

# Návrh integrovaného hydrologického informačního systému s využitím webových služeb

Josef Stromský<sup>1</sup>, Antonín Orlík<sup>2</sup>, Markéta Hanzlová<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut geoinformatiky, Hornicko-geologická fakulta, VŠB-TU Ostrava, 17.listopadu 15, 70833, Ostrava-Poruba, Česká republika

Josef.stromsky.hgf@vsb.cz

<sup>2</sup>Institut geoinformatiky, Hornicko-geologická fakulta, VŠB-TU Ostrava, 17.listopadu 15, 70833, Ostrava-Poruba, Česká republika

Antonin.orlik.hgf@vsb.cz

<sup>3</sup>Institut geoinformatiky, Hornicko-geologická fakulta, VŠB-TU Ostrava, 17.listopadu 15, 70833, Ostrava-Poruba, Česká republika

marketa.hanzlova@vsb.cz

**Abstrakt.** Navrhovaný integrovaný hydrologický systém reflektuje svojí distribuovanou architekturou hlavní charakteristiky existujících hydrologických a hydrogeologických systémů. Jejich typickou vlastností je izolovanost informačních technologií v kontrastu s distribuovaností prostředí v němž jsou jednotlivé úlohy řešeny, ať již mluvíme o distribuci prostorové či organizační. Návrh systému předpokládá využití služeb aplikačních serverů poskytujících přesně definované rozhraní realizované prostřednictvím webových služeb. Tímto způsobem zapouzdřené uzly distribuovaného systému budou spadat do čtyř hlavních domén, které pokrývají problematiku managementu dat, modelování, mapování a prostorové analýzy (geoprocessing) a systémů podpory v rozhodování (DSS). Systém poskytne unifikované prostředí pro řešení v této oblasti doposud neuskutečnitelných úloh a díky využití standardizovaných komunikačních protokolů umožní spolupráci, sdílení dat a funkcionality mezi zdánlivě neslučitelnými systémy.

**Klíčová slova:** hydrologie, hydrogeologie, geoinformatika, distribuované GIS, webové služby, integrace, interoperabilita.

**Abstract.** Designed integrated hydrological system is reflecting the main characteristics of hydrological and hydrogeological systems by its distributed approach. The typical indicium of such a systems is their isolation of information technologies in the face of distributed environment where particular tasks are solved taking into account both spatial and organizational distribution. System desing presumes utilization of application servers providing strictly defined interfaces carried out by implementation of web services. Nodes of distributed system encapsulated by this way are included in four main domains covering a problematics of data management, modelling, mapping and spatial analysys (geoprocessing) and decision support systems (DSS). System aims to provide unified environment allowing to solve task currently feasible in this field by very complicated way, all thanks to usage of standardized communication protocols allowing to collaborate, data and functionality sharing between apparently incompatible systems or environments.

**Keywords:** hydrology, hydrogeology, geoinformatics, distributed GIS, web services, integration, interoperability.

## 1 Úvod

Správa, řízení a plánování vodních zdrojů, vodních toků a nádrží se stává zejména v posledních letech předmětem nebývalého zájmu veřejné správy i veřejnosti. Ať už se jedná o nedostatek pitné vody, přírodní katastrofy v podobě záplav a povodní či nezbytnost vodních zdrojů v nejrůznějších oblastech lidské činnosti. Očekávaný nedostatek vody (i když v našich podmínkách zatím jen místní nebo dočasný) vede k zesílení snah o efektivní správu jejich zdrojů. Situace tak vede k hledání nových metod vhodných pro správu vodních zdrojů, jenž by více uspokojovaly potřeby jak prostředí tak managementu.

Izolovaný a nezávislý management environmentálních procesů nevede při širším pohledu k vhodné či udržitelné správě vodních zdrojů. Tato skutečnost navozuje požadavek integrované správy vodních zdrojů. Integrovaný systém vodního hospodářství představuje koncept integrace jednotlivých funkčních požadavků do jednoho celku. Jednotlivými funkčními celky si můžeme představit správu vodních toků, výrobu elektřiny, úpravu a dodávku pitné či užitkové vody, zavlažování, odvod a zpracování odpadních vod atd. [1] Perspektiva integrovaného vodního hospodářství při správě a dalším rozvoji vodních zdrojů bere v úvahu také aspekty sociální, ekonomické a technické společně s vlivy na životní prostředí.

Objektivním základem pro integrovaný systém vodního hospodářství by se měly stát modely procesů v jednotlivých segmentech a jejich vzájemná spolupráce. S jistotou dnes lze říci, že rostoucí tlak na vodních zdroje v budoucnosti dále zintenzivní tyto potřeby. Navíc výše uvedené potřeby zahrnutí dalších aspektů (sociální, environmentální) pro procesy plánování a rozhodování není prakticky možné realizovat pomocí dílčích modelů, ale pouze za podpory kvalitních integrovaných modelovacích systémů.

Samotné hydrologické procesy jsou procesy komplexní, probíhající v relaci s celou řadou dalších systémů. Žádný jednotlivý model či modelovací systém je proto není schopen adekvátně reprezentovat. A právě komplexnost procesů, které se snažíme popsat a modelovat, je hlavním problémem při tvorbě systémů integrovaného řízení vodních zdrojů. Takové systémy proto měly obracet na systémy podpory v rozhodování (decision support systems – DSS) vybudované nad zmíněnými integrovanými modelovacími systémy.

Tento příspěvek si bere za cíl přiblížit čtenářům problematiku tvorby ucelených modelovacích struktur, které jsou schopny simulovat realitu lépe než jednotlivé izolované systémy. Popíše nástroje a technologie určené pro návrh a výstavbu takových systémů a představí existující implementaci.

## 2 Integrované modelování

Management vodního hospodářství musí přijímat krátkodobá – operativní i dlouhodobá – strategická rozhodnutí. V oblasti vodního hospodářství se může v obou případech jednat o rozhodnutí velmi závažná a současně nákladná, ovlivňující jak rozsáhlé plochy, tak množství obyvatel. Proces rozhodování proto vyžaduje podporu vyváženého množství relevantních informací. V opačném případě by totiž mohlo dojít k situaci, kdy je management zahlcen velkým množstvím nejrůznějších informací a situace by se stala nepřehlednou což by v důsledku mohlo vést až k přijetí nevhodných opatření či rozhodnutí. Výběr, zpracování a zprostředkování informací vhodou formou si za úkol berou právě systémy podpory v rozhodování. K významným vstupním informacím patří právě výsledky modelování či simulace jednotlivých jevů.

Systém podpory v rozhodování v sobě spojuje aspekty informačních a modelovacích systémů, které ve srozumitelné formě zpřístupňuje uživatelům. Ti již nemusí být nezbytně experty v oblastech modelování či analýz dané problematiky. Systém podpory v rozhodování v našem případě předává vstupní podmínky odpovídajícím modelům a analýzám, umožňuje srovnávání výsledků různých variant rozhodnutí, případně navrhuje optimální řešení.

Modely používané v systémech pro podporu v rozhodování se zpravidla snaží zaměřovat na jeden konkrétní proces či jev. Nicméně integrovaná správa povodí vyžaduje informace o plném spektru možných dopadů při zvolených postupech. Nepředpokládá se pouze požadavek na porozumění a modelování jednoho konkrétního procesu na povodí, ale zejména jeho interakci se systémy, které se vzájemně ovlivňují.

K reprezentaci a simulaci chování fyzických a sociálních systémů, jakým je vodní tok a jeho okolí, jsou užívány numerické modely. K reprezentaci více aktivit v různě lokalizovaných oblastech může být využita sada jednotlivých modelů. Ve skutečném prostředí jsou však tyto aktivity a procesy navzájem propojeny, navzájem se ovlivňují a jsou oboustraně závislé. Zapotřebí je proto mechanismus umožňující tyto modely jednotným způsobem propojovat a simulovat tak vztahy mezi jednotlivými systémy.

V současnosti však neexistuje žádné standardizované rozhraní, jenž by umožňovalo tvorbu vazeb mezi modelovacími systémy. Na základě této potřeby byl zahájen projekt HarmonIT. Jeho cílem je právě specifikace takového rozhraní a tvorba prostředí, jenž by umožňovalo jeho zavádění do praxe pod názvem Open Modelling Interface - OMI. Na jeho vývoji se mimo významných institucí podílí také tři české firmy. První verze této specifikace byla vydána na počátku roku 2005.

### 3 Servisně orientovaná architektura

Architektura orientovaná na služby (angl. Service-Oriented Architecture, SOA) a její reálná implementace – webové služby (angl. Web Services, WS) patří v dnešní době k nejdiskutovanějším tématům na poli distribuovaných informačních systémů. Ačkoli myšlenka SOA není ve své podstatě nová (na podobném principu pracovaly již např. koncepty CORBA nebo Microsoft (D)COM) zaznamenává velký rozvoj až v posledních letech a to především díky dvěma faktorům. Prvním z nich je dostatečná technická podpora. Sem můžeme zařadit spolehlivé přenosové sítě, kvalitní komunikační protokoly i dostatečný výpočetní výkon dnešních počítačů. Druhým faktorem jsou požadavky firem na takové IT prostředky, které budou mnohem více svázány s obchodními záměry a s procesy probíhajícími uvnitř firmy, než dosavadní informační systémy [8].

Servisně orientovaný přístup je při návrhu IS vhodný mimo jiné tam, kde navrhovaný systém vykazuje známky distribuovanosti. K tomu dochází v případech, kdy systém jako celek funguje v komplikovanější organizační struktuře, jakou může být například skupina organizací či velká firma s řadou divizí a oddělení. Systém integrované správy vodních zdrojů je typickým případem rozsáhlého informačního systému, fungujícího v heterogenním, distribuovaném prostředí.

Jedním z prvních kroků při analýze a návrhu takového systému je spolu se specifikací požadavků a případů užití také popis jehotlivých procesů probíhajících v dané organizační struktuře.

V současné době neexistuje žádná definice, která by přesně vystihovala podstatu SOA. Proto můžeme říci, že SOA je určitým stylem pro vytváření distribuovaných informačních systémů. Jedním dechem je však nutné dodat, že SOA je také nástrojem pro realizaci byznys procesů [8].

#### 3.1 Byznys procesy a jejich modelování

Byznys proces je po částech uspořádaná množina procedur a aktivit, které společně realizují podnikatelský nebo strategický cíl, obvykle v kontextu organizační struktury definující funkce rolí a jejich vztahy. Pojmem procedura rozumíme podproces obsažený v daném procesu. Pojmem po částech uspořádaná množina pak vyjadřujeme fakt, že ne všechny aktivity a procedury lze seřadit do jediné posloupnosti. Takových posloupností však může být více a mohou být řazeny vedle sebe – mohou být souběžně, paralelně uskutečnitelné [5].

Modelování byznys procesů je klíčovou součástí vývoje informačního systému. Umožňuje v analýze zohlednit široký kontext, ve kterém dané processy probíhají včetně jeho vazeb na něj. Takovýto model pak poskytuje náhled na navrhovaný systém zasazený do organizační struktury a každodenních aktivit prostředí, pro něž je navrhován.

### 3.2 Realizace byznys procesů

Nasazení servisně orientovaného přístupu při návrhu systémů umožňuje velmi jednoduše a efektivně reflektovat byznys procesy organizace či prostředí, v němž má být navrhovaný systém implementován. Obecně je možné říci, že mluvíme-li o systému jako o softwarovém díle, stává se každý byznys proces modelem kandidátem na webovou službu. Jinými slovy existuje pravděpodobnost, že proces dokumentovaný v modelu byznys procesů bude v dalších fázích vývoje implementován jako služba. Tato skutečnost částečně vyplývá z charakteru byznys procesu: vstup, výstup, začátek a konec.

Servisně orientovaný přístup pak takto nabývá zcela zásadního významu, jelikož umožňuje reflektovat nejen organizační strukturu prostředí, ale také jeho prostorovou distribuovanost. V momentě, kdy fungování systému či organizační struktura v níž má být systém zaváděn přesahuje svým rozsahem prostor jedné budovy, komplexu budov či jednoduše řečeno rámec intranetu, dostává se do situace, kdy je komunikace mezi jednotlivými takovými středisky možná pouze prostřednictvím *relativně* pomalé heterogenní a nespolehlivé sítě Internet s bezpečnostními riziky. Zde již není možné realizovat celou řadu běžných operací v prostředí rychlé lokální sítě. Budovat v takovémto prostředí (Internet) dobře fungující informační systémy proto předpokládá nasazení jiných metod a přístupů při jejich návrhu. Možným řešením je právě nasazení SOA.

### 3.3 Webové služby

Webové služby představují systém navržený pro podporu přenosu informací mezi počítači různých platform. Jde tedy o obdobu technologií určených pro vzdálené volání funkcí v distribuovaných systémech jako CORBA či RMI. Na rozdíl od nich jsou však webové služby navrženy pro komunikaci mezi různými platformami (operačními systémy, programovacími jazyky, architekturami počítačů...).

Webové služby poskytují standardizovaný přístup ke spolupráci mezi různorodými programovými produkty fungujícími na nejrůznějších platformách [2]. Přínos webových služeb spočívá zejména ve významné podpoře interoperability a možnosti strojově zpracovávat dokumenty popisující jednotlivé služby. Každá služba je takto popsána pomocí jazyka *Web Services Description Language* (WSDL). Jedná se o formát založený na značkovacím jazyce XML. Díky tomu přístupu je možné sestavovat automatizované postupy pracující nad existujícími službami. Jednotlivé služby poskytující jednoduché exaktní úlohy je pak možné kombinovat a konstruovat tímto způsobem sofistikované informační systémy.

### 3.4 Nahraditelnost komponent a služeb

Webové služby zpřístupněné v prostředí Internetu/intranetu striktně popisují své rozhraní prostřednictvím jazyka WSDL. Tím umožňují realizovat jeden ze základních principů objektové orientace, kterým je zapouzdření. Rozhraní jasně definuje vstupy

nezbytné pro danou službu včetně jejích datových typů. Klient je tímto způsobem účinně odstíněn od znalosti veškeré nezbytné funkcionality na pozadí. Při zachování definovaného rozhraní je možné:

- provádět opravy (upgrade) komponent, algoritmů či celých aplikací poskytujících požadovanou funkcionalitu,
- zasahovat do využívaných dat a provádět jejich aktualizace, překalibrovávat existující modely či dokonce měnit celé datové struktury,
- kompletně nahrazovat komponenty či softwarové produkty využívané v rámci služby, kdy může jít také o celé modelovací systémy využívané pro danou úlohu.

### **3.5 Implementace systému v heterogenním prostředí**

Budování rozsáhlých distribuovaných informačních systémů v řadě případů předpokládá mimo vývoje nových také zapojení již existujících a prověřených systémů. Jejich spolehlivé fungování je často vázáno na experty, osvědčené postupy, know-how a v neposlední řadě mohou být determinovány legislativními a organizačními požadavky. Příkladem může být Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), který poskytuje celou škálu ze zákona garantovaných informací a služeb (informace o množství srážek, předpovědi, ...)

Jednotlivé procesy probíhající v takovýchto dílčích systémech jsou pak téměř vždy vázány na existenci pokročilých a verifikovaných numerických řešení, která jsou implementována na různých platformách.

Implementace servisně orientované architektury pak musí zohledňovat všechny tyto aspekty a nabídnout řešení nezávislé na platformě či programovacím jazyce. Všechny tyto požadavky splňují Webové služby.

## **4 Řešení spolupráce modelů**

Modelovací systémy používané v současné době ve valné většině případů nedisponují nástroji pro pokročilejší interní skriptování. Řešené úlohy tedy není možné jednoduše automatizovat a výstupy následně automaticky publikovat či poskytovat k dalšímu zpracování. Už vůbec není obvyklé, aby takovéto modelovací systémy implementovaly komunikační rozhraní, jehož prostřednictvím by zpřístupňovaly svoji funkcionalitu.

### **4.1 Open modelling interface**

Vyřešit tento zjevný nedostatek si za cíl stanovil projekt HarmontIT [7]. Projekt se zaměřil na návrh rozhraní (včetně prostředí usnadňujícího jeho implementaci), které by umožňovalo numerickým modelům v prostředí různých programových produktů

vzájemně komunikovat standardizovaným způsobem. Rozhraní bylo navrženo na základě intenzivní analýzy požadavků různých skupin potenciálních uživatelů a širokého spektra již existujících modelovacích systémů, databázových systémů, zpracovatelských postupů a obecně dalších programových produktů, které hrají roli v komplexních řešeních z oblasti modelování environmentálních jevů.

Rozhraní navržené na základě takové analýzy pak pokrývá v podstatě všechny potřeby tvůrců informačních systémů využívajících modelované informace v širším kontextu. Na samotném návrhu se pak podíleli nejen vývojáři z oblasti informačních technologií, ale také odborníci připravující reálné hydrologické modely.

K začlenění modelovacího systému jako unikátního uzlu integrovaného hydrologického systému založeného na servisně orientované architektuře je třeba právě takového jednotného rozhraní. Komunikace s/mezi modely pak probíhá jeho prostřednictvím.

## 4.2 Komplikace při implementaci OMI

Uvažovaný informační systém je navrhován jako distribuovaný a nezávislý na platformě či programovacím jazyce. Tato skutečnost umožňuje nasadit při řešení každého procesu (úlohy) vždy skutečně to nejvhodnější řešení a vyhnout se nevhodným implementačním kompromisům z důvodu nekompatibility programových komponent. Ideální implementace využívá webové služby, které jsou nasazeny při budování jednotlivých rozhraní a protokolů SOAP/XML jako výměnný formát.

Klíčovým přínosem projektu HarmonIT je bezesporu samotná specifikace rozhraní OMI. To může být implementováno kterýmkoliv programovacím jazykem a provozováno na libovolné hardwarové či softwarové platformě. Standardní vývojové prostředí, které je také jedním z hlavních výsledků práce na projektu HarmonIT, obsahuje nástroje a komponenty pro jednoduchou, rychlou a tedy relativně dostupnou implementaci. Toto prostředí je dostupné pro programovací jazyky C# a Java. Tyto jazyky byly vhodně zvoleny tak, aby pokrývaly dvě nejvíce rozšířené technologie z oblasti vývoje informačních systémů. Tedy platformu .NET a Java Enterprise Edition. Pro vhodnou implementaci je jasným favoritem platforma Java Enterprise Edition, jelikož na rozdíl od .NET představuje platformě nezávislé prostředí, což je jednou z hlavních podmínek návrhu. Ačkoliv existuje řada variant jak provozovat technologii .NET na jiných platformách, nejsou tyto techniky garantovány vývojáři .NET.

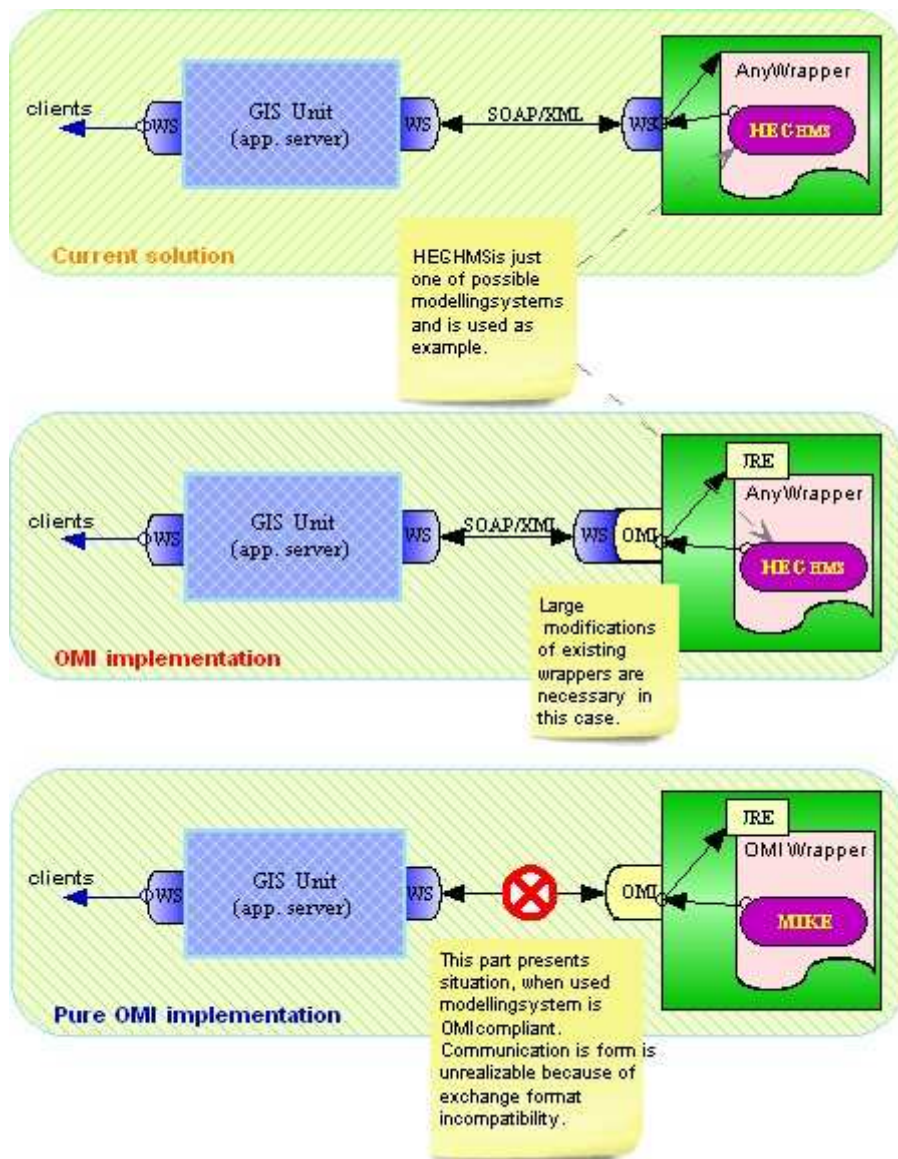
Komponenty umožňující konstrukci OMI rozhraní používají pro komunikaci mezi jednotlivými instancemi rozhraní platformě závislé technologie pro vzdálené volání metod (.NET remoting technologies and RMI). Tato skutečnost izoluje obě varianty OMI prostředí (C# a Java), protože není možné volat .NET framework pomocí RMI (Remote Method Invocation) a opačně.

Pro řádné fungování a možné nasazení OMI je nezbytné, aby vývojové prostředí OMI komunikovalo prostřednictvím platformě nezávislé technologie, jakou jsou například webové služby v kombinaci s protokolem SOAP/XML. Tato eventualita je nezbytná pro komunikaci jednotlivých uzlů navrhovaného distribuovaného systému.



Mimo zmíněné skutečnosti v této chvíli neexistují implementace OMI pro modelovací systémy v návrhu systému nasazené. To je možné řešit implementací rozhraní OMI na existujícím rozhraní modelu. Jedná se však o značně nekoncepční a nepraktické ad-hoc řešení. K tomuto hendikepu se přidává také fakt, že by řešení bylo v případě řady modelovacích systémů velmi komplikované.

Projekt HarmonIT působí tlak na vývojáře modelovacích systémů aby do svých produktů implementovali přímo komunikační rozhraní dle specifikací OMI. Jeho třebaže částečný úspěch v tomto směru sice nezajistí úplnou interoperabilitu modelů (z výše uvedených důvodů), nicméně výrazně zjednoduší budování distribuovaných hydrologických a hydrogeologických systémů.



Obr. 1. Varianty nasazení OMI v rámci distribuovaného systému

### 4.3 Dopady nasazení OMI

V současné fázi vývoje OMI prostředí by bylo pro úspěšné nasazení této technologie v distribuovaném systému nezbytné zajistit následující.

- Implementace rozhraní k OMI v jazyce Java pro všechny modelovací systémy nasazované v rámci systému

- Implementace vrstvy webových služeb nad OMI
- Nasadit nové přístupy při automatizaci modelovacích procedur na platformě MS Windows u systémů nedisponujících vhodným aplikačním rozhraním

#### 4.4 Zhodnocení možností nasazení OMI v rámci distribuovaného IS

Prostředí pro implementaci je možné využívat jak na platformě .NET (C#) tak Java Enterprise Edition. Na první pohled se proto může zdát, že se jedná o nezávislé a multiplatformní prostředí pro implementaci OMI nad modelovacími systémy.

Nicméně je nezbytné vzít v úvahu hlavní smysl unifikovaných rozhraní. Ten spočívá v jednotném přístupu k dané funkcionalitě a tedy podpoře interoperability. Nezpochybnitelně profesionální práce byla v rámci projektu HarmonIT odvedena v oblasti specifikace rozhraní schopného integrovat modelovací a jiné systémy do komplexních řešení. Nicméně vývojové prostředí OMI nedisponuje dostatečnou nezávislostí implementací nezbytnou pro takto heterogenní systém jakým navrhované řešení je.

#### 4.5 Nasazení webových služeb

Webové služby, jak již vyplývá ze stejnojmenné kapitoly tohoto příspěvku, jako technologie ideálně splňují požadavky kladené na formu komunikace. Nicméně je stále zapotřebí vhodně specifikovat samotné rozhraní modelovacích systémů. A zde se nabízí ideální možnost využití výsledků projektu HarmonIT. Negativní zhodnocení možností nasazení stávající implementace rozhraní OMI totiž nijak nesnižuje kvality jeho navržené specifikace.

Nejvhodnější variantou je proto nasazení webových služeb jako integračního prvku a protokolu SOAP/XML jako výměnného formátu. Definice samotného rozhraní by pak měla reflektovat specifikaci OMI jakožto výsledku intenzivního studia dané problematiky s řadou úspěšných implementací.

#### 4.6 Web Processing Service

Web Processing Service je jedním z posledních počínů organizace Open Geospatial Consortium (OGC). Tato služba umožňuje klientovi (klientské aplikaci) přístup k předpřipraveným posloupnostem operací, kalkulacím či modelování. Data požadovaná službou mohou být předána po síti nebo být uložena přímo na serveru. Může se jednat o rastrová data nebo data ve standardních výměnných formátech jako například Geography Markup Language (GML) či Geolinked Data Access Service (GDAS).

Tato specifikace je však v současnosti ve fázi *Approved Discussion Paper* a tudíž se zatím nejedná o standard. Nicméně jedná se o zajímavou alternativu k OMI

založenou na konceptu Web Services se všemi výhodami z toho vyplývajícími včetně nezávislosti na platformě či programovacím jazyce.

## 5 Architektura distribuovaných hydro(geo)logických IS

Návrh a implementace hydrologického či hydrogeologického informačního systému předpokládá nasazení celé řady specifických programových služeb a komponent. Službou je zde myšlena zapouzdřená, zdokumentovaná funkcionalita poskytovaná v prostředí sítě intranet/Internet. Komponentou je pak zaměnitelný programový produkt, jenž vykonává úlohy z požadované domény. Komponenty využitě při poskytování dané služby je tedy možné zaměňovat, aniž by v kontextu celého systému muselo dojít k jiným modifikacím.

Mezi významné *komponenty* v hydrologických informačních systémech patří:

- Modelovací systémy
- Databázové systémy
- Prostorové datové struktury
- Mapové servery
- Nástroje pro zpracování a manipulaci s prostorovými daty

### 5.1 Modelovací systémy

Ve většině případů je libovolný hydro-model založen na datech statických a datech, která jsou časově proměnná a které označíme jako data dynamická. Statickými daty mohou být např. výšková data (data nejsou modelem!), linie říčního koryta, profil říčního koryta, půdní pokryv, využití území nebo geologický podklad. Dynamickými daty pak měřené a predikované srážky, teploty, průtoky, výšky hladin, sněhu a další. Statická data pak bývají součástí modelu (resp. tzv. projektu) a data dynamická musí být v modelu obměňována za aktuální hodnoty dané vstupní veličiny.

Hydrologické (srážko-odtokové) modely v programech jako je např. HEC-HMS, CASC2D nebo TOPMODEL na vstupu vyžadují srážkoměrná data a společnou výstupní veličinou je v tomto případě průtok v daném místě říčního toku. Jedním z parametrů modelu však může být i informace o hydrogeologických poměrech, které se mohou v delších časových obdobích měnit. Tato informace může být získána z modelů hydrogeologických.

Hydrogeologické modely realizované např. v prostředí ModFlow 2005, umožňují modelovat celou řadu úloh, jako je změna výšky hladiny podzemní vody při změně čerpání na vybraném vrtu, apod. Každá z těchto úloh vyžaduje jiné vstupní parametry a produkuje jiný typ výsledku.

Obecně platí, že hydrologické a hydrogeologické modely se mohou navzájem doplňovat – hydrogeologický model může hydrologickému modelu poskytnout informaci o hydrogeologických poměrech, hydrologický model pak může

hydrogeologickému modelu poskytnout informaci o srážkoodtokových poměrech na povrchu.

## 5.2 Databázové systémy

Klasické datové modely v databázových systémech nejsou schopny efektivně spravovat komplikovanější datové struktury, typické právě pro geograficky orientované systémy mezi něž navrhovaný systém bezesporu patří. Tato skutečnost vedla k využití multidimenzionálních datových struktur. Ruku v ruce s rozvojem a masovým rozšířením objektově orientovaných technologií a přístupů ve vývoji informačních systémů pak šel také vývoj objektově orientovaných systémů řízení bází dat. Jejich koncept přímo navazuje na principy multidimenzionálních datových struktur, a umožňuje perzistenci objektů (konstrukce objektově orientovaného programování) informačního systému. Fakt, že relační datový model bezpečně drží první příčky v celosvětové rozšířenosti dal vzniku přístupu s názvem objektově-relační mapování. Jedná se o variantu, která zajišťuje perzistenci objektů systému v prostředí relační databáze. Toho je dosaženo prostřednictvím abstraktní vrstvy nad relačním datovým modelem zajišťující ukládání, správu a výběr objektů do a z relačního datového modelu.

V kontextu distribuovaného informačního systému vystupuje systém řízení báze dat jako hlavní komponenta datových služeb. V případě hydrologického či hydrogeologického informačního systému zajišťuje správu, systémových, aplikačních dat a prostorových dat.

Systémová data reprezentují popis relací, pravidel, zdrojů dat, informací či úloh v systému prováděných. Konkrétní implementace úloh v rámci distribuovaného systému pak často předpokládají využití a správu vlastních aplikačních dat. Tato jsou přímo vstažena ke konkrétnímu případu užití.

Prostorová data viz. Prostorové datové struktury.

## 5.3 Prostorové datové struktury

Jedná se o datové struktury umožňující efektivní správu prostorových dat v prostředí databáze. Neomezují se však na jednoduché uložení a výběr na požádání. Prostorové datové struktury rozšiřují běžné datové modely ve dvou hlavních směrech. Těmi jsou správa dat a dotazování se na data.

Mimo běžných úloh datových modelů (integrita, omezení, přístup, ...) zajišťují prostorové datové struktury řešení úloh přímo vyplývajících z charakteru prostorových dat. Sem patří zejména budování topologií nad vektorovými daty (nad takto připravenou topologií je možné korektně provádět síťové analýzy) a efektivní správa rastrových dat (přístup a práce s těmito daty je pak výrazně rychlejší). Dalším významným přínosem této formy správy prostorových dat je podpora interoperability.

Data spravovaná v prostorové databázi je možné exportovat v libovolné podobě (kartografická projekce, prostorový rozsah, přesnost, ...) a libovolném formátu (shapefile, GML, MapInfo, GeoTiff, ArcInfo Grid, ...) v závislosti na konkrétní potřebě.

Klíčovým prvkem prostorových datových struktur je bezesporu možnost prostorového dotazování nad spravovanými daty. Není to však pouze výběr dat dle splňujících zadanou prostorovou podmínku (např. vzdálenost od určitého bodu, překryv se zadaným geoprvkem, atp.). Tímto způsobem je možné připravovat také pokročilé prostorové analýzy dat nad zvolenou množinou datových vrstev.

#### 5.4 Mapové servery

Mapový server je obecně pokročilou serverovou aplikací poskytující relativně jednoduchou úlohu a tou je generování jednotlivých komponent mapové kompozice (měřítko, mapa, legenda, ...) v závislosti na přijatém požadavku klienta. Výstupy je pak schopen poskytovat v nejrůznějších rastrových či vektorových formátech jako např. SVG, Flash, GIF, PNG, JPG, ... Tyto výstupy jsou pak používány v nejrůznějších mapových aplikacích.

Vstupní data je mapový server schopen číst z celé řady vektorových a rastrových formátů, služeb WMS, WFS, WCS či prostorových databází jakými mohou být například PostGIS, ArcSDE, Oracle Spatial, atp.

Mapový server současně poskytuje funkce spojené s transformacemi souřadnicových systémů a poskytování služeb dle specifikací OGC (WMS, WFS, WCS).

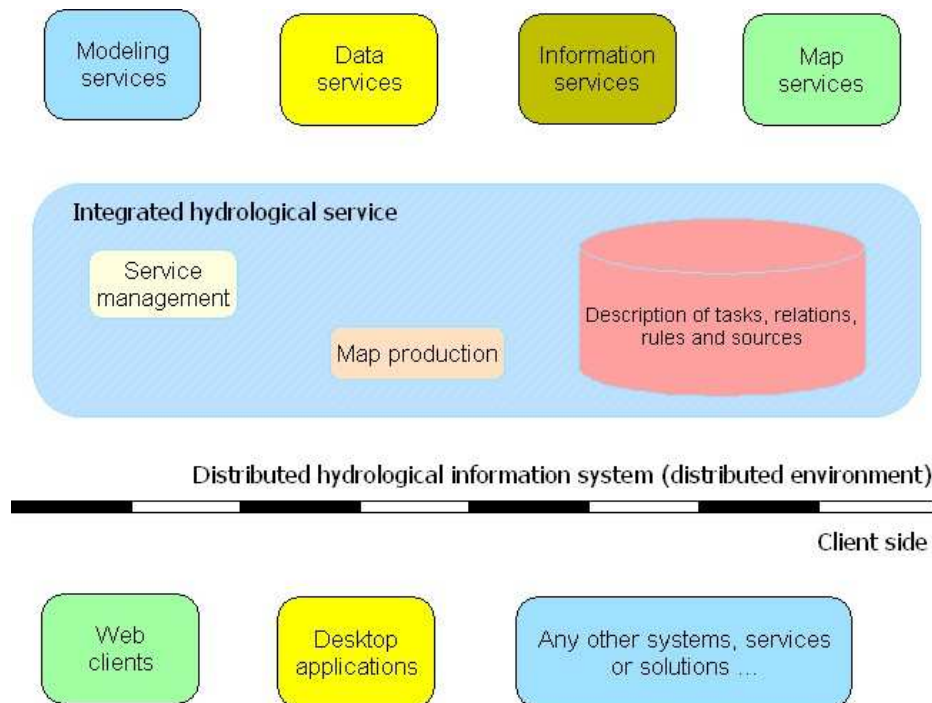
#### 5.5 Domény služeb

Služby zprovozněné na základě takovýchto komponent je možné začlenit do následujících kategorií:

- Datové služby
- Modelovací služby
- Mapové služby
- Specifické informační služby

*Datové* a *mapové* služby už svým názvem jasně napovídají, jakou funkcionalitu poskytují a jaké komponenty jsou při jejich provozu nasazovány. *Specifické informační služby* pak zahrnují funkcionality dostupné v podobě webových služeb poskytujících systému externí zdroj informací, které jsou pro danou úlohu stěžejní, avšak není možné je v rámci navrhovaného systému v přijatelné kvalitě získávat. V případě hydrologicky orientovaných informačních systémů může jít o informace jako například:

- aktuální stavy a průtoky řek na profilech
- měřené srážky
- teploty
- výšky hladin a hodnoty odtoků vodních nádrží
- výška sněhové pokrývky, ...



Obr. 2. Služby nasazované v rámci hydrologických a hydrogeologických informačních systémů

## 5.6 Modelovací služby

Modelovací službou je nazývána webová služba zpřístupněná v prostředí Internetu/intranetu poskytující funkcionalitu(ty) modelovacího systému. Jelikož modelovací systém samotný není schopen webové služby publikovat, je třeba kolem něj vytvořit takzvanou obálku (wrapper). Ta implementuje sekvence operací nezbytné pro vykonání dané modelovací úlohy. Na jedné straně tuto funkcionalitu publikuje prostřednictvím rozhraní webových služeb a na druhé straně komunikuje se samotným modelovacím systémem, poskytuje mu data a informace nezbytné k správnému řešení a zpět přebírá výsledky modelování. A právě tato část je v současnosti jedním z kritických bodů tvorby modelovacích služeb.

Modelování hydro-procesů v navrhovaném integrovaném systému je založeno na využívání dostupných nebo jinak připravených webových služeb poskytujících požadovanou funkcionalitu. V rámci tohoto systému lze dále rozdělit uvažované modelovací webové služby do těchto skupin:

- WS pro modelování proudění podzemních vod
- WS pro modelování transportu kontaminantů v podzemních vodách
- WS pro modelování srážkoodtokových procesů
- WS pro modelování hydraulických poměrů v říčním korytu
- WS pro modelování infiltrace srážek nenasycenou zónou

- a další ...

Každá služba se stává součástí systému, kterou je možné nahradit jinou, pracující např. nad jiným modelovacím systémem, avšak poskytující stejnou funkcionalitu (viz. 3.4 Nahraditelnost komponent / služeb).

Např. pro výpočet průtoku v daném profilu řeky existuje celá řada modelovacích systémů, které jsou nasazovány v závislosti na vhodnosti pro řešení dané úlohy. Každý z nich může vyžadovat vstupní data a produkovat výstupní data v jiném formátu a jiného typu. Předpokladem pro záměnu jedné služby (komponenty) za službu jinou však je, že obě služby budou vyžadovat stejná vstupní data ve stejném formátu a budou produkovat stejné výstupy. Wrapper nad modelovacím systémem proto musí provést preprocesing a postprocesing do vhodného formátu.

Schopnost modelovacích služeb komunikovat se svým okolím standardizovanou formou je základní podmínkou úspěšného nasazení služby v otevřeném distribuovaném systému. Podpora interoperability, jak je tento aspekt nazýván, je nezbytným krokem při budování rozsáhlých, dlouhodobě udržitelných systémů. V případě modelovacích služeb je proto nezbytné implementovat specializované nástroje, jelikož stávající modelovací systémy ve valné většině případů využívají nativní výměnné formáty. Mezi takové nástroje pak patří například nejrůznější knihovny či systémy umožňující transformace dat:

- GDAL/OGR
- GRASS – transformace rastrových a vektorových formátů [3]
- PROJ4 – transformace souřadnicových systémů[4]

## 5.7 Nasazení služeb v rámci distribuované architektury

Služby z těchto domén provozované v rámci sítě je možno nasadit při budování již zmíněných komplexních hydrologických či hydrogeologických informačních systémů. Takovéto systémy řeší jistou sadu definovanou sadu úloh / scénářů, které je třeba evidovat a spravovat. K tomuto účelu je využívána databáze správy systému. Scénáře definují relace mezi jednotlivými službami a jejich role v kontextu řešení dané úlohy. Definují posloupnost operací či volání odpovídajících služeb a jejich alternativ pro případ dočasné nedostupnosti či dlouhodobého výpadku. Za správné zpracování a realizaci scénáře zodpovídá komponenta GIS Unit. Ta mimo to zprostředkovává rozhraní, jejímž prostřednictvím přistupuje klient k jednotlivým úlohám či celým scénářům. Tato rozhraní jsou realizována buďto prostřednictvím klasického grafického uživatelského rozhraní v prostředí WWW nebo opět formou webových služeb. Díky tomu nemusí být klientem nezbytně pouze webový prohlížeč potažmo uživatel který ho obsluhuje. Jelikož je technologie webových služeb nezávislá na platformě, může se stát klientem takového systému libovolná desktopová aplikace nebo dokonce jiný informační systém. V posledním případě se celý systém dostává do role externí (případně placené) služby.



## 5.8 Distribuce zodpovědností

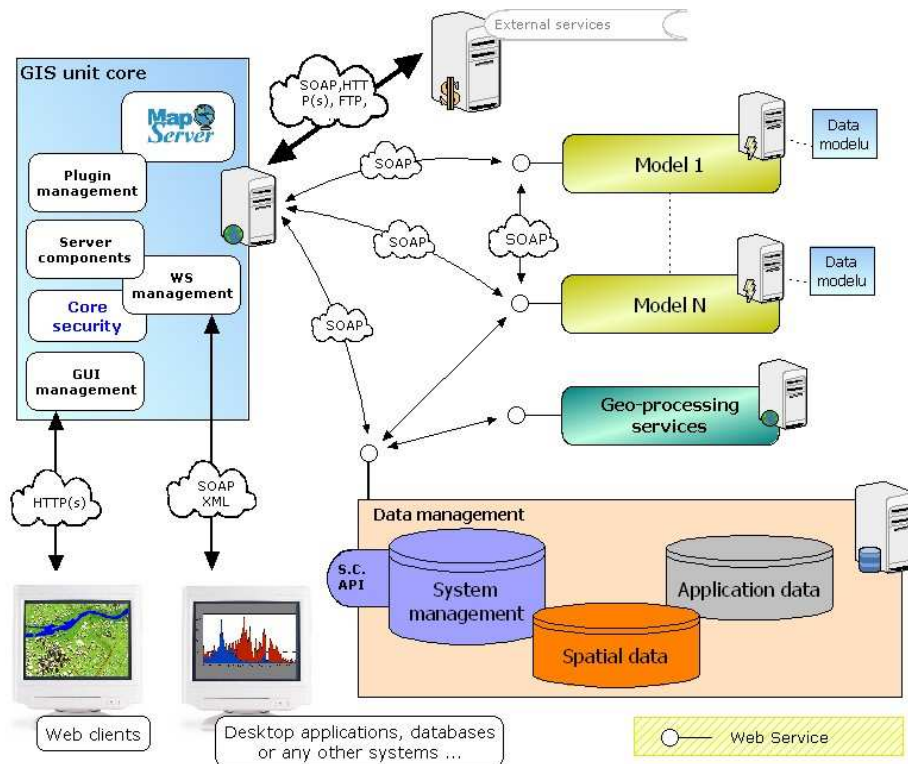
Navrhovaný informační systém pro své nasazení předpokládá relativně rozsáhlý organizační kontext. Jednotlivé služby samy o sobě (zejména v oblasti modelování environmentálních jevů) často představují komplikované systémy, které pro svůj provoz a poskytování kvalitních, důvěryhodných informací předpokládají kvalifikovanou kalibraci a správu.

Zodpovědnosti spojené se správným fungování každé služby systému musí být jasně definovány a garantovány přesně danými subjekty. Díky tomu pak v rámci systému dochází k jasné distribuci zodpovědností, což je jeden z pozitivních aspektů servisně orientovaného přístupu při návrhu informačních systémů a distribuované architektury vůbec.

## 6 Implementace Tandem DSS

Systém Tandem DSS je postavený na servisně orientované architektuře popsané v tomto příspěvku. Jako integrační prvek zde vystupuje produkt ArteGIS Server, který zajišťuje následující:

- Komunikaci s jednotlivými službami prostřednictvím protokolu SOAP
- Definuje scénáře vykonávané nad připravenou servisně orientovanou architekturou
- Poskytuje prostředí pro generování grafických uživatelských rozhraní pro komunikaci s uživatelem
- Zajišťuje publikování vlastních webových služeb zapouzdřujících zvolené scénáře/úlohy
- Kompletuje požadované informace včetně mapových kompozic (mapovým serverem) a poskytuje je odpovídajícím rozhraním (GUI, WS, WMS, ...)
- Bezpečnostní prvky informačního systému (autentizace a autorizace, ochrana proti útokům z vnějšku systému)



Obr. 3. Tandem DSS

## 6.1 Zpracování prostorových dat

Služba pro pre a post processing dat. Ta zajišťuje nezbytné transformace prostorových dat před a po jejich samotném zpracování. Zvláště v případě nasazení několika modelovacích systémů jako je tomu v případě systému Tandem DSS nabývá tato služba

## 6.2 Správa dat

Data jsou zde rozdělena do tří základních domén.

- Data správy systému (systémová data)
- Prostorová data
- Data aplikací

Systém Tandem DSS pro správu dat všech tří kategorií databázový systém PostgreSQL.

### Systémová data

Zde jsou ukládána data nezbytná pro základní provoz a správu systému. Sem patří zejména:

- Definice všech objektů systému (objektová perzistence)
- Údaje o uživateli, skupinách uživatelů a jejich přístupových a vlastnických právech k jednotlivým objektům systému
- Metadata

#### **Prostorová data**

Prostorová data systému jsou jedním z nejdůležitějších zdrojů informací pro většinu vykonávaných úloh (generování mapových výstupů, prostorové dotazy a analýzy, ...). Správa těchto dat probíhá v prostorových datových strukturách umožňující provádění prostorových úloh přímo v prostředí databázového systému. Všechny tyto funkce jsou v databázovém systému zajišťovány extenzí PostGIS.

#### **Data aplikací**

Do této kategorie spadají datové struktury nezbytné pro provoz specifických úloh a scénářů vykonávaných v navržené servisně orientované architektuře.

## **7 Závěr**

Budování distribuovaných informačních systémů je dnes na svém počátku. Nicméně se jedná o směr, kterým se rozhodly jít největší IT korporace světa, které sami aktivně podporují tento přístup a jednotlivé jeho aspekty. Ať už jde o jejich přímou spoluúčasť na tvorbě standardů, jejich implementace ve vlastních produktech či jiné způsoby podpory interoperability v oblasti servisně orientovaných architektur. Zatím v podstatě neexistuje plnohodnotný, fungující trh na poli poskytování funkcionality prostřednictvím webových služeb a není proto jednoduché takovýto model implementovat. Služby je proto v této fázi často nezbytné vytvářet dle požadavků daného řešení. V blízké budoucnosti je však možné očekávat rychlé rozšíření toho elementu na trhu. Distribuované systémy pak budou ve svém důsledku budovány nad zakoupenými a garantovanými službami třetích stran případně v kombinaci s vlastní specifickou funkcionalitou.

Modelování hydrologických a hydrogeologických jevů v prostředí je stále častěji vyžadováno s vazbou na geografické informační systémy schopné provádět další požadované prostorové úlohy. Jelikož se požadavky na schopnosti takovýchto systémů stále zvyšují, dostávají se tak až na úroveň neřešitelnou běžnými „standalone“ aplikacemi. Tam je pak nevyhnutelné nasazení právě distribuovaných hydro(geo)logických systémů integrujících funkcionalitu celé řady specializovaných produktů.

## **8 Poděkování**

Publikace vznikla v rámci projektu „Výzkum a vývoj modulového systému aplikací využitelných v oblasti integrovaného vodního hospodářství“, na kterém spolupracujeme s firmou GEOGroup a.s. Praha. Tento projekt je realizován za

finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu (programu TANDEM FT-TA2/009). Děkujeme rovněž pracovníkům ČHMU za poskytnutá data a spolupráci.

## Reference

1. Horak J., Unucka J., Stromsky J., Marsik V., Orlik A : TRANSCAT DSS architecture and modelling services. Control & Cybernetics, vol 35, No.1 (Geographic Information Systems and Decision Support: New Approaches and Applications), Warsaw 2006, pp.47-71. ISSN: 0324-8569
2. World Wide Web Consortium: *Web Services*, <http://www.w3.org/2002/ws/>
3. Neteler M. and Mitasova H.: *Open Source GIS: A GRASS GIS Approach*. Boston, Dordrecht 2002
4. Gerald I. Evenden: *Cartographic Projection Procedures for the UNIX Environment*, 1995, <ftp://ftp.remotesensing.org/proj/OF90-284.pdf>
5. Vondrák I.: *Metody byznys modelování*, Ostrava 2004, [http://vondrak.cs.vsb.cz/download/Metody\\_byznys\\_modelovani.pdf](http://vondrak.cs.vsb.cz/download/Metody_byznys_modelovani.pdf)
6. Horak J., Orlik A., Stromsky J., Marsik V.: Web services for distributed hydro-information system In Sborník konference The 7th International Conference on Hydroinformatics HIC 2006. Nice, Francie, 4-8.9.2006. s. xx-yy, 8 stran.
7. Gijssbers, Brakkee, Brinkman, Gregersen, Hummel and Westen, "The org. OpenMI. Standard interface specification", HarmonIT Document Series C, (2004), pp 1-69.
8. Endrei, M., et al.: *Patterns: Service-Oriented Architecture and Web Services*. IBM Redbooks (2004), ISBN 0-738-45317-X. Dokument je dostupný na URL: <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg246303.pdf> (únor 2006)