Komplexní zpracování událostí a architektury řízené událostmi

Mark Palmer, Michal Džmuráň

Nedávný nástup servisně orientované architektury (SOA) mění podmínky, metody a infrastrukturu pro integraci podnikového IT. Existující vertikální technologické celky jsou nyní horizontálně propojovány s použitím technologie podnikové sběrnice služeb (ESB) poskytující páteř pro správu byznys sítě, komunikaci, mediaci a správu kontejnerů služeb. Díky ESB je propojování aplikací snazší, rychlejší a levnější než kdykoli předtím.

Téměř každý dodavatel integračního softwaru nabízí v rámci svých produktů nějakou formu ESB. Sběrnice ESB se staly de facto standardem pro integraci servisně orientovaných aplikací. Můžeme-li aplikace jednodušeji integrovat, jaké jsou další kroky ve vývoji podnikové výpočetní infrastruktury? Nepochybně jsou to „aplikace" nasazené na ESB a jednou z nich může být právě aplikace pro zpracování událostí.

Přední dodavatelé a analytici[1] považují architekturu řízenou událostmi EDA (Event-Driven Architecture) za další významný dílek skládačky. Ačkoliv SOA a ESB jsou s EDA úzce svázány, existuje dosud málo vývojových směrů, které je svazují a ukazují, jak efektivní EDA navrhnout. Např. přední kniha o ESB, Enterprise Service Bus, zmiňuje 35 odkazů na „services", ale pouze dva odkazy na „events". Komerčně dostupné implementace SOA a ESB se vyznačují velmi omezenou podporou pro události.

Rychle se rozvíjející softwarová oblast, která umožňuje realizovat architekturu EDA, se nazývá komplexní zpracování událostí CEP (Complex Event Processing) – nebo také zpracování toků událostí ESP (Event Stream Processing) popsaná v [1]. Tento článek popisuje motivace pro zavádění EDA, přináší základní informace o CEP a ukazuje, jak technologie CEP zapadají do modelu ESB/SOA.

Motor dnešního podnikání

Dell, eBay, Wal-Mart, Southwest Airlines a Apple předbíhají své konkurenty, protože vytvářejí rychlejší a účinnější obchodní modely: Dell otřásl odvětvím osobních počítačů svým novátorským modelem výroby PC na objednávku, eBay provozuje celosvětové tržiště okamžitě dostupné pro kohokoli, Wal-Mart radikálně srazil náklady na klasický dodavatelský řetězec, Southwest Airlines zkrátilo přestávky mezi lety na minimum. A každý si může během pár vteřin koupit na iTunes jakoukoli písničku a vše, co poslouchá, mít nyní na iPodu.

Ve všech odvětvích se svět pohybuje směrem k reálnému času – výroba v reálném čase, maloobchod v reálném čase a provozní infrastruktura v reálném čase. Všechny výše uvedené společnosti využívají k propojení informačních systémů a zavádění novátorských obchodních praktik technologie pracující v reálném čase.

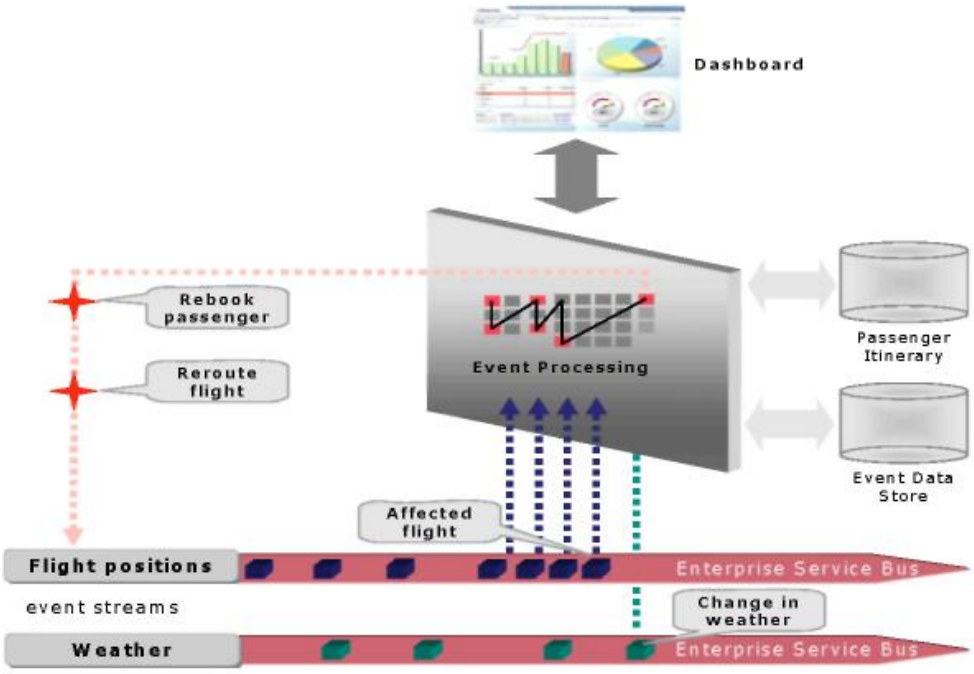
Zrychlující se podnikání vedlo také ke zrychlení regulace. Odpovědné instituce začaly vydávat příliv mandátů a regulací, které mají držet krok se zvyšující se rychlostí podnikání: předpisy EU na ochranu osobních údajů, bezpečnostní regulace EU, FAA po 11. září, RFID pro dodavatelské řetězce v reálném čase, výrazně zpřísněné požadavky zákonů či předpisů jako Sarbanes-Oxley, HIPAA a Gramm-

Leach-Bliley a požadavky úřadů na sledování původu potravin, léčiv a transfúzní krve pro zajištění zdraví občanů. Seznam předpisů se každodenně rozšiřuje.

Výsledkem je, že podniky musí lépe řídit rizika a musí to dělat rychleji než v minulosti. Podnikání v reálném čase spolu se zvýšenými regulačními požadavky znamená, že podnik musí reagovat v reálném čase, protože jeho provozní procesy probíhají v reálném čase.

Podnikové zpravodajství v reálném čase

EDA umožňuje realizovat podnikové zpravodajství v reálném čase, které je motorem obchodování v reálném čase, dodavatelských řetězců v reálném čase a dalších podnikových operací jakéhokoli druhu v reálném čase. Příkladem realizace EDA je „Delta Nervous System“[2]. Letecká společnost Delta Airlines přišla pod tlakem konkurentů jako Southwest Airlines s konceptem změny své provozní infrastruktury. Delta Nervous System v reálném čase monitoruje provozní události, analyzuje je a provádí operativní rozhodování.



Obr. 1: Schéma systému Delta Nervous System

Systém sleduje předpovědi počasí a letové pozice a identifikuje mezi událostmi typické významné vzorce, jako jsou změny počasí, které mohou mít vliv na jednotlivé lety a vést k jejich odklonům. Po přesměrování letů mohou být pasažéři v reálném čase automaticky překnihováni. Řídicí panely upozorňují operátory na stav letů a do informačních kiosků v terminálech a agentům na letištních bránách jsou zasílány informace, které synchronizují veškerý provozní personál.

Práci této provozní infrastruktury v reálném čase umožňuje architektura EDA. Informace o pozicích letadel jsou přenášeny přes sběrnici ESB, itineráře pasažérů jsou kontrolovány dotazem do databáze a řídicí panely zobrazují stav letů, posádky a pasažérů. Na základě nových událostí probíhá průběžné rozhodování.

Potřeba okamžitého přehledu o IT

SOA je technická architektura, která umožňuje softwarovým systémům dynamicky spolupracovat. Ale efektivní SOA sama o sobě nesplňuje požadavky na okamžitý náhled do podnikových činností. Naproti tomu EDA může skutečně využít sílu ESB a poskytnout podklady, na jejichž základě bude možné reagovat v reálném čase na takové otázky a situace jako:

- „Kolik plazmových televizorů máme právě teď na skladě, kolik jich bylo objednáno, jaká je naše míra prodeje a jak si právě teď vedeme ve srovnání s naší obchodní předpovědí?"
- „Je v dráze tohoto letu během deseti minut hlášená předpověď špatného počasí? Pokud ano, odkloňte letadlo, zjistěte, kteří pasažéři budou zpožděním dotčeni, překnihujte tyto pasažéry, aktualizujte informace na našich přepážkách a u všech agentů na letištních bránách ve všech lokalitách a v reálném čase aktualizujte náš poměr zisku a ztrátovosti."
- „Pokud se během posledních pěti sekund objevily transakce u této kreditní karty z různých podniků v různých místech, odmítněte poslední žádost a vydejte upozornění o detekci možného podvodu u daného účtu."

Takové situace nemohou vyřešit jen krásné oči odpovědné pracovnice. Efektivní EDA potřebuje solidní novou formu výpočetního prostředí – výpočetní zpracování toků dat (stream computing).

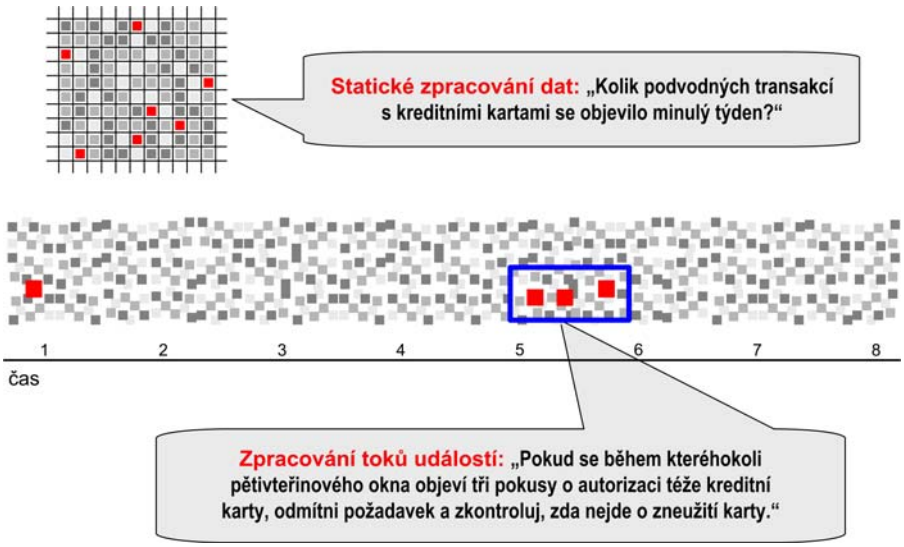
Chybějící spojnice mezi SOA a EDA

Porovnávání událostí v reálném čase s typickými vzorci umožňuje podniku uvažovat o svém provozu a IT infrastruktuře odlišně, protože nyní může reagovat na stav svých činností okamžitě, nikoli až po určité době.

Klasický výpočetní model je statický a statické výpočetní zpracování dat využívá statická data. Statická data jsou jako fotografie, která zaznamenává informace týkající se okamžiku, v němž byla pořízena. Statická obchodní data mohou být například ve formě tabulky zákaznických dat, transakcí v maloobchodě nebo záznamů o dodávkách, které proběhly v rámci dodavatelského řetězce společnosti.

Jak vidíme na obr. 2, statické výpočetní zpracování dat může odpovědět na takové otázky jako: „Kolik potenciálně podvodných transakcí s kreditními kartami se uskutečnilo minulý týden?"

Každoročně je ve světě prodán software za více než 200 miliard dolarů[3] a téměř všechen je navržen pro práci se statickými daty. Například relační databáze jsou navrženy pro správu statických dat.



Obr. 2: Rozdíl mezi statickým a dynamickým zpracováním dat

Výpočetní systém v reálném čase je zpracování nepřetržitých toků informací, v našem případě toků událostí. Toky událostí jsou jako film, jehož proud obrázků a zvuku probíhá vašimi smysly. Vzorce v rámci toku obrázků a zvuku vás rozesmějí, rozpláčí nebo vyděsí. Tok byznys událostí se podobá filmu a umožňuje podniku sledovat podnikové operace probíhající jeho žilami – podnikovými sběrnicemi služeb.

Jak je vidět na obr. 2, výpočetním zpracováním toků událostí může podnik identifikovat podobnost událostí s typickými vzorci a na jejich základě okamžitě reagovat – ještě předtím, než tyto vzorce přestanou být relevantní. Příkladem může být scénář: „Když se během pěti vteřin objeví u jednoho čísla kreditní karty tři transakce z různých obchodních společností, odmítni následující požadavek, označ účet a zašli zprávu na řídicí panel pro detekci podvodů.“ Podobně jako film pak mohou tyto vzorce finančního ředitele podniku rozesmát nebo rozplakat.

Je tedy vidět, že statické výpočetní zpracování a výpočetní zpracování toků dat mají podstatně odlišné charakteristiky, protože výpočetní zpracování toků dat umožňuje na rozdíl od statického modelu okamžitá a inteligentní rozhodnutí v reálném čase založená na vzorcích byznys operací.

Komponenty CEP

Základní technologické komponenty CEP jsou podobné jejich statickým výpočetním protějškům. Statický systém může například využívat Javu jako programovací jazyk, Visual Basic pro grafické uživatelské rozhraní, SQL pro přístup k datům a relační databázi jako úložný systém. Ve světě CEP se pro vývoj využívá jazyk pro programování událostí EPL (event programming language), pro vizualizaci je k dispozici grafický nebo webový řídicí panel (dashboard) a pro ukládání a vybavování událostních dat se používá jazyk pro dotazování událostí EQL (event query language). Příklad architektury CEP je na obr. 3.

Obr. 3: Příklad architektury CEP

Existuje sedm prvků architektury zpracování toku událostí, které společně reprezentují softwarovou platformu CEP:

- Event Processing Engine – (nebo také Correlation Engine). Mozkem EDA je stroj pro zpracování událostí. Monitoruje události přenášené přes ESB, identifikuje vztahy mezi událostmi aplikováním CEP pravidel (vyjádřených pomocí EPL), přistupuje k nezbytným kontextuálním datům a generuje odvozené události, které zasílá ostatním aplikacím – potenciálně i přes ESB.
- Source and Sink Stream Adapters – informace o událostech jsou přenášeny do a ze stroje pro zpracování událostí prostřednictvím zpráv přes ESB. Ale ESB není jediný prostředek pro přenos zpráv. CEP software pracuje s toky událostí přenášené jakýmikoli prostředky, často s aplikačně specifickými adaptéry a „sinks" (vnořeními). Například systémy pro obchodování se propojují s různými burzami přes toky tržních dat nebo protokoly pro správu objednávek jako je FIX[2].
- Nástroje pro vývoj CEP – jazyk pro programování událostí EPL umožňuje vývojářům vytvořit komplexní pravidla pro zpracování událostí[3] a ke zjišťování dočasných a příčinných vztahů mezi událostmi.
- Monitorování událostí – ve výpočetním zpracování toků událostí rozpoznává stroj pro zpracování událostí příležitosti a hrozby a okamžitě o nich informuje uživatele formou výstrah na řídicím panelu. Ale řídicí panely jsou pouze jedním nástrojem pro poskytování informací o událostech. CEP[4] systémy mohou zasílat e-maily, řídit automatizovaná zařízení pomocí softwarových rozhraní, nebo zasílat data do informačních zákaznických kiosků.
- Správa datových toků – architektura řízená událostmi vyžaduje řešení podobné videorekordéru TiVo, do něhož ze ukládají data o událostech. Úložiště dat o událostech jsou navržena pro ukládání a správu dat přiřazených k tokům událostí. Mohou ukládat všechny základní neboli

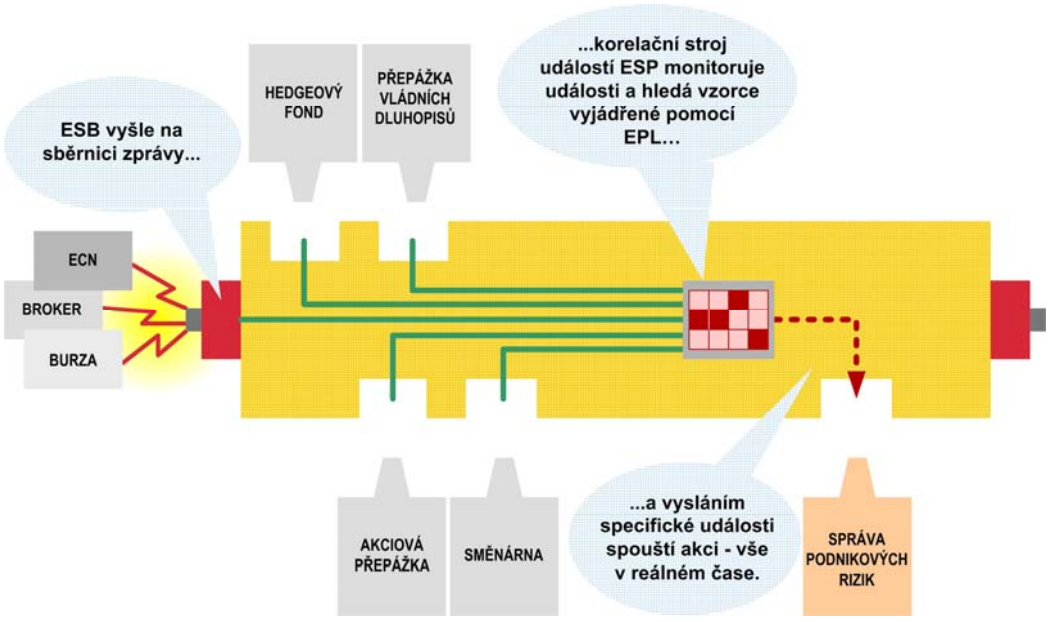
atomické události, odvozené („komplexní“) události nebo filtrovanou sadu událostí. Úložiště událostních dat ukládají data nikoli do tabulek, ale podle doby, kdy se událost uskutečnila.

- Kešování relační databáze – během zpracování toků událostí musí mít stroj přístup ke strukturovaným datům, které pomáhají při rozhodování. Například pro správné překnihování pasažérů může Delta Nervous System potřebovat jejich itineráře, na jejichž základě se rozhoduje, zda je jejich přesměrování praktické. Technologie pro relační kešování[4] poskytuje přístup k sadám relačních dat v paměti. Kešováním relačních dat v paměti se CEP platforma vyhýbá náročným SQL dotazům pokaždé, když potřebuje zkontrolovat, zda odklonění letu se dotkne příliš mnoha cestujících a vyřizuje tyto dotazy v rychlosti srovnatelné s rychlostí přístupu do paměti.
- Správa – podobně jako jakýkoli jiný softwarový systém musí být i architektury CEP spravovány. Architektury řízené událostmi jsou vysoce distribuované a možnosti správy jsou klíčovými prvky CEP softwaru.

ESB poskytuje páteř pro CEP

ESB funguje jako sběrnice umožňující realizaci flexibilní, integrované sítě služeb. ESB sestává ze sítě služeb, komunikační páteře, vrstvy pro zprostředkování a správy kontejnerů služeb, které společně umožňují volně provázanou servisně orientovanou architekturu. Koncové body služeb v ESB mohou generovat asynchronní události[5] a odpovídat na ně. ESB funguje jako integrační páteř a CEP poskytuje nástroje pro monitorování událostí v ESB, jejich analýzu a reakci na ně v reálném čase.

V příkladě na obr. 4 jsou obchodní místa investiční banky propojena pomocí ESB: akcie, vládní dluhopisy a cizí měny jsou obchodovány pomocí nezávislých, volně provázaných systémů vystavených na ESB. Procesní stroj CEP monitoruje činnost každého obchodního místa a kontroluje v reálném čase, zda míra celkového rizika finančního ústavu nepřekračuje povolenou mez[6].



Obr. 4: Příklad zpracování událostí ve finančním obchodování

Integrace funkcí CEP pro porovnávání se vzorci na integrační páteři ESB je jednoduše záležitost výběru ESB kanálu ve vývojovém prostředí CEP a návrhu pravidel pro zpracování událostí, které se aplikují na zprávy posílané přes ESB.

Společné využití CEP a ESB bylo popsáno jako pokročilá fáze zralosti SOA v „Modelu zralosti SOA" [5] společnosti Progress Software. Jak se tedy CEP a ESB propojují, aby umožnily efektivní fungování architektury řízené událostmi?

Hledání vzorců událostí na ESB

Abychom předvedli, jak ESB a CEP spolupracují, podívejme se na jeden specifický případ – detekce zneužití kreditní karty. Platby kartami sledují bezpečnostní systémy, které zachycují požadavky na autorizaci a analyzují je v reálném čase s cílem odhalit podvodné jednání.

Tyto systémy především potřebují elektronický přístup k událostem zaslaným prostřednictvím zpráv o událostech do CEP Event Enginu běžícím například nad ESB.

Poté vytvoříme jednotná událostní pravidla týkající se těchto událostí. Protože CEP Event Engine zpracovává události asynchronně, události mohou přicházet odkudkoli, být jakéhokoli typu a přicházet v jakémkoli pořadí. Pak už nezáleží na tom, kde jsou generovány – jediným problémem distribuované geografie mohou být dodatečná zpoždění v síti, což se dá vyřešit použitím normalizovaných časových razítek.

Jako své základní prvky využívá EPL události, dobu jejich výskytu a jakékoli příčinné vztahy mezi událostmi a abstrakcí událostí, nikoli strukturovaná data a relační algebru, s nimiž pracuje SQL. EPL zpracovává dotazy „částečně" – například pokud A a B jsou pravdivé a pak se do N vteřin objeví C, vykonej nějakou akci.

Význam jakékoli jednotlivé události – z hlediska její důležitosti pro podnikání – rychle klesá. Význam času jako atributu ve zpracování událostí ukazuje na další klíčový faktor, s nímž musí architektury pro zpracování událostí počítat. Okno příležitosti pro jednání na základě dané události je často krátké a přechodné. Pokud architektura pro zpracování událostí nedokáže rychle rozeznat význam události a reagovat na ní, příležitost pro využití takové situace rychle mine a okolnosti jsou ovlivňovány následujícími událostmi a jinými faktory.

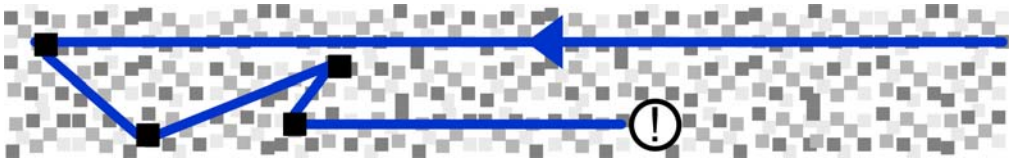
Nakonec tedy vidíme třetí klíčový prvek CEP, akci. Výsledkem detekce události je v CEP často akce, nikoliv její archivace. Nástroje pro sledování podnikových aktivit BAM (Business Activity Monitoring) využívají zpracovaná data při zobrazování daného stavu na řídícím panelu, ale CEP pracuje v širším rozsahu. V okamžiku, kdy je rozpoznán určitý vzorec událostí, automatizované CEP systémy spouštějí a řídí akci řízenou událostmi. V případě detekce možného zneužití kreditní karty je žádost o další transakci zamítnuta a informace o účtu je zasláním nových událostí přes ESB předána defraudačnímu oddělení.

Schopnost detekovat příčinu a čas a vykonat akci jsou funkce dynamického zpracování událostí, které nově rozšiřují sběrnici ESB.

TiVo pro datové toky

Ne každé výpočetní zpracování toků pracuje v reálném čase. Když řídíte auto, musíte se před odbočením vlevo podívat do zpětného zrcátka. I když podnik nepotřebuje více databází, neobejde se bez možnosti ukládat data o tocích událostí, dotazovat se na ně a zpětně je přehrávat. Úložiště událostí poskytuje robustní správu podnikových událostních dat pro EDA a chová se přitom podobně jako videorekordér TiVo. Ten je vybaven pevným diskem a umožňuje, abychom na chvíli odešli od obrazovky. Vysílání je zaznamenáváno na pevný disk a pořad je pak

možné až do konce sledovat s časovým zpožděním, aniž bychom o něco přišli (přehrávání s časovým posuvem).



Obr. 5: Přehrávač toku událostí typu TiVo

O tom, že pro ukládání datových toků je potřeba nová metoda, se vědělo už dříve. Od roku 1971 se uskutečnilo mnoho pokusů o efektivní zpracování toků dat rozšiřováním funkcí relačních databází. V roce 1985 popsali[6] Richard Snodgrass a Ilsoo Ahn metodu umožňující přidat do databází podporu času. Soudili přitom, že konvenční databáze nedostačují pro výpočetní zpracování toků dat:

„Konvenční databáze modelují reálný svět s jeho dynamickými změnami postupným snímáním určitých okamžiků. To znamená, že obsah databáze v daném okamžiku nemusí vždy odrážet současný stav reálného světa. Stav databáze se aktualizuje operacemi pro manipulaci s daty, jako je vkládání, mazání nebo výměna, které nabývají účinnosti v okamžiku jejich potvrzení. V tomto procesu se dřívější stavy databáze přepíší a jsou zcela zapomenuty." Tato vlastnost je také označována jako trvalost („durability") transakce a je jednou ze základních vlastností relační databáze.

Architektura EDA však kvůli odlišné „fyzice" výpočetního zpracování toků často vyžaduje specializovanou správu událostních dat. Mezi situacemi, které vyžadují záznam toků událostí funkcemi podobnými rekordéru TiVo, mohou například být:

Simulace. Jeden ze základních požadavků specializované správy událostních dat je simulace. Kvůli testování a rozvoji algoritmů reálného času by CEP platforma měla umožňovat přehrávání historie událostí a umožňovat ověření požadovaného chování systému ještě před spuštěním ostrého provozu. Stejně jako si ukládáme a přehráváme televizní show na videorekordérech, může CEP využít určitý typ rekordéru událostí, který dovoluje například návrháři obchodovacích strategií zkontrolovat, jak by se jeho strategie chovala na býčích nebo medvědích trzích.

Obecná analýza a analýza základních příčin. Zjišťování základních příčin na základě vysledovaných vzorců událostí může být interaktivní a iterativní proces, který se neobejde bez znalostí a zkušeností daného oboru.

Ověření původu. Farmaceutické aplikace označují vyráběná léčiva RFID tagy, aby předcházely a odhalovaly jejich falšování. Aby zajistily ověřený původ vyráběných léčiv a správnou manipulaci s nimi, mohou využívat zaznamenávání RFID událostí a tak ukládat přesné pohyby jednotlivých šarží léčiv pro následnou analýzu a „přehrání" pohybu jednotlivých balení. Záznam typu TiVo v reálném čase pak může například kdykoli ověřit původ jakéhokoli léku.

Auditing a soulad s legislativou. Mnoho organizací, které zavádějí technologii CEP, potřebují záznamové funkce TiVo k archivaci nezpracovaných událostních dat, aby je mohly následné přehrát jako důkaz souladu s legislativou nebo pro interní auditing a ošetření výjimek.

I když v některých z těchto případů se pro uchování a poskytování událostí stroji pro zpracování událostí dají využít relační databáze, měly by organizace uvážit i výhody zavedení systémů typu TiVo pro záznam událostí, které jsou navrženy výlučně pro ukládání a dotazování dat získávaných v průběhu času.

Progress Apama

CEP je dnes natolik zajímavou a perspektivní oblastí IT, že se společnost Progress Software rozhodla do této technologie investovat nemalé prostředky a přinést na trh komplexní řešení oblasti zpracování byznys událostí pokrývající vývoj, provoz, monitoring i údržbu. Není smyslem tohoto článku překreslovat výše znázorněné obrázky a vepisovat do nich názvy odpovídající názvy produktů Progress Apama. Podrobněji se ale zabývejme koncepcí, jak toto produktové portfolio navazuje na ostatní části výpočetní infrastruktury, to jak statický systém, tak na zdroje událostí a mechanismy řízení v reálném čase.

Produkty Progress Apama vycházejí z tradiční produktové linie společnosti Apama zaměřené na „algorithmic trading", neboli obchodování na kapitálovém trhu v reálném čase. Při vývoji se společnost Progress striktně drží schématu uvedeného na obr. 3. Kompletní seznam dostupných produktů je možné najít na webových stránkách společnosti Progress Software[7].

Z předchozího textu plyne, že nezbytnou součástí implementace Technologie CEP je integrace. Obecně je možné nástroje Progress Apama použít s libovolným komerčním integračním nástrojem používajícím technologii ESB. Jako přirozené se zde jeví použití produktu Progress Sonic ESB. Jednotlivé produkty rodiny Progress Apama jsou pak „komplexní"služby nasazené na úrovni ESB.

Mnohem zajímavější oblastí je ale napojení na samotné zdroje událostí. Tradičně jsou dostupné adaptéry pro napojení na zdroje informací na kapitálovém trhu jako např. GL Trade, Reuters, FIX. Napojování na jiné zdroje dat je rychlý proces, který je uskutečňován buď vlastními vývojovými týmy nebo ve spolupráci s integračními partnery s potřebnou vertikální odborností. Již dnes je seznam adaptérů podstatně rozsáhlejší a zahrnuje napojení na JMS zdroje, databázové zdroje, EBS/ATI, Hotspot, LIFFE, atd. Někteří integrační partneři pak vyvinuli vlastní napojení, např. na RFID zdroje.

Dovětek

Součástí zkratky CEP je slovo complex (složitý). Toto slovo vystihuje úroveň nasazení CEP technologií. Pokud bude uživatel v konkrétním případě potřebovat zpracovávat desítky až stovky událostí za sekundu, vystačí si patrně s jednoduchými službami nasazenými na ESB a nemusí investovat nemalé prostředky do speciálních technologií. Pokud ale počet zpracovávaných událostí vzroste o řád, doba jejich vybavení jednoduchými službami přesáhne hranice toho, co můžeme považovat za „byznys v reálném čase" a implementace specializovaných nástrojů pro CEP se stane nezbytností.

Technologie CEP je názorným příkladem, kam dnes dospěla integrace aplikací. Technologické postupy integrace jsou standardně zvládnutelné na úrovni ESB, a to do té míry, že můžeme hovořit o neinvazivní integraci. Tím je naplněna třetí úroveň integrace označovaná jako „Integrace aplikací"[8]. Technologie CEP je reprezentantem čtvrté úrovně integrace – „Integrace procesů"[8]. To je oblast, na kterou se stále více bude soustředit úsilí dodavatelů.

Poznámky

[1] „Klíčovým rozdílem mezi konvenčními podnikovými procesy a novou generací vylepšených podnikových procesů je, že ty nové procesy jsou řízené událostmi." R. Schulte, 8. července 2003, Podnikatelské přínosy procesů řízených událostmi, Research Note SPA-20-2610.

[2] Protokol FIX (Financial Information eXchange).

[3] Complex Event Processing neboli CEP je technologický koncept.

[4] Mezi příklady, které se nicméně liší ve stylu kešování, patří TimesTen od Oracle, Hibernate od JBOSS a DataXtend od Progress Software.

[5] „V architektuře SOA řízené událostmi a založené na ESB se s aplikacemi a službami zachází jako s abstraktními koncovými body služeb, které bezprostředně reagují na asynchronní události." David A. Chappell, *Enterprise Service Bus,* 2004, Sebastopol, Kalifornie, str. 10.

[6] Hodnota vystavená riziku určuje rizikovou část porfolia. Díky extrémně riskantnímu chování bank, odpovídajícím regulacím a pragmatickým obchodním principům se v poslední době riziko stalo ústředním prvkem na kapitálových trzích.

Literatura

[1] Mark Palmer, *Event Stream Processing, a New Computing Physics of Software.* DM Direct, 29. července 2005.

[2] „Delta's Last Stand", časopis Baseline, duben 2003.

[3] IDC, *Worldwide IT Spending 2004-2008 by Vertical Market Forecast Update: North America, WesternEurope, Asia/Pacific, and Rest of World* (IDC #32668). 24. ledna 2005.

[4] David Luckham, *The Power of Events, An Introduction to Complex Event Processing in Distributed Enterprise Systems* (Indianapolis, 2002).

[5] Model zralosti SOA, Sonic Software/CMU, 2005.

[6] Richard Snodgrass a Ilsoo Ahn, „Taxonomie času v databázích," *Communications of the ACM*, březen 1985, str. 244.

[7] http://www.progress.com/apama/index.ssp

[8] Michal Džmuráň, Integrace trochu jinak, Sborník Datakon 2004