

Sieć semantyczna – utopia czy realne rozwiązanie?

▶ Małgorzata Kaliczyńska

W artykule przedstawione zostały założenia technologii sieci semantycznych, takie jak ontologie i metody reprezentacji wiedzy. Omówiono możliwe przypadki zastosowania sieci semantycznych – portale internetowe, kolekcje multimedialne, korporacyjne serwisy intranetowe i zarządzanie nimi, dokumentacje projektowe, agenty i usługi internetowe oraz popularne zastosowania dla wszystkich. Artykuł uzupełniają definicje charakterystycznych dla sieci semantycznych terminów oraz narzędzi.

Internet dzięki idei stron WWW, której autorem jest Tim Berners-Lee, zadomowił się na dobre we współczesnym świecie, przyczyniając się do popularyzacji wiedzy, zbliżenia ludzi, usprawnienia wielu działań w edukacji, handlu, biznesie, administracji i przemyśle. Coraz częściej rozwiązujemy liczne problemy sięgając do przeglądarki internetowej – szukając informacji na specjalizowanych portalach lub jeszcze prościej – wpisując zapytanie w wyszukiwarce internetowej.

Ale zasoby tej globalnej sieci rosną w błyskawicznym tempie, dlatego coraz trudniejsze jest znajdowanie wartościowych informacji – współczesne wyszukiwarki zazwyczaj dostarczają mnóstwa bezużytecznych informacji, które dopiero człowiek może ocenić. Sukces wyszukiwania zależy w dużej mierze od umiejętności zadawania pytań, na które potrafi odpowiedzieć sieć. Niestety, wiele terminów i zapytań nie zostanie dobrze zinterpretowanych. Wkrótce sytuacja zmieni się, zwiększą się możliwości komputerów – dzięki specjalnym programom (agentom) będą nie tylko przetwarzać informacje, ale i rozumieć je, gdy dziś jedynie wyświetlają je na ekranie. Takie możliwości udostępni sieć semantyczna.

Sieć Semantyczna (*Semantic Web*) jest budowana na bazie istniejącej sieci stron WWW. Zasoby Internetu są przeznaczone przede wszystkim dla ludzi do czytania, a nie do przetwarzania przez programy komputerowe. To człowiek musi analizować zasoby sieci, również wyniki pracy wyszukiwarek. Przeglądarki internetowe doskonale rozpoznają strukturę stron hipertekstowych i ich typowe elementy – nagłówki, ilustracje, linki do innych stron internetowych – lecz nie potrafią odczytać kontekstu i znaczenia występujących tam elementów. Sieć Semantyczna pozwoli w systematyczny sposób przypisać znaczenie elementom stron WWW i wykonać złożone polecenia użytkownika.

Obecnie, w Internecie znajduje się bardzo duża ilość informacji związanych z produktami – niezbędnymi do

sterowania współczesnych systemów automatyki, procesów przemysłowych, zautomatyzowanych linii produkcyjnych – takich jak czujniki, układy wykonawcze, regulatory i sterowniki, komputery przemysłowe itd. By poznać najnowsze rozwiązania warto odwiedzać targi, gdzie wystawiane są eksponaty, a także producentów, którzy podzielą się wynikami testów nowych produktów. A wszystko powinno odbyć się w stosunkowo krótkim czasie, przy ograniczonych nakładach finansowych. Samo odnalezienie w Internecie imprez i miejsc godnych odwiedzenia może nie być łatwe, a informacja będzie przedstawiona w różny sposób, bardzo często niekompletny. Kolejny problem, to wybór środków transportu. Realizacja takiego zadania jest możliwa, ale wymaga często błędzenia po licznych stronach internetowych i zabiera zwykle dużo czasu, bo interesujące strony internetowe są bardzo rozproszone i bardzo słabo usystematyzowane.

Rozwiązaniem problemu będzie sieć semantyczna, której zasoby zostaną zintegrowane, a specjalnie skonstruowana aplikacja internetowa dostarczy użytkownikowi wartościowych danych. Mobilny agent odwiedzający witryny internetowe szybko odnajdzie informacje o najnowszych rozwiązaniach z interesującej dziedziny, przedstawi listę imprez, gdzie będą prezentowane interesujące produkty, odszuka ich producentów i jeśli będzie takie życzenie użytkownika, zaplanuje podróż do miejsc, gdzie będą się odbywać najciekawsze targi, konferencje lub seminaria.

Autorem koncepcji sieci semantycznej jest znów Tim Berners-Lee. Dzięki wzbogaceniu stron WWW o elementy semantyczne rozpoznawane przez komputery i stworzeniu dokumentów przeznaczonych wyłącznie dla komputerów, już niedługo sieć WWW zostanie przekształcona w sieć semantyczną.

Komputery rozpoznające informację semantyczną docierają po odnośnikach hipertekstowych do dokumentów zawierających definicje pojęć używanych w danej dziedzinie i reguły wnioskowania. Tak powstała infrastruktura ułatwi rozwój zautomatyzowanych serwisów internetowych zdolnych do wykonywania złożonych zadań.

Aby sieć semantyczna mogła funkcjonować, konieczne jest udostępnienie komputerom źródeł informacji

▶ dr inż. Małgorzata Kaliczyńska – Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa;
Wyższa Szkoła Zarządzania i Administracji w Opolu

o ściśle określonej strukturze, jak i systemów reguł inferencyjnych, które pozwolą na automatyczne wyciąganie wniosków. Systemami takimi interesowali się badacze sztucznej inteligencji na długo przed powstaniem sieci WWW. Reprezentacja wiedzy, jak często nazywa się tę dziedzinę, jest dziś na takim etapie, na jakim znajdował się hipertekst, zanim powstała sieć WWW. Wiadomo, że to całkiem niezły pomysł i istnieje kilka ciekawych programów demonstracyjnych, lecz na razie świat się wskutek tego nie zmienił.

Reprezentacja wiedzy (*knowledge discovery*) może mieć dużo istotnych zastosowań, ale by w pełni ją wykorzystać, trzeba ująć ją w jeden globalny system. Tak więc kluczem do sukcesu sieci semantycznych są ontologie i reprezentacja wiedzy.

Ontologia to jeden z podstawowych działów filozofii starający się badać strukturę rzeczywistości i zajmujący się problematyką związaną z pojęciami bytu, istoty, istnienia i jego sposobów, przedmiotu i jego właściwości, przyczynowości, czasu, przestrzeni, konieczności i możliwości. Ontologia to nauka o fundamentach wszystkiego, nauka dotycząca bytu [1]. Etymologicznie słowo wywodzi się z języka greckiego. *To on* oznacza „to, co jest”, „cokolwiek”, a więc „ontologia” może oznaczać „naukę o wszystkim, co jest”.

Ontologia definiuje w sposób sformalizowany zakres terminów, które są używane do opisywania i prezentowania dziedziny. Ontologie mogą być używane przez automatyczne narzędzia do zasilania zaawansowanych usług, takich jak bardziej dokładne wyszukiwanie sieciowe, inteligentne czynniki oprogramowania i zarządzanie wiedzą.

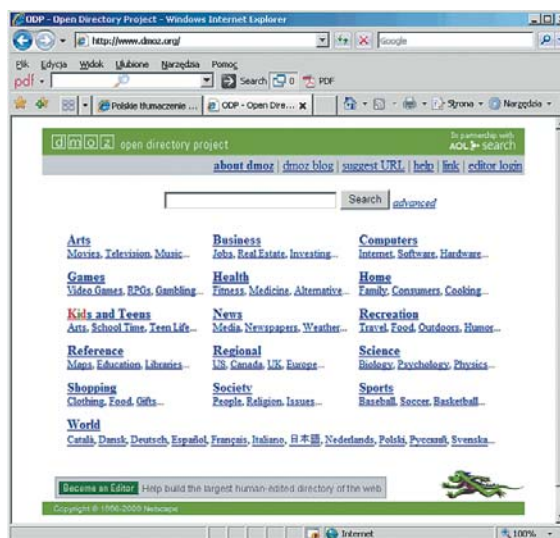
W sieci semantycznej będzie informacji nadawane jasno sprecyzowane znaczenie, co ułatwi urządzeniom jej automatyczne przetwarzanie i integrowanie. Sieć semantyczna będzie korzystać z możliwości języka XML do definiowania schematów znakowania na indywidualne potrzeby oraz elastycznego podejścia RDF do przedstawiania danych. Następnym elementem wymaganym dla sieci semantycznej jest język ontologii sieciowej, który może formalnie opisać semantykę klasyfikacji i właściwości wykorzystanych w dokumentach sieciowych. Aby urządzenia wykonywały przydatne zadania logiczne w tych dokumentach, język musi wykraczać poza podstawową semantykę schematu RDF. Język ontologii sieciowej jest zdefiniowany w specyfikacji OWL. Planuje się, że niektóre przypadki użycia języka ontologii zostaną wykorzystane w przemyśle i nauce, część z tych rozwiązań musi jeszcze poczekać na realizację. Obecnie definiuje się sześć przypadków zastosowań ontologii [4].

Portal sieciowy. W celu umożliwienia inteligentnego publikowania autorzy portali sieciowych mogą zdefiniować ontologie dla określonych obszarów tematycznych. Te ontologie powinny dostarczać terminologię do opisywania treści i aksjomaty, które definiują terminy z użyciem innych terminów z ontologii (wyrazy pokrewne, synonimy). Na przykład ontologia

może zawierać terminy takie jak *produkt*, *producent*, *cena* i *rabat*. Ontologia może zawierać definicje, które określają referencje między hasłami, np. *wszystkie produkty są wytwarzane przez producentów* lub *każdy produkt ma cenę*. Połączone z faktami, definicje te pozwalają na wnioskowanie innych faktów, które są zawsze prawdziwe. Te wnioski mogą w zamian pozwalać użytkownikom otrzymać rezultaty wyszukiwań z portalu, które są niemożliwe do uzyskania z konwencjonalnych systemów wyszukiwawczych. Ta technika polega na stosowaniu języka ontologii sieciowej do wychwylenia wysokojakościowych relacji ontologicznych.

Jednym z przykładów portalu opartego na ontologii jest OntoWeb [www.ontoweb.org], z którego korzystają przedstawiciele społeczności akademickich i pracowniczych. Innym przykładem portalu, który stosuje technologie sieci semantycznej i może odnosić korzyści z języka ontologicznego jest *The Open Directory Project* [www.dmoz.org] (projekt otwartego katalogu); duży, edytowany przez uczestników katalog sieci. Jest on konstruowany i utrzymywany przez ogromną, globalną społeczność edytorów-ochotników. Zasoby bazy danych tego katalogu są dostępne do ściągnięcia.

Kolekcje multimedialne. Ontologie mogą być wykorzystane do dostarczania semantycznych adnotacji dla kolekcji zdjęć, dźwięków lub innych obiektów multi-



medialnych. Zdefiniowanie sensownej semantyki dla multimediów jest jednak zdecydowanie trudniejszym zadaniem niż dla tekstu w języku naturalnym. Stąd te typy źródeł są zwykle indeksowane poprzez napisy lub metatagi. Ponieważ użytkownicy mogą opisywać te nietekstowe obiekty na różne sposoby, ważne jest, aby możliwości wyszukiwawcze wykraczały poza proste łączenie. Najlepiej byłoby, aby ontologie wychwytywały dodatkową wiedzę o domenie, wiedzę, która może być zastosowana do ulepszenia wyszukiwania obiektów.

Ontologie multimedialne mogą być dwóch rodzajów: specyficzne dla mediów i określone przez treść. Na przykład, film może zawierać właściwości określające długość klipu i przerwy między scenami. Ontologie

HTML (*HyperText Markup Language* – język znaczników hipertekstowych) – dominujący język wykorzystywany do tworzenia stron internetowych. Pozwala opisać strukturę informacji zawartych w dokumencie nadając znaczenie poszczególnym fragmentom tekstu (formując linki, nagłówki, akapity, listy itp.) oraz osadzić w tekście dodatkowe obiekty, np. statyczne grafiki, interaktywne formularze, dynamiczne animacje. W składni języka HTML wykorzystuje się znormalizowane znaczniki (opatrzone z obu stron nawiasami ostrokątnymi), jak <H1> lub <BODY>, których znaczenie i sposób interpretacji ustalane są przez World Wide Web Consortium W3C.

XML (*Extensible Markup Language* – rozszerzalny język znaczników) – uniwersalny język formalny przeznaczony do reprezentowania różnych danych w strukturalizowany sposób. XML jest niezależny od platformy, co umożliwia łatwą wymianę dokumentów pomiędzy różnymi systemami i znacząco przyczyniło się do popularności tego języka w dobie Internetu. XML jest rekomendowany oraz specyfikowany przez organizację W3C.

RDF (*Resource Description Framework*) jest specyfikacją modelu metadanych, określoną przez W3C, zazwyczaj implementowaną w języku XML. Celem RDF jest umożliwienie maszynowego przetwarzania abstrakcyjnych opisów zasobów w sposób automatyczny. Może służyć zarówno do wyszukiwania danych, jak i śledzenia informacji na określony temat. Założeniem RDF jest opis zasobu za pomocą wyrażenia składającego się z trzech elementów: podmiotu, predykatu i obiektu. W RDF podmiot stanowi opisywany zasób, predykat określa, jaka jego właściwość jest opisywana, zaś obiekt stanowi wartość tej właściwości. Podstawowym mechanizmem wykorzystywanym przez RDF do identyfikacji podmiotu, predykatu i obiektu jest URI.

OWL (*Web Ontology Language*) jest językiem ze składnią opartą na XML, a semantyką opartą na logice opisowej (ang. *description logics*), stanowi rozszerzenie RDF. Służy do reprezentacji i przetwarzania danych w sieci WWW. OWL opisuje dane w postaci ontologii i buduje w ten sposób tzw. Sieci Semantyczne.

URI (*Uniform Resource Identifier*) jest standardem internetowym umożliwiającym łatwą identyfikację zasobów w sieci. URI jest zazwyczaj łańcuchem

określone przez treść mogą opisywać temat źródła, na przykład lokalizację i uczestników. Ponieważ takie ontologie nie są właściwe mediom, mogą być wielokrotnie wykorzystane przez inne dokumenty, które zajmują się tą samą domeną. Takie wykorzystanie wzmocniłoby wyszukiwanie, znajdując informacje na dany temat, niezależnie od formatu źródła.

Korporacyjne zarządzanie witryną. Duże korporacje mają zazwyczaj rozbudowane serwisy internetowe z licznymi stronami dotyczącymi informacji prasowych, ofert produktowych i przykładów zastosowań, procedur korporacyjnych, instrukcji produktowych, analiz i raportów itp. Ontologie mogą być używane do indeksowania tych dokumentów i zapewniać lepsze wyniki wyszukiwania. Mimo że wiele dużych organizacji definiuje taksonomię i potrafi organizować w strukturach hierarchicznych swoje informacje, to jest to często niewystarczające. Pojedyncza ontologia działa często w sposób limitujący, ponieważ kategorie składowe są zazwyczaj ograniczone do tych, które przedstawiają jeden punkt widzenia i jedną ziarnistość domeny; zdolność do pracy z wieloma ontologiami zwiększyłaby bogactwo opisu. Co więcej, zdolność do wyszukiwania wartości dla różnych parametrów jest często bardziej przydatna niż wyszukiwanie za pomocą słów kluczowych.

Ontologicznie wzbogacona strona internetowa może być wykorzystywana przez:

- handlowców poszukujących środków zabezpieczenia sprzedaży
- osoby zainteresowane techniką, poszukujące określonych ekspertów technicznych i szczegółowego opisu doświadczeń
- kierowników projektów poszukujących informacji na temat doświadczeń z przeszłości i szablonów do wsparcia skomplikowanych, wielofazowych projektów, zarówno na etapie projektu, jak i podczas wykonania.

Typowym problemem dla każdego z tych rodzajów użytkowników jest to, iż mogą nie znać terminologii używanej przez autorów potrzebnych informacji. Handlowcy mogą nie znać technicznej nazwy potrzebnego elementu lub mogą używać różnych terminów dla tego samego pojęcia. W przypadku takich problemów, przydatne byłoby zdefiniowanie różnych ontologii dla każdej grupy użytkowników, ale z powiązaniem między tymi ontologiami, aby tłumaczenia mogły być wykonywane automatycznie. Innym problemem jest formułowanie zapytań na odpowiednio wysokim poziomie abstrakcji.

Dokumentacja techniczna. Ten przypadek dotyczy dużych dokumentacji technicznych, jakie są stosowane np. w przemyśle lotniczym. Taką dokumentację można podzielić na kilka odrębnych kategorii – dokumentację projektową, produkcyjną i testową. Każdy z tych dokumentów ma własną strukturę hierarchiczną, różną od pozostałych. Jest również zestaw domyślnych osi, które wiążą wzajemnie te dokumentacje, np. w dokumentach projektowych na temat lotnictwa i kosmonautyki może pojawić się element *skrzydło*.

Ontologie mogą być wykorzystane do budowy modelu informacyjnego, który umożliwi eksplorację przestrzeni informacyjnej w zakresie przedstawionych elementów, powiązań między elementami, właściwości elementów i związków z dokumentacją, która je opisuje i definiuje.

Konkretnym przykładem tego zastosowania jest dokumentacja projektowa dla domeny lotnictwa i kosmonautyki, gdzie do typowych użytkowników zaliczają się:

- inżynier serwisowy poszukujący wszystkich informacji na temat określonej części (np. skrzydło)

- inżynier konstruktor poszukujący ograniczeń ponownego zastosowania określonego podzespołu.

Aby wspomagać ten rodzaj zastosowania, ważne jest zdefiniowanie ograniczeń w celu zwiększenia spójności wyszukiwania lub sprawdzenia zgodności. Przykładem takiego ograniczenia może być:

dwupłatowiec(X) => CardinalityOf(skrzydło(X)) = 2
skrzydło(X) AND skrzydło(Y) isComponentOf(X, Y)
=> length(X) < length(Y)

Innym powszechnym zastosowaniem tego rodzaju ontologii jest wspieranie wizualizacji i edytowania wykresów, które pokazują zdjęcia informacji przestrzennej skoncentrowanej na określonym pojęciu (np. na grupie lub przypadku). Są to zwykle wykresy *czynność/reguła* lub *jednostka/zależność*.

Agenty i usługi. Sieć semantyczna może zapewnić zrozumienie i zintegrowanie różnorodnych zasobów informacji. Konkretnym przykładem może być planowanie czasu wolnego, gdy uwzględniane są preferencje użytkownika (np. jakie filmy lubi, jakie jedzenie preferuje). Zadanie zaplanowania tych zajęć będzie zależało od bogactwa oferowanych usług i potrzeb użytkownika. Przy określaniu usługi/procesu dopasowującego, można będzie korzystać z rankingów i recenzji w celu znalezienia bliższych powiązań dla preferencji użytkownika (np. sprawdzając recenzje i rankingi filmów i restauracji by znaleźć te „najlepsze”).

Ten typ agentów wymaga ontologii dziedzinowych, które prezentują pojęcia związane z restauracjami, hotelami itp. i ontologii usług do przedstawiania pojęć używanych w rzeczywistych usługach. Ontologie te umożliwią wychwytywanie informacji wymaganych przez aplikacje rozróżniające i równoważące preferencje użytkownika. Takie informacje mogą pochodzić z kilku źródeł, takich jak portale, strony dotyczące usług, strony pozwalające na rezerwację i zasoby klasycznej sieci WWW.

Przykładem takiej inicjatywy jest portal *Miasta Agencyjne* [www.agentcities.org], gdzie badane są możliwości zastosowania agentów w rozproszonym środowisku usługowym w Internecie. Będzie to wymagało zbudowania sieci platform dla agentów, które przedstawią rzeczywiste lub wirtualne miasta i oferowane przez nie usługi. Będzie to wymagało wielu różnych domen i ontologii usługowych. Kluczowe kwestie to:

- wykorzystanie i integracja wielorakich rozdzielnych ontologii z różnych domen i usług
- rozproszona lokalizacja ontologii w Internecie
- potencjalnie różne ontologie dla każdej domeny i usługi (tłumaczenie ontologii/odnośniki krzyżowe)
- proste reprezentowanie ontologii – ułatwienie definiowania i wykorzystywania ontologii.

Informatyka popularna. Informatyka popularna (wszechobecna) jest nowym modelem informatyki personalnej, charakteryzująca się odejściem od wyspecjalizowanych urządzeń informatycznych w codziennym życiu. Charakterystyczne dla informatyki popularnej są małe, podręczne, bezprzewodowe urządzenia komputerowe. Wszechobecność i bezprzewodowość tych urządzeń wymaga architektury sieciowej, która potrafi wspierać konfigurację *ad hoc* urządzeń mobilnych.

Kluczową technologią sieci stałych i *ad hoc* jest definiowanie usług i funkcjonalności, za pomocą których „usługi” (tzn. funkcje oferowane przez różne urządzenia – telefony komórkowe, drukarki, czujniki itp.) mogą być opisywane, reklamowane i udostępniane przez innych.

znaków, zapisanym zgodnie ze składnią określoną w standardzie. Łańcuch ten określa nazwę lub adres zasobu, który dany URI identyfikuje. URI składa się z URL (*Uniform Resource Locator*) i URN (*Uniform Resource Name*). Szczególnym przypadkiem URI jest URL, który oprócz identyfikacji zasobu wskazuje również sposób dostępu do niego.

SPARQL (*Protocol And RDF Query Language*)

jest językiem zapytań i protokołem dla plików RDF. SPARQL pozwala wyciągać z nich dane zawężone według kryteriów określonych poprzez predykaty RDF. Jest opisany przez kilka specyfikacji W3C. W styczniu 2008 r. SPARQL został uznany za standard przez W3C.

ONTOLOGIE – zbiory stwierdzeń zapisanych

na przykład w RDF, definiujące relacje pomiędzy pojęciami oraz wyznaczające reguły wnioskowania. Komputery będą w stanie zrozumieć semantyczną zawartość dokumentów WWW, odwołując się do ontologii, do których odnoszą się występujące w nich pojęcia.

AGENT – program, który automatycznie wyko-

nuje złożone zadania wyznaczone przez użytkownika. Najczęściej agenty wyszukują, selekcionują i przetwarzają informacje z Internetu. Współpracują też z innymi agentami.

Web 2.0 – potoczne określenie serwisów

internetowych, powstałych po 2001 r., w których działaniu podstawową rolę odgrywa treść generowana przez użytkowników serwisu. Cechy charakterystyczne to wykorzystanie mechanizmów *wiki* i blogów, tworzenie się wokół serwisów rozbudowanych społeczności, wykorzystanie kolektywnej inteligencji, wykorzystanie otwartych licencji, jak Creative Commons [http://creativecommons.pl] czy GNU GFDL.

Web 3.0 – termin, który stworzono by opisać

dalszą ewolucję Internetu oraz różnego rodzaju działań i koncepcji prowadzących do konwersji obecnego systemu przekazu wiedzy do modelu ogólnopojętej bazy danych. Web 3.0 to koncepcja przetworzenia zawartości stron do wzorca czytanego przez różne (w tym nieprzeglądarkowe) aplikacje, systemy wykorzystujące sztuczną inteligencję, rozwiązania semantyczne oraz oprogramowanie pozwalające wizualizować oraz przetwarzać dane w trzech wymiarach. Strony Web 3.0 będą też zdolne do rozpoznania zamiarów internauty na podstawie kontekstu przekazu danych. Ułatwi to i przyspieszy uzyskanie potrzebnych informacji przez użytkownika.

Zasadniczą kwestią (i celem) informatyki popularnej jest „nieoczekiwana operacyjność”, czyli operacyjność w „niewyreżyserowanych” warunkach (urządzenia, które nie były zaprojektowane do współpracy powinny zrozumieć funkcjonalność i być w stanie z tego korzystać). Zdolność do „rozumienia” innych urządzeń i świadomość własnych usług/funkcjonalności są konieczne, gdyż scenariusze informatyki popularnej na wielką skalę będą obejmować dziesiątki, jeśli nie setki tysięcy urządzeń, a standaryzacja a priori scenariuszy zastosowań jest zadaniem niewykonalnym.

Właściwie zaprojektowana sieć semantyczna będzie wspomagać dalszy rozwój ludzkiej wiedzy. Sieci semantyczne, nawet jeśli nie będą przełomem, zjedną jej zwolenników, przyczyniając się do wzrostu jej popularności. Z internetowych katalogów z semantycznymi znacznikami zadowoleni będą niewątpliwie sprzedawcy i klienci. Małym firmom będzie łatwiej i bezpieczniej prowadzić samodzielnie działalność za pośrednictwem Internetu. Już dzisiaj można znaleźć pierwsze zastosowania sieci semantycznych w finansach, ochronie zdrowia, edukacji, biznesie i zarządzaniu oraz w przemyśle hutniczym [3].

Na koniec jeszcze jeden przykład [2]: wybieramy się w dłuższą podróż po świecie i chcemy dokonać wszystkich niezbędnych rezerwacji. Potwierdzenia rezerwacji przesyłane przez linie lotnicze, hotele, agencje turystyczne itp. opatrzone będą odpowiednimi znacznikami semantycznymi. Wszystkie daty wpiszą się same wprost do naszego terminarza, a wydatki – do programu zarządzającego naszymi finansami, niezależnie od oprogramowania, którego używamy, jeśli tylko będzie ono rozpoznawać oznaczenia semantyczne. Koniec z pracowitym wydobywaniem informacji z listów elektronicznych. A i nadawcy nie będą musieli już rozsyłać danych w kilkunastu różnych formatach albo narzucać odbiorcom stosowanego przez siebie standardu zapisu.

Sieć semantyczna jest często wymieniana razem z technologią Web 2.0. O ile pierwsza ma na celu poprawę jakości informacji dostępnych na poziomie semantycznym (semantyczną interoperacyjność), co dotyczy technologii, drugi termin odnosi się do licznych zjawisk społecznych. A stąd tylko jeden krok do technologii sieci semantycznych i Web 3.0.

Bibliografia

1. Stróżowski Wł.: *Ontologia*. Wydawnictwa Znak, Kraków 2004.
2. Berners-Lee T., Hendler J., Ora Lassila O.: *The Semantic Web. A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities*. May 2001 Scientific American Magazine.
3. Cardoso J., Hepp M., Lytras M. (Eds.): *The Semantic Web: Real-World Applications from Industry*. Springer, 2007.
4. [<http://www.w3.org/TR/owl-features/>] – *OWL Web Ontology Language Overview*. W3C Recommendation 10 February 2004. ■