Cílem této práce je vytvořit rozšíření pro úložiště CRCE¹, které bude schopno vyhodnocovat kompatibilitu indexovaných webových služeb. Tato kapitola popisuje samotné úložiště, formát a obecný způsob získávání metadat a princip fungování konkrétních rozšíření, která indexují webové služby.

4.1 CRCE

CRCE je komponentové úložiště dlouhodobě vyvíjené a spravované výzkumnou skupinou ReliSA na Katedře Informatiky ZČU, jehož primárním účelem je indexace a následná kontrola vzájemné kompatibility komponent. Úložiště je postaveno na modulární architektuře (viz obrázek 4.1) a je tedy možné přidat rozšíření pro indexaci a zpracování vlastních dat.



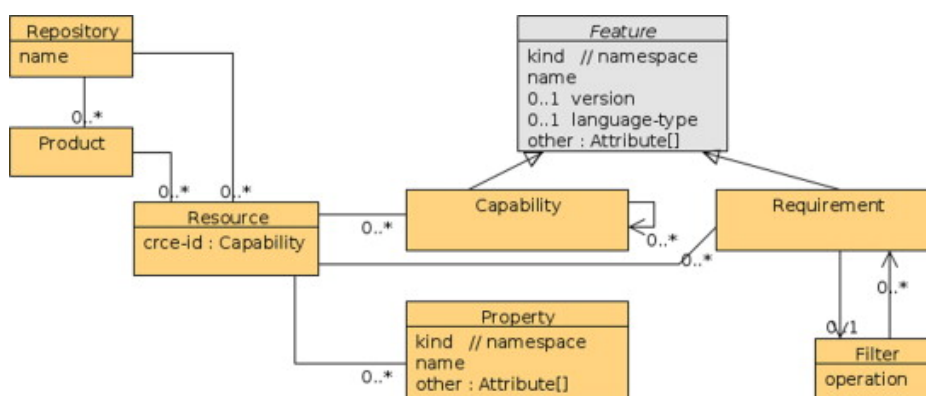
Obrázek 4.1: Architektura CRCE

¹Component Repository supporting Compatibility Evaluation

4.1.1 Metadata komponent

Data, která vzniknou indexací komponenty a případným dalším zpracováním (např. porovnáním) jsou uložena do souboru metadat a představují klíčový element systému CRCE. Návrh struktury těchto metadat, který je naznačen na obrázku 4.2, vychází z konceptu OBR² jehož základními entitami jsou mimo jiné *Resource*, *requirements* a *capabilities*[3].

Entita *Resource* reprezentuje uloženou komponentu, *requirements* a *capabilities* jsou množiny vlastností popisující co komponenta ke své správné funkci vyžaduje, respektive co naopak poskytuje. Model také umožňuje přidání key-value atributů k jednotlivým vlastnostem a jejím detailům.



Obrázek 4.2: Reprezentace metadat v CRCE

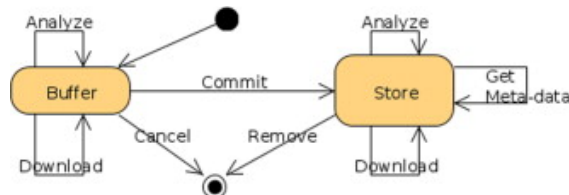
V mé práci jsem pracoval především s poskytovanými vlastnostmi (množina *capabilities*) a proto zde popíši hlavně jejich strukturu. Každá konkrétní vlastnost je reprezentována elementem *Capability* a od ostatních je odlišena identifikátorem *namespace*. Detaily konkrétní vlastnosti jsou popsány elementy *Property* a *Attribute*, kde *Property* reprezentuje logický celek několika atributů. Atributy pak představují páry klíč-hodnota, které nesou konkrétní informace jako např. jméno endpointu, nebo datový typ parametru.

Z obrázku 4.2 je vidět rekurzivní povaha elementu *Capability*, čehož je využito ke skládání jednodušších vlastností do složitějších celků. Vznikne tím stromová struktura, která je vhodná k modelování dat hierarchické povahy mezi něž patří například popisy webových služeb. V případě takto komplexních vlastností je ke komponentě (*Resource*) přiřazena pouze jedna, tzv. kořenová, *Capability*, která reprezentuje celou vlastnost.

²OSGi bundle repository

4.1.2 Životní cyklus komponenty v CRCE

Úložiště bylo primárně navrženo pro ukládání OSGi komponent, nicméně indexovat lze jakýkoliv soubor. Komponenta je v CRCE popsána již zmíněnými metadaty a prochází vlastním životním cyklem naznačeným na obrázku 4.3.



Obrázek 4.3: Životní cyklus komponenty v CRCE

Životní cyklus má dvě hlavní fáze, jimiž jsou *Buffer* a *Store*. V obou fázích jsou nad komponentou prováděny operace z nichž *analyze* je nejvíce relevantní mé práci, protože právě během této operace dochází ke sběru metadat (fáze *Buffer*) a dalším výpočtům nad nimi (fáze *Store*). Modul s rozšířením, který je předmětem mé práce bude zařazen mezi výpočty prováděné nad metadaty během *analyze*, kde bude vyhodnocovat vzájemnou kompatibilitu webových služeb. Způsoby sběru těchto metadat, ke kterým dochází ve fázi *Store*, jsou popsány v následující sekci.

4.2 Indexování webových služeb

V této podkapitole je krátce popsán obecný způsob indexace komponent v CRCE. Následně je podrobněji rozebráno indexování API konkrétními moduly a reprezentace popisu API metadaty v CRCE. Na závěr jsou také uvedeny limity indexování.

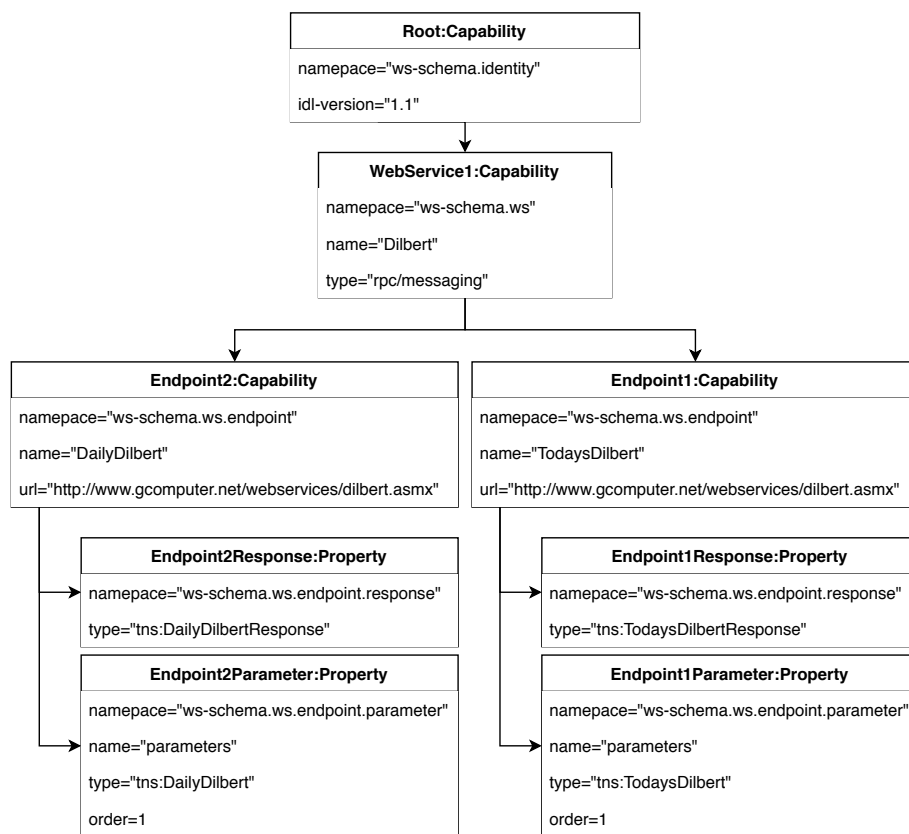
4.2.1 Obecná indexace komponenty

Indexace komponenty a související sběr metadat je proveden ve fázi *Buffer* k tomu určenými moduly. Ty jsou vzájemně nezávislé a obecně platí, že každý nich je zaměřen na sběr nějaké logicky ucelené části dat jako například informace o OSGi bundlu, koordináty maven artefaktu, nebo popis webových služeb. Vlastní data komponenty zůstávají během sběru dat nezměněná což v kombinaci s řetězením indexerů zaručuje mimo snadnou rozšiřitelnost také transparentní přístup ke komponentě každému z nich.

4.2.2 Indexace komponenty s webovou službou

Soubor obsahující implementaci, nebo popis API je v CRCE vnímán jako komponenta a prochází tedy zmíněným životním cyklem včetně výše popsané indexace. Z důvodů existence mnoha různých způsobů popisu webových služeb je není možné všechny analyzovat jedním indexerem a je nutné zaměřit se pouze na část z nich.

V současné době tedy existují dva moduly podporující několik popisných formátů a implementací. Konkrétně se jedná o modul pro indexaci webových služeb založených na architektonickém stylu REST[5] a o modul pro indexaci webových služeb s popisem ve formátu WSDL, WADL, nebo Json-WSP [6]. Oba dva vznikly v rámci diplomových prací a jsou stručně popsány v následujících sekcích.



Obrázek 4.4: Příklad indexované SOAP webové služby pro komix Dilbert

4.2.3 Struktura metadat popisující webovou službu

Jak již bylo zmíněno v části 4.1.1, hierarchickou strukturu popisu API lze vhodně vyjádřit metadaty CRCE. Během indexování komponenty repre-

zentující API jsou shromážděny různé typy popisných vlastností. Jedním z těchto typů je i samotný popis webové služby, který je reprezentován stromem metadat a ke komponentě je přiřazen skrze kořenovou *Capability*.

I když jsou různé druhy API indexovány rozdílnými moduly, výsledná metadata mají podobnou strukturu. Příklad metadat API je zobrazen na objektovém diagramu 4.4, jedná se o webovou službu, která vrací strip komixu Dilbert pro dnešní den.

Z uvedeného obrázku je vidět, že klíčové elementy API jako web service, nebo endpoint jsou reprezentovány objektem *Capability*. Detaily těchto elementů jsou popsány objekty *Property*. Jedná se zejména o parametry endpointů, těla requestů a response. Objekt *Attribute* pak představuje konkrétní hodnoty, jež jsou na obrázku naznačeny jen jako "klíč=hodnota". *Attribute* nemusí být vázaný jen na *Property* a lze jej použít i pro popis *Capability*, jak je tomu např. u objektu *WebService1*.

4.2.4 Indexování REST služeb

Modul pro indexování REST API vznikl v rámci diplomové práce Bc. Gabriely Hessové. Princip sběru dat je založen na binární analýze java archivů (JAR) obsahujících implementaci REST služeb pomocí frameworků splňujících specifikaci JAX-RS a frameworku Spring Web MVC. Modul byl testován na frameworkcích Jersey verze 2.26, RESTEasy verze 3.0.16 a Spring Boot verze 1.5.9 [5].

Z implementace REST služby modul rekonstruuje kolekci endpointů s jejich parametry, tělem requestu, response a případnými parametry response. Každý endpoint je reprezentován elementem *Capability*, všechny další jeho vlastnosti pak elementy *Property*. Výčet všech indexovaných elementů rozhraní je uveden v tabulce 4.1.

Element API	Entita v metadatech	Vstaženo k
Endpoint	Capability	-
Request body	Property	Endpoint
Request parameter	Property	Request
Response	Property Endpoint	Endpoint
Response parameter	Property	Response

Tabulka 4.1: Seznam indexovaných elementů REST služby a jejich reprezentací v metadatech

4.2.5 Indexování webových služeb podle popisu

Modul pro indexování webových služeb vznikl v rámci práce Bc. Davida Pejšimovského. Oproti předchozímu modulu pro indexaci REST služeb nepracuje tento s její implementací, ale s pouhým popisem. Podporované formáty popisu služeb jsou WSDL (verze 1.1 i 2.0) pro SOAP webové služby a WADL, Json-WSP pro REST služby[6].

Struktura dat vytvořených pro REST služby (tedy z popisu WADL, nebo Json-WSP) je podobná struktuře dat vytvořené předchozím indexerem. Endpoint je tedy reprezentován elementem *Capability*, parametry endpointu elementy *Capability*. Z popisu Json-WSP je ještě vytvořena reprezentace response pro daný endpoint (element *Property*). Z popisu WADL se žádné další vlastnosti endpointů nezískávají.

Z WSDL popisu je vytvořena reprezentace služeb jež jsou popsány xml elementy `<wsdl:service>` a vnořených endpointů. Endpoint je ve WSDL popsán elementem `<wsdl:port>` a má definované operace (`<wsdl:operation>`), nicméně modul tyto nevnořuje a vytváří zjednodušenou reprezentaci. Model endpointu tedy obsahuje metadata získaná z `<wsdl:operation>` a url definovanou v elementu `<wsdl:port>`. Služby i endpointy jsou v metadatech reprezentovány elementy *Capability*. Oproti REST službám, které mají jednu úroveň vnoření *Capability*, zde vznikají úrovně dvě. Výčet elementů API a jejich reprezentace v metadatech je uveden v tabulce 4.2.

Element API	Entita v metadatech	Vstaženo k
Service	Capability	-
Endpoint	Capability	Service
Endpoint parameter	Property	Endpoint
Response	Property	Endpoint
Response parameter	Property	Endpoint

Tabulka 4.2: Seznam indexovaných elementů webové služby a jejich reprezentací v metadatech

Logika parsování WSDL souborů (verze 1.1. i 2.0) obsahovala chybu ve čtení adresy endpointu. Ta byla očekávána v atributu `action` elementu `<wsdl:operation>`, který ale není uveden ve specifikaci WSDL 1.1 [8] ani WSDL 2.0 [9]. Tuto chybu jsem v rámci mé práce opravil.

4.2.6 Limity indexování

Současný proces indexování webových služeb naráží na dva známé problémy týkající se datových typů. Jedná se o indexování rekurzivních datových typů

a absenci samotných definic typů.

První problém se týká zejména indexování webových služeb podle popisných souborů, protože ty definice typů obsahují. Způsoby rozvoje a ukládání datových typů jsou popsány v [1], nicméně logika zatím není implementována. Druhý problém se týká binární analýzy REST služeb, protože archiv s implementací služby nemusí nutně obsahovat definice tříd. Ty mohou být například v jiném artefaktu, na který se archiv pouze odkazuje skrze závislost.

Z těchto důvodů je do metadat uložen pouze název datového typu což snižuje možnosti porovnávání služeb.

5 Popis funkce porovnávače (co se jak porovnává pro jaké typy API)

V této kapitole je detailně popsána funkce porovnávacího algoritmu společně s daty, nad kterými je možné porovnávač použít. Zároveň je zde popsán způsob vyhodnocení výsledků porovnání a formát takto získaných dat.

5.1 Popis porovnávacího algoritmu

Porovnávací algoritmus pracuje s výše zmíněnými metadaty, reprezentovanými stromovou strukturou, jejíž uzly tvoří instance tříd `Capability`, `Properties` a `Attributes`. Algoritmus pracuje pouze s daty, která byla vytvořena indexery popsány v části 4.2. Ostatní metadata, jež mohou být případně navěšená na `Resource` reprezentující API zůstanou nedotčena. V současné době je možné porovnat pouze API, jejichž metadata byla vytvořena stejným indexerem. Není tedy možné porovnat například metadata REST API získaná binární analýzou jar s metadaty získanými čtením JSON-WSP dokumentu.

- zmínit taky omezení, která plynou z indexovaných dat

5.1.1 Složitost algoritmu

- v nejhorším případě:
 - WSDL: $O(n^3)$ (ws endpointy ve ws)
 - ostatní $O(n^2)$ (endpointy1 x endpointy 2)

5.1.2 Obecný algoritmus porovnání

TODO: obecný popis, formulovat lépe

Algoritmus pro vše krom WSDL obecně (WSDL má navíc výběr a porovnání webservice):

1. Vstupem jsou endpointy obou API: `endpoints1`, `endpoints2`
2. Vyber endpoint `e1` z `endpoints1`

3. Vyber endpoint **e2** z **endpoints2**, který je vhodný k porovnání s **e1**
4. Pokud neexistuje vhodný **e2**, ulož mezivýsledek reprezentující přebývající endpoint a jdi zpět na 2
5. Postupně porovnej metadata, parametry, tělo request, tělo response obou endpointů
6. Ulož objekt reprezentující mezivýsledek porovnání
7. Pokud není **endpoints1** prázdné, jdi na krok 2, jinak pokračuj dále
8. Pro všechny zbývající endpointy **endpoints2** ulož mezivýsledek reprezentující chybějící endpoint
9. Z mezivýsledků sestav finální objekt reprezentující výsledek porovnání dvou API

5.1.3 Problémy při porovnávání

TODO: rozepsat v patřičných subsections

1. jak vybrat který endpoint/ws porovnat s kterým
2. MOV - pick the best
3. datové typy (java built-in, xsd, custom)
4. verze v URL u REST API (taký vede na MOV)

Výběr endpointu/ws vhodného k porovnání

Metadata:

- kvůli MOV se teoreticky nelze spoléhat na jméno endpointu
- kvůli verzi v cestě k endpointu (popsáno dále v 5.1.3) se nelze spoléhat na cestu k endpointu

Počet parametrů

- některé mohou být nepovinné

Porovnávání datových typů

Custom datové typy: nejsou indexované a lze tedy porovnávat pouze podle jména (např. fully qualified name v případě Java tříd).

Built-in datové typy (java, xsd)

- Java: podpora typů z `java.lang` + dědičnost
- xsd: podpora built-in typů xsd (musí být správná předpona) + dědičnost ve smyslu 'vejde se do'

Verze REST API v cestě k endpointu

Proč:

- klient může chtít volat novou verzi API a je tedy žádané zjistit, jak moc je API kompatibilní (např. se mohla změnit jen implementace, takže signatura je stále stejná)
- Normálně by algoritmus skončil MUT, protože by kvůli rozdílným cestám k endpointům vyhodnotil endpointy z API 1 jako DEL a endpointy z API 2 jako INS
- to není žádané, takže algoritmus je schopný detekovat verzi v cestě k endpointu a při výběru endpointů k porovnání ji ignorovat

Podporovaný formát:

- `v<major>[.minor[.micro]]`
- lowercase i uppercase
- oddělovač může být '.', nebo '-'
- regex: `\/[vV][0-9]+(?:[.-][0-9]+){0,2}\/`

Detekci verze je možno vypnout. Pokud je detekce zapnutá, algoritmus se před porovnáním cest pokusí najít verzi a pokud ji najde, z cesty ji vyřadí a porovná cesty bez verze

5.1.4 MOV flag

Popis MOV

Co: Příznak označující, že API/endpoint má (částečně) shodnou implementaci, ale nachází se na jiné adrese

Proč: endpointy v API mohou mít jiné url/jména, ale implementačně mohou být shodné -> potřeba detekovat

Jak: na základě ostatních metadat (počet parametrů, počet endpointů ve WS)

Mov se také nastaví pokud je zaplé ignorování verzi REST API v endpoint path a pokud:

- cesty s verzí nejsou stejné
- cesty bez verze jsou stejné

Algoritmy (nemusí vždy fungovat správně):

- obecná detekce před samotným porovnáním -> MovDetectionResult
- 3x diff: host, path to endpoint, operace
- MovDetectionResult se pak použije při výběru endpointu k porovnání a při samotném porovnání (pickBest)

- kombinace které vedou na mov:

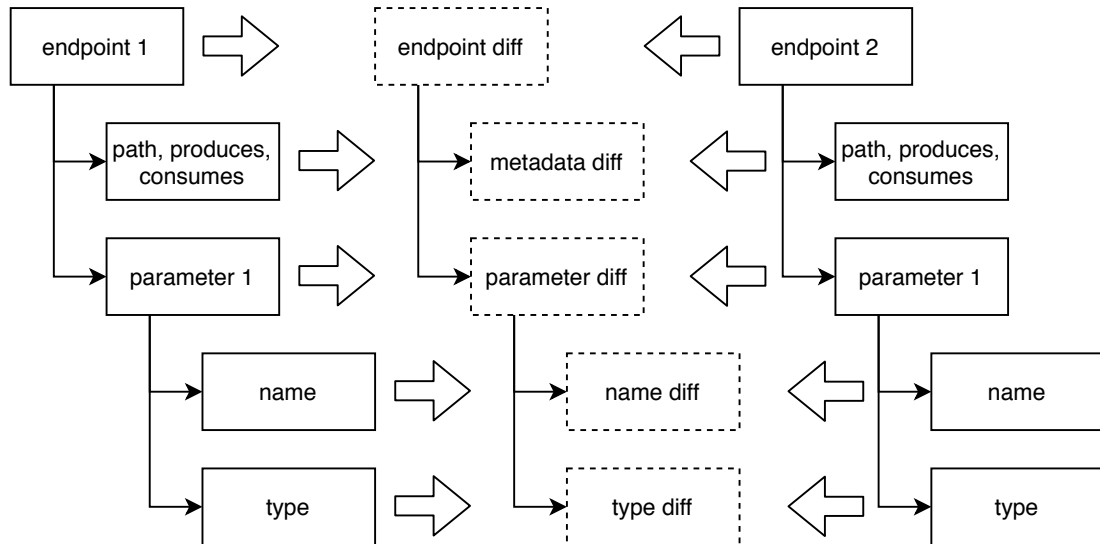
- $h \wedge !pe \wedge !o$
- $h \wedge pe \wedge !o$
- TODO

5.2 Výsledek porovnání - Diff

Popis výsledné datové struktury

- Diff, Compatibility
- vychází z [4]
- stromová struktura rozdílů mezi jednotlivými uzly stromu metadat
- obrázek 5.1 hezky popisuje jak to vznikne
- výsledné hodnoty diffu a jejich významy pro klienta v tabulce 5.1

- SPE/GEN může vzniknout jen z datových typů parametrů/response
-> lze spolehlivě použít kontravarianci a výsledek obrátit
- pokud tedy vyjde SPE, znamená to např. generalizovaný parametr a tedy je to pro klienta bezpečné



Obrázek 5.1: Vytvoření diffů

5.2.1 Vyhodnocení výsledku

- jak probíhá vyhodnocení (nejdříve se určí hodnoty listů, z nich se pak počítá dál nahoru)
 - kontravariance
 - není to úplně problém, ale při vyhodnocování finálního Diffu pro endpoint je potřeba brát v potaz
 - GEN/SPE může vzniknout jen z datových typů parametrů/response endpointu, takže je to poměrně přímočaré

Difference type	Impact on client
None (NON)	safe
Specialization (SPE)	safe
Insertion (INS)	safe
Deletion (DEL)	potentially dangerous
Generalization (GEN)	potentially dangerous
Mutation (MUT)	dangerous
Unkown (UNK)	dangerous

Tabulka 5.1: Types of differences between two nodes

6 Implementační detaily (jen stručně)

- zmínit, proč třídy pro porovnávání REST API a WS nemají společného předka (krom rozhraní) - důvod: chtěl jsem nechat implementaci obou porovnávačů oddělenou pro případ, že by se změnila funkce indexerů

7 Testování

- nějaká reálná data - STAG (WSDL) - Fuel Economy - i syntetická data - algoritmus testován pomocí unit testů

7.1 Integrační + akceptační testy

- testování skrze REST API - pomocí Postman (Collection Runner) - několik verzí jednoho API -> testování křížem - todo: příklad - popsat verze API (čím se liší), případně zdůvodnit očekávaný výsledek - tabulka vzájemného porovnání s výsledky

7.1.1 Syntetický server v Jave

- postaveno na Jersey
- REST API
- alespoň obrázek/raml api?
- 2 verze otestované křížem

Popis verzí API (rozdíl je vždy popsáný oproti verzi 1):

- V1: základní verze
- V2: typ parametru změněn z Long na Number

Co se testuje:

- GEN/SPEC a kontravariance u parametru endpointu

7.1.2 Příklad JSON-WSP z wiki

- popsáno JSON-WSP souborem
- <https://en.wikipedia.org/wiki/JSON-WSP>
- 4 verze otestované křížem

Popis verzí API (rozdíl je vždy popsáný oproti verzi 1):

- V1: základní verze

- V2: typ User je jiný
- V3: přidána metoda deleteUser
- v4: metoda listGroups změněna na getUsersInGroup

Co se testuje:

- ne-indexování custom datových typů (takže v2 = v1)
- mutace endpointu
- INS, DEL

7.1.3 FuelEconomy API

- popsáno WADL souborem
- <https://www.fueleconomy.gov/ws/rest/application.wadl>
- 3 verze otestované křížem

Popis verzí API (rozdíl je vždy popsáný oproti verzi 1):

- V1: základní verze
- V2: odebrán (poslední) resource /labelvehicle
- V3: odebrán (poslední) resource /labelvehicle, přidán resource /somethingDifferent

Co se testuje:

- INS, DEL a MUT

7.1.4 Stag WS

TODO

8 Závěr

Literatura

- [1] ABADI, M. – CARDELLI, L. On Subtyping and Matching. In *European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP), Lecture Notes in Computer Science*, 952, s. 145–167. ACM Press, January 1995. Dostupné z: <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/on-subtyping-and-matching/>.
- [2] BERNERS-LEE, T. *Web Services - Program Integration across Application and Organization boundaries* [online]. aug 2009. Dostupné z: <https://www.w3.org/DesignIssues/WebServices.html>.
- [3] BRADA, P. – JEZEK, K. Repository and Meta-Data Design for Efficient Component Consistency Verification. *Science of Computer Programming*. 2015, 97, part 3, s. 349–365. ISSN 0167-6423. doi: 10.1016/j.scico.2014.06.013. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167642314002925>.
- [4] BRADA, P. – VALENTA, L. Practical Verification of Component Substitutability Using Subtype Relation. s. 38 – 45, 10 2006. doi: 10.1109/EUROMICRO.2006.50.
- [5] HESSOVÁ, G. Automatické získání historických údajů z webových zdrojů [online]. Bakalářská práce, Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Plzeň, 2015 [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/pzbgj7/>.
- [6] PEJŘIMOVSKÝ, D. Vytváření a ukládání popisu webových služeb v úložišti CRCE [online]. Diplomová práce, Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Plzeň, 2015 [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/bb74eq/>.
- [7] W3C. *Web Services Architecture* [online]. feb 2004. Dostupné z: <http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-arch-20040211/>.
- [8] W3C. *Web Services Description Language (WSDL) 1.1* [online]. mar 2001. Dostupné z: <https://www.w3.org/TR/2001/NOTE-wsdl-20010315>.
- [9] W3C. *Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 1: Core Language* [online]. jun 2007. Dostupné z: <https://www.w3.org/TR/wsdl/>.

Seznam zkratek

CRCE	Component Repository supporting Compatibility Evaluation
API	Application Programming Interface
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
JAR	Java Archive
JSON	JavaScript Object Notation
JSON	JSON Web-Service Protocol
OSGi	Open Services Gateway initiative
REST	Representational State Transfer
SOAP	Simple Object Access Protocol
UML	Unified Modeling Language
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
WADL	Web Application Description Language
WSDL	Web Services Description Language
XML	Extensible Markup Language
XSD	XML Schema Definition