

## Cloud@Home: nowy paradygmat ulepszonego przetwarzania

Przetwarzanie w chmurze to paradygmat przetwarzania rozproszonego, który łączy aspekty przetwarzania sieciowego („... infrastruktura sprzętowa i programowa, która zapewnia niezawodny, spójny, wszechobecny i niedrogi dostęp do zaawansowanych możliwości obliczeniowych”) Internet Computing ( „...platforma obliczeniowa geograficznie rozproszona w Internecie”), przetwarzanie użytkowe („zbiór technologii i praktyk biznesowych, które umożliwiają płynne i niezawodne dostarczanie obliczeń na wielu komputerach, ... dostępne w razie potrzeby i rozliczane według zużycia, podobnie jak woda i elektryczność są dzisiaj”) Obliczenia autonomiczne („systemy komputerowe, które mogą same zarządzać, biorąc pod uwagę wysokopoziomowe cele od administratorów”), Edge computing („... zapewnia ogólne narzędzie szablonowe dla każdego typu aplikacji, aby rozłożyć jego wykonanie w dedykowanej sieci, równoważąc obciążenie...”) oraz Green computing (nowa granica Ethical computing wychodząc z założenia, że w przyszłości koszty energii będą związane z zanieczyszczeniem środowiska). Rozwój i sukces chmury obliczeniowej wynika z dojrzałości osiągniętej zarówno przez sprzęt, jak i oprogramowanie, w szczególności w odniesieniu do wirtualizacji i technologii internetowych. Czynniki te urealniły pogląd L. Kleinrocka na komputery jako piąte narzędzie użyteczności publicznej, takie jak gaz, woda, elektryczność i telefon. Przetwarzanie w chmurze wywodzi się z perspektywy zorientowanej na usługi, która szybko i szeroko rozprzestrzeniła się w świecie IT. Z tej perspektywy wszystkie możliwości i zasoby Chmury (zwykle rozproszone geograficznie) są udostępniane użytkownikom jako usługa, do której można uzyskać dostęp za pośrednictwem Internetu bez szczególnej wiedzy na temat, wiedzę specjalistyczną lub kontrolę nad podstawową infrastrukturą technologiczną, która je obsługuje. Przetwarzanie w chmurze jest ściśle związane z nauką zorientowaną na usługi (Foster, 2005), przetwarzaniem usług i IT jako usługą (ITAAS), ogólnym terminem obejmującym: platformę AAS, oprogramowanie AAS, infrastruktura AAS, dane AAS, bezpieczeństwo AAS, zarządzanie procesami biznesowymi AAS i tak dalej. Oferuje interfejs zorientowany na użytkownika, który działa jako unikalny, przyjazny dla użytkownika punkt dostępu do potrzeb i wymagań użytkowników. Co więcej, przetwarzanie w chmurze zapewnia świadczenie usług na żądanie, gwarantowaną ofertę QoS oraz autonomiczny system zarządzania sprzętem, oprogramowaniem i danymi w sposób przejrzysty dla użytkowników (Wang i in., 2008). Aby osiągnąć takie cele, konieczne jest wdrożenie poziomu abstrakcji zasobów fizycznych, ujednoczenie ich interfejsów i zapewnienie środków do zarządzania nimi, adaptacyjnie do wymagań użytkowników. Odbyna się to poprzez wirtualizację, mashupy usług (Web 2.0) i architektury zorientowane na usługi (SOA). Wirtualizacja pozwala na wykonanie wersji oprogramowania maszyny sprzętowej w systemie hosta, w izolowany sposób. „Ujednoczona” zasoby: problemy z kompatybilnością są przezwyciężane przez zapewnienie heterogenicznych hostów rozproszonego środowiska obliczeniowego (chmury) z tą samą maszyną wirtualną. Oprogramowanie implementujące wirtualizację nosi nazwę hypervisor. Web 2.03 zapewnia ciekawy sposób na interfejs usług w chmurze, implementując mashup usług. Opiera się głównie na ewolucji JavaScript z ulepszonymi konstrukcjami językowymi (późne wiązanie, clousery, funkcje lambda itp.) oraz interakcjami AJAX. Architektura zorientowana na usługi (SOA) to paradygmat organizowania i wykorzystywania rozproszonych możliwości, które mogą znajdować się pod kontrolą różnych domen własności. W SOA usługi są mechanizmem łączenia potrzeb i możliwości. SOA definiuje standardowe interfejsy i protokoły, które pozwalają programistom na hermetyzację narzędzi informacyjnych jako usług, do których klienci mogą uzyskać dostęp bez wiedzy o ich wewnętrznych działaniach lub kontroli nad nimi. Duże zainteresowanie chmurą obliczeniową przejawiały zarówno akademickie, jak i prywatne ośrodki badawcze, a także zaproponowano liczne projekty z przemysłu i środowisk akademickich. W kontekście komercyjnym wyróżniamy między innymi: Amazon Elastic Compute Cloud (<http://aws.amazon.com/ec2>), IBM Blue Cloud (<http://www.ibm.com/press/us/en/pressrelease/22613.wss/>), Sun Microsystems Network.com

(<http://www.network.com>), Platforma usług Microsoft Azure (<http://www.microsoft.com/azure/default.aspx>), rozwiązania Dell Cloud computing (<http://www.dell.com/cloudcomputing>). Istnieje również kilka działań naukowych, takich jak: Reservoir (<http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/23448.wss/>), Nimbus-Stratus-Wispy-Kupa5 i OpenNEbula (<http://www.opennebula.org/>). Wszystkie wspierają i zapewniają paradygmat przetwarzania na żądanie, w tym sensie, że użytkownik przesyła swoje żądania do chmury, która zdalnie, w sposób rozproszony, przetwarza je i zwraca wyniki. Ten model klient-serwer dobrze wpisuje się w cele i zakresy komercyjnych chmur: biznesu. Ale z drugiej strony stanowi to ograniczenie dla chmur naukowych, które mają widok bliższy komputerom ochotniczym. Przetwarzanie wolontariackie (zwane również przetwarzaniem peer-to-peer, globalnym przetwarzaniem lub przetwarzaniem publicznym) wykorzystuje komputery dobrowolnie przekazane przez ich właścicieli, jako źródło mocy obliczeniowej i przechowywania w celu zapewnienia rozproszonych obliczeń naukowych. Stoi za filozofią „@home”<sup>6</sup> udostępniania/oddawania zasobów podłączonych do sieci w celu wspierania rozproszonych obliczeń naukowych. Uważamy, że paradygmat przetwarzania w chmurze ma zastosowanie również na mniejszą skalę, od pojedynczego współużytkownika, który udostępnia swój pulpit, po grupy badawcze, administrację publiczną, społeczności społeczne, małe i średnie przedsiębiorstwa, które udostępniają swoje rozproszone zasoby obliczeniowe dla Chmura. W takich scenariuszach można łatwo zastosować zarówno modele darmowego udostępniania, jak i pay-per-use. Z punktu widzenia użyteczności, wzrost „kompleksu technologiczno-użytkowego” i związany z tym wzrost zapotrzebowania na zasoby obliczeniowe, w niektórych przypadkach rosnący dramatycznie szybciej niż prawo Moore'a, jak przewidywał CTO Sun Greg Papadopoulos w teorii przesunięcia ku czerwieni dla IT (Martin, 2007) może w niedalekiej przyszłości doprowadzić do powstania oligarchii, lobby lub trustu kilku dużych firm kontrolujących cały rynek zasobów obliczeniowych. W tym sensie: „Prywatne interesy gospodarcze i polityczne mogą łączyć się w budowanie ogromnych, opartych na technologii przemysłów użyteczności publicznej, które zachowują i wzmacniają ich bazy energetyczne”. Aby uniknąć takiego pesymistycznego, ale możliwego do zrealizowania scenariusza, sugerujemy rozwiązanie problemu w inny sposób: zamiast budować kosztowne prywatne centra danych, które dyrektor generalny Google Eric Schmidt lubi porównywać z zaporowo drogimi cyklotronami (Baker, 2008), proponujemy bardziej „demokratyczna” forma przetwarzania w chmurze, w której zasoby obliczeniowe pojedynczych użytkowników korzystających z chmury mogą być dzielone z innymi, aby przyczynić się do opracowania złożonych problemów. Ponieważ ten paradygmat jest bardzo podobny do paradygmatu Wolontariatu, można go nazwać Cloud@Home. Ograniczenia i ograniczenia kompatybilności sprzętu i oprogramowania w ramach Wolontariatu można rozwiązać w środowiskach Cloud computing, pozwalających na współdzielenie zasobów sprzętowych i programowych lub usług. Paradygmat Cloud@Home można również zastosować do komercyjnych chmur, tworząc otwarty rynek narzędzi obliczeniowych, na którym użytkownicy mogą zarówno kupować, jak i sprzedawać swoje usługi. Ponieważ moc obliczeniową można opisać rozkładem „long-tailed”, w którym populacja o wysokiej amplitudzie (dostawcy chmury i komercyjne centra danych) podąża za populacją o niskiej amplitudzie (małe centra danych i użytkownicy prywatni), która stopniowo „tails off” asymptotycznie, Cloud@Home może wyłapać efekt długiego ogona (Anderson, 2006), zapewniając podobne lub wyższe możliwości obliczeniowe niż centra danych komercyjnych dostawców, poprzez grupowanie małych zasobów obliczeniowych od wielu pojedynczych współtwórców.

### **Dlaczego Cloud@Home?**

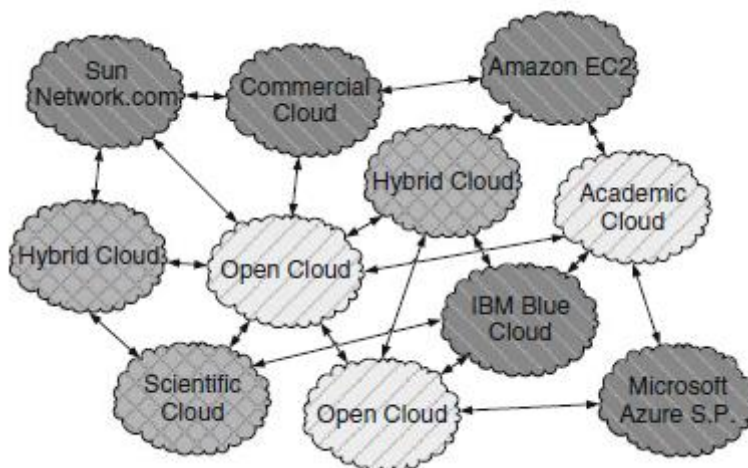
Konieczność takiego nowego paradygmatu obliczeniowego jest ściśle związana z ograniczeniami istniejących rozwiązań chmurowych. Przez lata paradygmat Grid computing był uważany za rozwiązanie wszystkich problemów obliczeniowych: bezpieczna, niezawodna, wydajna platforma do bezpiecznego zarządzania geograficznie rozproszonymi zasobami. Jednak przetwarzanie sieciowe ma

pewne wady: jest wrażliwe na różnice w sprzęcie lub oprogramowaniu lub niekompatybilność; nie jest możliwe dynamiczne rozszerzanie Organizacji Wirtualnej poprzez rejestrowanie zasobów on-line, a co za tym idzie nie jest możliwe współdzielenie zasobów lokalnych, jeśli nie są one początkowo zarejestrowane w VO; często nie napotyka problemów z QoS i rozliczeniami; implementuje głównie równoległość danych z równoległością zadań, utrudniając kompozycję usług; użytkownik musi znać zarówno system rozproszony, jak i wymagania aplikacji, aby przesyłać i zarządzać zadaniami. Te braki zostały częściowo rozwiązane i rozwiązane w narzędziach i przetwarzaniu w chmurze, wdrażając paradygmaty zorientowane na usługi z przyjaznymi dla użytkownika interfejsami wyższego poziomu. Utility i Cloud wdrażają paradygmaty przetwarzania na żądanie: użytkownicy zlecają przetwarzanie, płacą i uzyskują wyniki. Ponieważ są one przeznaczone głównie do zastosowań komercyjnych, QoS i zasady biznesowe muszą być starannie uwzględnione. Utility i Cloud computing brak otwartego, wolnego punktu widzenia: podobnie jak w Grid computing, nie jest możliwe rejestrowanie zasobów lub usług, a także budowanie niestandardowych centrów danych poprzez dynamiczną agregację zasobów i usług nie przeznaczonych do tego celu. Co więcej, każda chmura ma swój własny interfejs i usługi, dlatego nie może komunikować się ani współpracować z innymi chmurami. Kolejną ważną kwestią jest customizability, czyli możliwość wyrażenia własnej aplikacji za pomocą usług. Z drugiej strony narodził się paradygmat Wolontariatu komputerowego wspierający filozofię otwartego przetwarzania. Implementuje otwarte, rozproszone środowisko, w którym zasoby (nie usługi jak w chmurze) mogą być współdzielone. Ale manifestuje ten sam problem Grid w odniesieniu do kompatybilności między zasobami. Co więcej, ze względu na swoje przeznaczenie nie realizuje również żadnej polityki QoS i rozliczeń.

## Cele

Ian Foster podsumowuje paradygmat komputerowy przyszłości w następujący sposób: „... będziemy musieli wspierać udostępnianie na żądanie i konfigurację zintegrowanych „systemów wirtualnych”, zapewniających precyzyjne możliwości potrzebne użytkownikowi końcowemu. Będziemy musieli zdefiniować protokoły, które umożliwią użytkownikom i dostawcom usług wykrywanie i przekazywanie żądań innym dostawcom, monitorowanie i zarządzanie ich rezerwacjami oraz organizowanie płatności. Będziemy potrzebować narzędzi do zarządzania zarówno podstawowymi zasobami, jak i wynikającymi z nich obliczeniami rozproszonymi. Będziemy potrzebować scentralizowanej skali dzisiejszych narzędzi Cloud oraz dystrybucji i interoperacyjności dzisiejszych obiektów Grid”. Wszystkie te wymagania dzielimy, ale z nieco innej perspektywy: chcemy aktywnie zaangażować użytkowników w tak nową formę przetwarzania, pozwalającą na tworzenie własnych, interoperacyjnych Chmur. Innymi słowy, wierzymy, że możliwe jest eksportowanie, stosowanie i dostosowywanie filozofii „@home” do paradygmatu Cloud computing. Poprzez połączenie Wolontariatu i Przetwarzania w Chmurze powstaje nowy paradygmat: Cloud@Home. Ten nowy paradygmat obliczeniowy oddaje moc i kontrolę użytkownikom, którzy mogą decydować, jak zarządzać swoimi zasobami/usługami w globalnym, geograficznie rozproszonym kontekście. Mogą dobrowolnie podtrzymywać projekty naukowe, dobrowolnie udostępniając swoje zasoby ośrodkom naukowo-badawczym za darmo, lub zarabiać pieniądze, sprzedając swoje zasoby dostawcom przetwarzania w chmurze w ramach płatności za użytkowanie/udostępnienie. W ten sposób nacisk zostaje przeniesiony z dostawców chmury na użytkowników: Cloud@Home może być frameworkiem do przetwarzania w chmurze, który za główny cel przyjmuje potrzeby użytkownika. Dlatego w takiej perspektywie współistnieją zarówno punkty widzenia komercyjne/biznesowe, jak i wolontariuszy/naukowe: w pierwszym przypadku orientacja chmury na użytkownika końcowego jest rozszerzona na współpracującą dwukierunkową chmurę, w której użytkownicy mogą kupować i/lub sprzedawać swoje zasoby. /usługi; w tym drugim przypadku filozofia Grid polegająca na nielicznych, ale dużych żądaniach obliczeniowych została rozszerzona i rozszerzona o otwarte organizacje wirtualne. W obu przypadkach można było sprecyzować wymagania

QoS, wprowadzając do filozofii Grid i Volunteer (best effort) pojęcie jakości. Cloud@Home można też uznać za uogólnienie i dojrzewanie filozofii @home: kontekstu, w którym użytkownicy dobrowolnie dzielą się swoimi zasobami bez problemu z kompatybilnością. Pozwala to obalić bariery sprzętowe (bity procesora, endianness, architektura, sieć) i programowe (systemy operacyjne, biblioteki, kompilatory, aplikacje, oprogramowanie pośredniczące) Grid i Volunteer computing. Co więcej, w Cloud@Home termin zasoby należy interpretować w bardziej ogólnym sensie usług w chmurze. Oznacza to, że Cloud@Home pozwala użytkownikom udostępniać nie tylko zasoby fizyczne, jak w projektach @home czy w środowiskach Grid, ale także wszelkiego rodzaju usługi. Elastyczność i rozszerzalność Cloud@Home może pozwolić na łatwe organizowanie, zarządzanie i udostępnianie (za darmo lub odpłatnie) znacznych zasobów obliczeniowych (większych niż w środowiskach Cloud, Grid i/lub @home) każdemu, kto posiada komputer. Z drugiej strony Cloud@Home można uznać za ulepszenie wizji Grid-Utility w chmurze obliczeniowej. W tym nowym paradygmacie hosty użytkowników nie są pasywnymi interfejsami usług w chmurze, ale mogą aktywnie uczestniczyć w przetwarzaniu. Pojedyncze węzły i usługi mogą być rejestrowane przez oprogramowanie pośredniczące Cloud@Home w celu zbudowania własnej, prywatnej infrastruktury Cloud, która może (za darmo lub za opłatą) wchodzić w interakcje z innymi chmurami. Pozwala to na dostosowanie aplikacji Cloud do własnych usług specjalnego przeznaczenia. Motto Cloud@Home brzmi: heterogeniczny sprzęt dla jednorodnych chmur. Tak więc scenariusz, który przedstawiamy, składa się z kilku współistniejących i interoperacyjnych Chmur, jak obrazowo przedstawiono tu.



Otwarte chmury identyfikują otwarte VO działające na potrzeby bezpłatnego przetwarzania wolontariuszy; Chmury komercyjne charakteryzują podmioty lub firmy sprzedające swoje zasoby obliczeniowe dla biznesu; Chmury Hybrydowe mogą zarówno sprzedawać, jak i dawać za darmo swoje usługi. Zarówno Chmury Otwarte, jak i Hybrydowe mogą współpracować z dowolnymi innymi Chmurami, również komercyjnymi, podczas gdy te ostatnie mogą współdziałać ze sobą wtedy i tylko wtedy, gdy Chmury Komercyjne są wzajemnie rozpoznawane. W ten sposób możliwe jest tworzenie federacji Chmur pracujących razem nad tym samym projektem.

Daje to użytkownikom możliwość wyboru najlepszego dostawcy, który spełnia ich wymagania. W tak elastycznym kontekście dostawcy chmury mogą nawiązywać relacje biznesowe, umowy i strategie w celu osiągnięcia najlepszych wyników na rynku, redukcji kosztów i maksymalizacji przychodów. Ogólna infrastruktura musi radzić sobie z wysoką dynamiką swoich węzłów/zasobów, umożliwiając przenoszenie i realokację danych, zadań i zadań. Dlatego konieczne jest zaimplementowanie lekkiego oprogramowania pośredniczącego, zaprojektowanego specjalnie do optymalizacji migracji. Wybór takiego oprogramowania pośredniczącego w istniejących technologiach (jak w Nimbus-Stratus,

począwszy od Globusa) może być ograniczony, nieefektywny lub nieodpowiedni z tego punktu widzenia. Stanowi to kolejny ważny argument na korzyść Cloud@home w porównaniu z Grid: lekkie oprogramowanie pośredniczące pozwala na włączenie urządzeń o ograniczonych zasobach do chmury, implementując określone (lekkie) usługi. Co więcej, middleware Cloud@Home nie wpływa na pisanie kodu, jak robią to paradygmaty Grid i Volunteer computing. Kolejnym ważnym celem Cloud@Home jest bezpieczeństwo. Wolontariat ma pewne braki w kwestiach bezpieczeństwa, podczas gdy paradygmat Grid implementuje złożone mechanizmy bezpieczeństwa. Wirtualizacja w Clouds implementuje izolację usług, ale nie zapewnia żadnej ochrony przed dostępem lokalnym. W zakresie bezpieczeństwa szczególnym celem Cloud@Home jest rozszerzenie mechanizmów bezpieczeństwa Chmur o ochronę danych przed dostępem lokalnym. Ponieważ Cloud@Home składa się z ilości zasobów potencjalnie większych niż komercyjne lub zastrzeżone rozwiązania chmurowe, jego niezawodność można porównać do Grid lub Wolontariatu i powinna być większa niż inne Chmury. Wreszcie, interoperacyjność jest jednym z najważniejszych celów Cloud@Home. Jest to otwarty problem w Grid, Volunteer i Cloud computing, z którym chcemy się odpowiednio zmierzyć w Cloud@Home. W środowisku Grid interoperacyjność jest bardzo trudną kwestią, wiele osób próbowało ją rozwiązać przez wiele lat, a my wciąż jesteśmy daleko od rozwiązania problemu. Interoperacyjność w kontekście chmury jest łatwiejsza, ponieważ wirtualizacja pozwala uniknąć głównych problemów architektonicznych, fizycznych, sprzętowych i programowych. Należy wdrożyć nowe standardy i interfejsy umożliwiające zwiększoną przenośność i elastyczność zwirtualizowanych aplikacji. Do tej pory toczyła się znacząca dyskusja wokół otwartych standardów przetwarzania w chmurze. W tym kontekście „Manifest Otwartej Chmury” ([www.opencloudmanifesto.org](http://www.opencloudmanifesto.org)) zapewnia minimalny zestaw zasad, które będą stanowić podstawę wstępnych umów, gdy społeczność chmury opracowuje standardy dla tego nowego paradygmatu obliczeniowego. Co więcej, mogą pojawić się problemy z kompatybilnością między różnymi monitorami maszyn wirtualnych (VM), które należy odpowiednio stawić czoła, jak stara się to zrobić grupa Open Virtualization Format (OVF).

### **Scenariusze aplikacji**

Dla Cloud@Home można sobie wyobrazić kilka możliwych scenariuszy aplikacji:

- Centra badań naukowych, społeczności – inspiracja Cloud@Home w zakresie Wolontariatu zapewnia środki do tworzenia otwartych, interoperacyjnych Chmur wspierających cele naukowe, przewyższając problemy z przenośnością i kompatybilnością, na które zwracają uwagę projekty @home. Podobnych korzyści można odnieść w administracji publicznej i otwartych społecznościach (sieci społecznościowe, peer-to-peer, gry w chmurze itp.). Dzięki Cloud@Home możliwe byłoby wdrożenie polityki zarządzania zasobami i usługami z wymaganiami QoS (charakteryzujących znaczenie projektu naukowego) i specyfikacjami (klasyfikacja QoS dostępnych zasobów i usług). Nowa umowa dla Wolontariuszy, która nie uwzględnia tego aspektu, zgodnie z podejściem „best effort”.
- Przedsiębiorstwa – umieszczenie infrastruktury obliczeniowej Cloud@Home w lokalizacjach biznesowych/komercyjnych może przynieść znaczne korzyści, zwłaszcza w małych i średnich, ale także w dużych przedsiębiorstwach. Możliwe byłoby wdrożenie własnego data center z lokalnymi, istniejącymi, gotowymi zasobami: zwykle w każdym przedsiębiorstwie istnieje kapitał samodzielnych zasobów obliczeniowych do automatyzacji biura, monitorowania, projektowania i tak dalej. Ponieważ takie zasoby są wykorzystywane tylko (częściowo) w godzinach pracy biura, łącząc je w całości przez Internet możliwe jest zbudowanie centrum danych Cloud@Home, w którym alokowane są współdzielone usługi (serwer WWW, serwer plików, archiwum, baza danych itp.) bez ograniczeń i problemów ze zgodnością. Interoperacyjność między chmurami pozwala w razie potrzeby kupować zasoby obliczeniowe od komercyjnych dostawców chmury lub w inny sposób sprzedawać lokalne zasoby chmury obliczeniowej tym samym dostawcom. Pozwala to na redukcję i optymalizację kosztów

biznesowych zgodnie z polityką QoS/SLA, poprawiając wydajność i niezawodność. Na przykład ten paradygmat pozwala radzić sobie z ekonomią szczytów przepływu: centra danych mogą być dostosowane do średniego przypadku, a najgorsze przypadki (szczyty) mogą być zarządzane poprzez kupowanie zasobów obliczeniowych od dostawców chmury. Co więcej, Cloud@Home dąży do racjonalizacji zasobów: wszystkie procesy biznesowe mogą być bezpiecznie zarządzane przez Internet, przydzielając zasoby i usługi tam, gdzie jest to potrzebne. W szczególności fakt ten może usprawnić marketing i handel (e-commerce), udostępniając sprzedawcom i klientom wiele usług, które można dostosowywać. Interoperacyjność może również wskazywać na inny scenariusz, w którym prywatne firmy kupują zasoby obliczeniowe w celu ich odsprzedaży.

- Sieci ad-hoc, bezprzewodowe sieci czujników, automatyka domowa – podejście Cloud computing, w którym zarówno oprogramowanie, jak i zasoby obliczeniowe są własnością dostawców usług i są przez nich zarządzane, ułatwia programistom stawianie czoła niejednorodności urządzeń i zapobiega pobieraniu aplikacji. Projektanci aplikacji mobilnych powinni zacząć brać pod uwagę, że ich aplikacje, oprócz tego, że mogą być używane na małym urządzeniu, będą musiały wchodzić w interakcję z chmurą. Wykrywanie usług, pośrednictwo i niezawodność są ważne, a usługi są zwykle zaprojektowane do współdziałania (The ProgrammableWeb. <http://www.programmableweb.com>).

Aby rozważyć pojawiające się konsekwencje związane z dostępem użytkowników mobilnych do architektury sieciowej zorientowanej na usługi, badacze zaproponowali nowe koncepcje, takie jak mobilna dynamiczna organizacja wirtualna (Waldburger i Stiller, 2006). Nowe rozproszone infrastruktury zostały zaprojektowane w celu ułatwienia rozszerzenia chmury na bezprzewodową krawędź Internetu. Wśród nich Mobile Service Clouds umożliwia dynamiczne tworzenie instancji, skład, konfigurację i rekonfigurację usług w sieci nakładkowej w celu obsługi przetwarzania mobilnego.

Nadal otwartą kwestią badawczą jest to, czy urządzenie mobilne powinno być uważane za dostawcę usług samej chmury. Wykorzystanie nowoczesnych terminali mobilnych, takich jak smartfony, nie tylko jako requesterów usług internetowych, ale także jako hosty mobilne, które same mogą oferować usługi w prawdziwym mobilnym ustawieniu peer-to-peer. Operacje kontekstowe obejmujące sterowanie i monitorowanie, udostępnianie danych, synchronizację itp. mogą być wdrażane i udostępniane jako usługi internetowe Cloud@Home obejmujące urządzenia bezprzewodowe i Bluetooth, laptop, iPod, telefon komórkowy, urządzenia gospodarstwa domowego i tak dalej. Cloud@Home może być sposobem na wdrożenie przetwarzania wszechobecnego i wszechobecnego: wiele urządzeń i systemów obliczeniowych może być zaangażowanych jednocześnie w celu uzyskania wydajności

### **Przegląd Cloud@Home**

Naszą podstawową ideą jest ponowne wykorzystanie „krajowych” zasobów obliczeniowych do budowy Chmur dobrowolnych współpracowników. Dzięki Cloud@Home każdy może doświadczyć potęgi przetwarzania w chmurze, zarówno aktywnie dostarczając własne zasoby i usługi, jak i biernie przesyłając swoje aplikacje.

### **Zagadnienia, wyzwania i otwarte problemy**

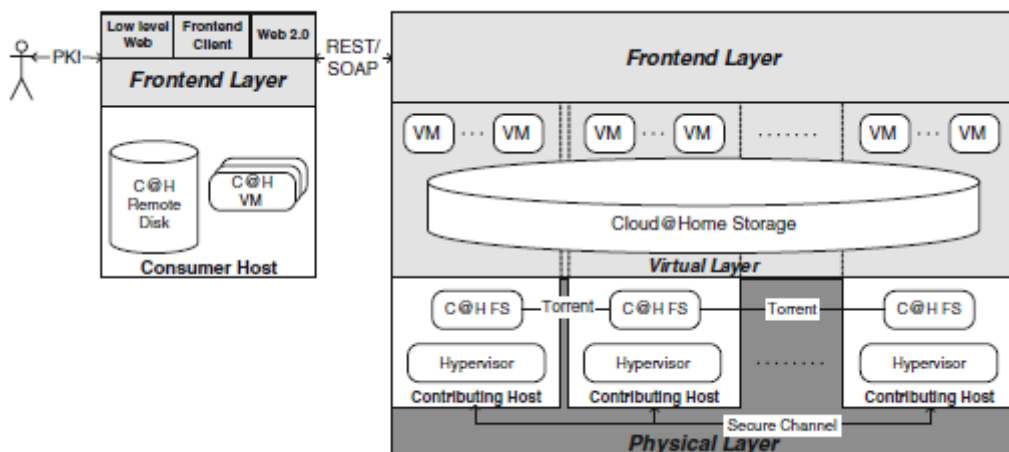
W celu wdrożenia takiej formy obliczania należy wziąć pod uwagę następujące kwestie:

- Zarządzanie zasobami i usługami – obowiązkowy jest mechanizm zarządzania zasobami i usługami oferowanymi przez Chmury. Musi być w stanie rejestrować, wykrywać, indeksować, przypisywać i ponownie przydzielać, monitorować i koordynować zasoby i usługi. Problem, z którym trzeba się zmierzyć na tym poziomie jest kompatybilność zasobów i usług oraz ich przenośność.

- Frontend - abstrakcja jest potrzebna, aby zapewnić użytkownikom zorientowany na usługi punkt widzenia systemu komputerowego na wysokim poziomie. Frontend zapewnia unikalny, jednolity punkt dostępu do chmury. Musi umożliwiać użytkownikom przesyłanie funkcjonalnych żądań obliczeniowych tylko z podaniem wymagań i specyfikacji, bez jakiegokolwiek wiedzy o rozmieszczeniu zasobów systemowych. System ocenia takie wymagania i specyfikacje i przekłada je na zapotrzebowanie na zasoby fizyczne, wdrażając proces opracowania. Kolejnym aspektem dotyczącym frontendu jest możliwość dostosowywania usług i aplikacji Cloud.
- Bezpieczeństwo – wymagane są skuteczne mechanizmy zapewniające: uwierzytelnianie, ochronę zasobów i danych, poufność i integralność danych.
- Dostępność zasobów i usług, niezawodność i spójność danych – konieczne jest wdrożenie redundancji zasobów i usług oraz zasad odzyskiwania hostów, ponieważ użytkownicy dobrowolnie przyczyniają się do przetwarzania, a zatem mogą asynchronicznie, w dowolnym momencie, wylogować się lub rozłączyć Chmura.
- Interoperacyjność między chmurami — powinno być możliwe wzajemne współdziałanie chmur.
- Modele biznesowe - w przypadku sprzedaży Cloud computing obowiązkowe jest zapewnienie zarządzania QoS i SLA zarówno dla komercyjnych, jak i otwartych chmur wolontariuszy (tradycyjnie najlepszy wysiłek), w celu rozróżnienia między aplikacjami, które mają być uruchamiane.

### Podstawowa architektura

W celu realizacji przedstawionych problemów powracamy do wirtualizacji. Technologia ta rozwiązuje problem niezgodności między zasobami, realizuje odpowiedni poziom abstrakcji oraz gwarantuje izolację usług i zasobów, czyli ochronę bezpieczeństwa. Możliwą architekturę Cloud@Home pokazano tu,



identyfikując trzy warstwy hierarchiczne: frontendową, wirtualną i fizyczną. Zgodnie z tym punktem widzenia chmura składa się z kilku współpracujących hostów, którzy dzielą się swoimi zasobami. Użytkownik może wchodzić w interakcję z chmurą za pośrednictwem hosta konsumenta po zautentykowaniu się w systemie. Głównym ulepszeniem Cloud@Home jest to, że host może być jednocześnie hostem wspierającym i konsumentem, ustanawiając symbiotyczną wzajemną interakcję z chmurą.

### Warstwa frontendowa

Cloud@Home odpowiada za zarządzanie zasobami i usługami (rejestracja, wykrywanie, alokacja, koordynacja, monitorowanie, harmonogramowanie itp.) z perspektywy globalnego systemu Cloud. Warstwa frontendu zapewnia narzędzia do przekładania wymagań użytkownika końcowego na zapotrzebowanie na zasoby fizyczne, uwzględniając również ograniczenia QoS/SLA, jeśli zostały określone przez użytkownika. Co więcej, w chmurach komercyjnych musi być w stanie negocjować politykę QoS, która ma być zastosowana (SLA), a zatem monitorować jej spełnienie i, w przypadku niezadowolających wyników, dostosowywać przepływ pracy obliczeniowej do takich wymagań QoS. Jeśli dostępne zasoby i usługi Chmury nie spełniają wymagań, warstwa frontendowa zapewnia mechanizmy żądania dalszych zasobów i usług do innych Chmur, zarówno otwartych, jak i komercyjnych. Innymi słowy, warstwa frontendowa Cloud@Home implementuje interoperacyjność między chmurami, sprawdzając również niezawodność i dostępność usług. W celu poprawy niezawodności i dostępności usług i zasobów, zwłaszcza jeśli określono zasady i ograniczenia QoS, konieczne jest wprowadzenie redundancji. Warstwa frontendowa jest podzielona na dwie części, jak pokazano powyżej po stronie serwera, wdrażającej zarządzanie zasobami i związane z tym problemy, oraz po stronie lekkiego klienta, która zapewnia jedynie mechanizmy i narzędzia do uwierzytelniania, dostępu i interakcji z chmurą. W szeroko rozproszonym systemie, rozszanym globalnie na całym świecie, wiedza o dostęпах i zastosowaniach zasobów nabiera ogromnego znaczenia. Aby uzyskać dostęp i korzystać z usług Chmury, użytkownik najpierw uwierzytelnia się, a następnie określa, czy chce udostępnić swoje zasoby i usługi do udostępniania, czy też wykorzystuje zasoby Chmury tylko do przetwarzania. Warstwa frontendowa zapewnia środki, narzędzia i zasady zarządzania użytkownikami. Najlepszym mechanizmem zapewniającym bezpieczne uwierzytelnianie jest infrastruktura kluczy publicznych (PKI), lepsza w połączeniu z urządzeniami kart inteligentnych, które za pośrednictwem zaufanego urzędu certyfikacji zapewniają identyfikację użytkownika. Nawiązując do rysunku, warstwa frontendowa może zaoferować trzy alternatywne rozwiązania dostępu do chmury: (a) klient frontendowy Cloud@Home, (b) interfejs użytkownika Web 2.0 i (c) interfejs sieciowy niskiego poziomu (bezpośrednio określając REST lub Zapytania SOAP). Zapewniają one również mechanizmy dostosowywania aplikacji użytkownika poprzez komponowanie usług (service mashup i SOA) oraz zgłaszanie własnych usług.

### **Warstwa wirtualna**

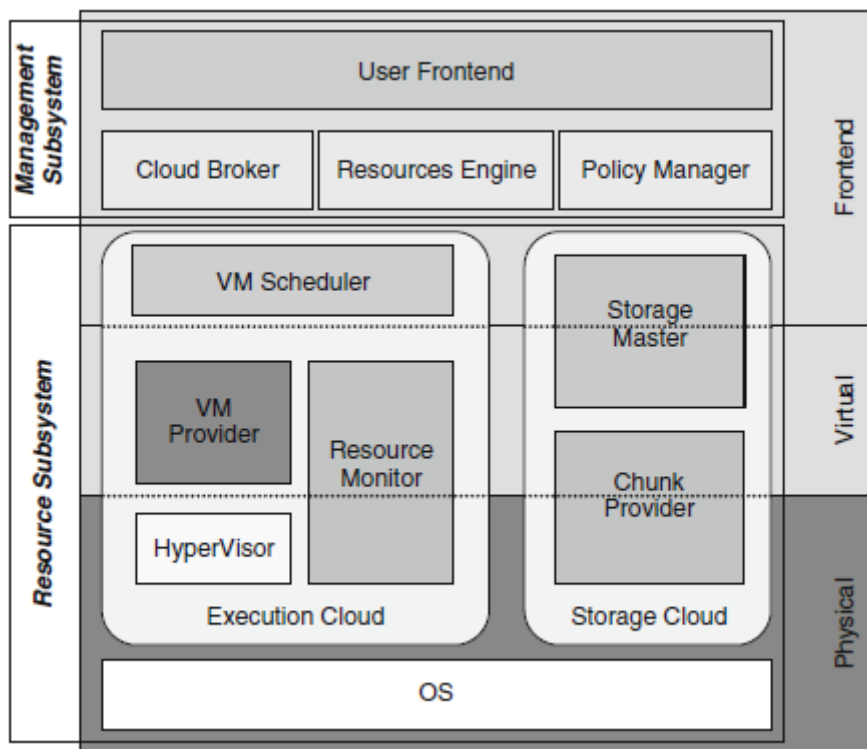
Wirtualizacja zasobów fizycznych oferuje użytkownikom końcowym jednolity widok usług i zasobów chmury. Warstwa wirtualna zapewnia warstwie frontendowej, a co za tym idzie użytkownikowi końcowemu, dwie podstawowe usługi: usługi wykonawcze i magazynowe. Usługa wykonania to narzędzie dostarczane przez warstwę wirtualną do tworzenia i zarządzania maszynami wirtualnymi. Użytkownik, udostępniając swoje zasoby w ramach Cloud@Home, umożliwia innym użytkownikom chmury wykonywanie i zarządzanie maszynami wirtualnymi lokalnie w swoim węźle, zgodnie z zasadami i ograniczeniami wynegocjowanymi i monitorowanymi w warstwie frontendowej. W ten sposób powstaje Chmura wykonawców maszyn wirtualnych, w której maszyny wirtualne mogą być migrowane lub replikowane w celu osiągnięcia celów niezawodności, dostępności i QoS. Jak pokazano, z punktu widzenia użytkownika końcowego chmura wykonawcza jest postrzegana jako zbiór maszyn wirtualnych dostępnych i gotowych do użycia. Izolacja maszyn wirtualnych zapewnia ochronę, a tym samym bezpieczeństwo. To bezpieczeństwo zapewnia hiperwizor, który uruchamia kod maszyny wirtualnej w wydzielonym zakresie, podobnie jak w piaskownicy, bez wpływu na lokalne środowisko hosta. Usługa pamięci masowej implementuje system pamięci masowej rozproszony w zasobach sprzętowych pamięci masowej tworzących chmurę, wysoce od nich niezależny, ponieważ dane i pliki są replikowane zgodnie z zasadami i wymaganiami QoS, które należy spełnić. Z punktu widzenia użytkownika końcowego chmura pamięci masowej wygląda jak lokalnie zamontowany dysk zdalny, podobnie jak sieciowy system plików lub pamięć sieciowa. Narzędzia, biblioteki i API do łączenia



użytkowników końcowych z chmurami pamięci masowej są dostarczane użytkownikowi przez klienta frontendowego, ale są implementowane w warstwach wirtualnych i fizycznych. W środowisku rozproszonym, w którym dowolni użytkownicy mogą hostować część prywatnych danych, konieczna jest ochrona tych danych przed nieautoryzowanym dostępem (bezpieczeństwo danych). Sposobem na uzyskanie poufności i integralności danych może być kryptografia, co lepiej wyjaśniono w opisie warstwy fizycznej.

### **Warstwa fizyczna**

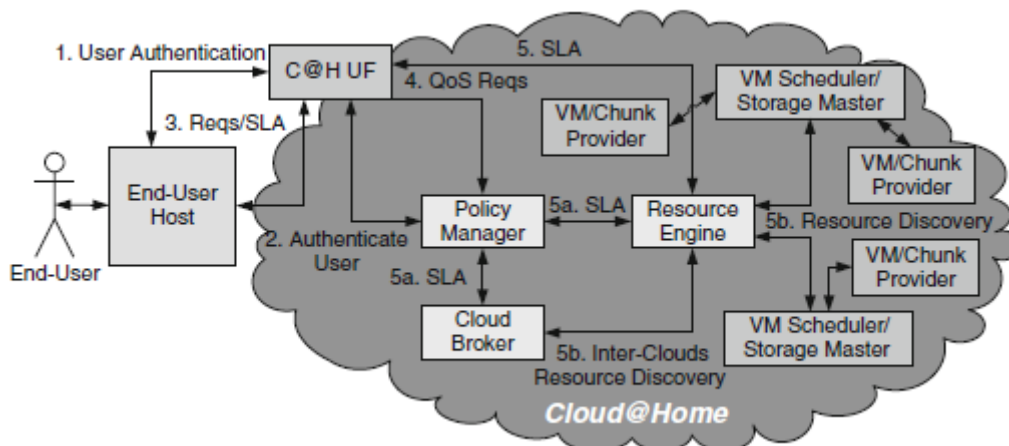
Warstwa fizyczna składa się z „chmury” ogólnych węzłów i/lub urządzeń rozmieszczonych geograficznie w Internecie. Zapewniają one górnej warstwie wirtualnej zarówno zasoby fizyczne do realizacji usług wykonawczych i magazynowych, jak i mechanizmy i narzędzia do lokalnego zarządzania takimi zasobami. Cloud@Home negocjuje z użytkownikami, którzy chcą dołączyć do chmury, o ich wkład. Mechanizm ten obejmuje warstwę fizyczną, która zapewnia narzędzia do rezerwowania fizycznych zasobów wykonawczych i/lub zasobów pamięci dla Chmury i monitoruje te zasoby, tak aby określone w ten sposób ograniczenia, wymagania i zasady nie zostały naruszone. Zapewnia to niezawodność i dostępność zasobów fizycznych, unikając przeciążenia systemu lokalnego, a tym samym zmniejszając ryzyko awarii. Aby zaimplementować usługę wykonania w ogólnym urządzeniu lub zarejestrować ją w chmurze wykonawczej, urządzenie musi mieć hiperwizor gotowy do przydzielania i uruchamiania maszyn wirtualnych. Jeśli usługa pamięci masowej jest zainstalowana w urządzeniu, część lokalnego systemu pamięci masowej musi być dedykowana do przechowywania danych w chmurze. W takich przypadkach system plików Cloud@Home jest instalowany we współdzielonej przestrzeni dyskowej urządzeń. W warstwie fizycznej konieczne jest wdrożenie bezpieczeństwa danych (integralność i poufność), zapewniając również, że przechowywane dane nie będą dostępne dla osób, które fizycznie je hostują. Proponujemy podejście łączące nienaruszalność kryptografii asymetrycznej Infrastruktury Klucza Publicznego i szybkość kryptografii symetrycznej. Dane są najpierw szyfrowane kluczem symetrycznym, a następnie przechowywane na wybranym hoście za pomocą klucza symetrycznego zaszyfrowanego kluczem prywatnym użytkownika. Gwarantuje to, że tylko autoryzowani użytkownicy mogą odszyfrować klucz symetryczny, a tym samym uzyskać dostęp do danych. SSH, TLS, IPSEC i inne podobne protokoły transmisji mogą być używane do zarządzania połączeniem między węzłami. Ponieważ jednak dane przechowywane w pamięci Cloud@Home są zaszyfrowane, nie jest konieczne korzystanie z bezpiecznego kanału do przesyłania danych, można użyć bardziej wydajnego protokołu, takiego jak BitTorrent. Bezpieczny kanał jest wymagany do wysyłania i odbierania niezaszyfrowanych wiadomości i danych do/od zdalnych hostów. Po wprowadzeniu architektury funkcjonalnej Cloud@Home należy scharakteryzować bloki realizujące tak zidentyfikowane funkcje. Bloki te zostały przedstawione w warstwowym modelu, który przedstawia strukturę rdzenia całego systemu implementującego po stronie serwera Cloud@Home, z podziałem na podsystemy zarządzania i zasobów.



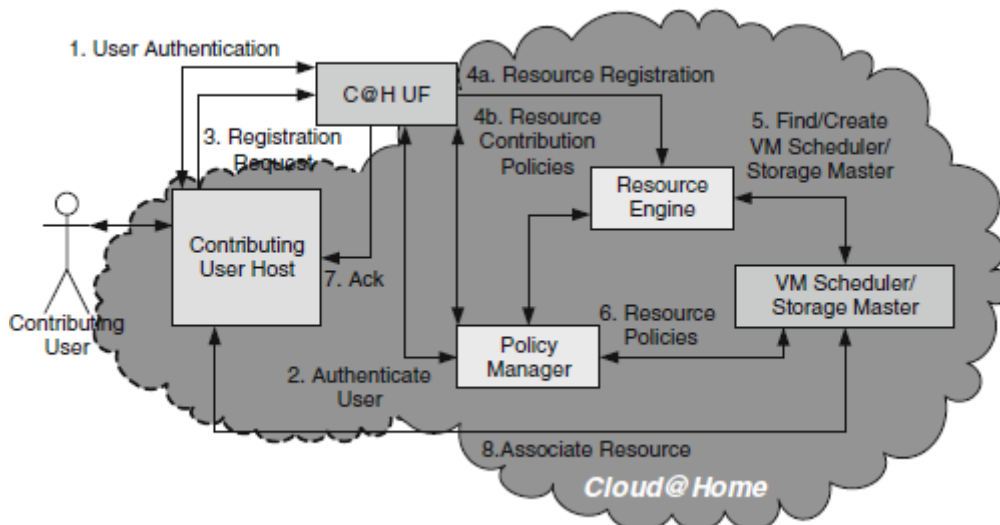
### Podsystem Zarządzania

Aby zarejestrować i zarządzać rozproszonymi zasobami i usługami Chmury, zapewniając unikalny punkt dostępu do nich, konieczne jest przyjęcie scentralizowanego podejścia, które jest realizowane przez podsystem zarządzania. Składa się z czterech części: interfejsu użytkownika (UF), brokera Cloud, silnika zasobów i menedżera polityk. Interfejs użytkownika zapewnia narzędzia do interakcji Cloud@Home-User. Zbiera i zarządza żądaniami użytkowników wysyłanymi przez różne typy klientów (klient frontendowy, Web 2.0 i niskopoziomowy interfejs SOAP/RESTWeb). Wszystkie takie żądania są przesyłane do bloków tworzących podstawową warstwę (silnik zasobów, broker Cloud i menedżer polityk) w celu przetworzenia. Broker chmurowy zbiera i zarządza informacjami o dostępnych Chmurach i usługach, które dostarczają (zarówno parametry funkcjonalne, jak i нефункционалне, takie jak QoS, koszty, niezawodność, specyfikacje formatów żądań dla tłumaczy Cloud@Home-Foreign Clouds, itp.).

Menedżer polityki zapewnia i wdraża funkcje dostępu do chmury. To zadanie mieści się w zakresie bezpieczeństwa identyfikacji, uwierzytelniania i zarządzania uprawnieniami. Aby osiągnąć ten cel, menedżer zasad korzysta z infrastruktury opartej na PKI, urządzeniach z kartami inteligentnymi i Urzędzie Certyfikacji. Menedżer polityk zarządza również informacjami o politykach i wymaganiach QoS użytkowników. Silnik zasobów jest sercem Cloud@Home. Odpowiada za zarządzanie zasobami, odpowiednik brokera zasobów Grid w szerszym środowisku Cloud. Aby osiągnąć ten cel, aparat zasobów stosuje zasady hierarchiczne. Działa na wyższym poziomie, w sposób scentralizowany, indeksując wszystkie zasoby Chmury. Żądania przychodzące są delegowane do planistów VM lub masterów pamięci masowej, które w sposób rozproszony zarządzają odpowiednio zasobami obliczeniowymi lub pamięciowymi, koordynowanymi przez silnik zasobów. W celu zarządzania politykami QoS i wykrywania zasobów silnik zasobów współpracuje zarówno z brokerem Cloud, jak i menedżerem polityk, jak pokazano na rysunku, pokazując interakcje krok po kroku między takimi blokami.



Po uwierzytelnieniu w systemie (kroki 1 i 2) użytkownik końcowy określa swoje wymagania (krok 3), zapisane przez zarządcę polityk (krok 4). Następnie inicjowane są negocjacje między dwiema stronami (krok 5), iteracyjnie wchodząc w interakcję z użytkownikiem końcowym, aż do spełnienia umowy (SLA). To zadanie jest podzielone na dwa równoległe podzadania: pierwsze (krok 5a), wykonywane przez menedżera polityki pod nadzorem silnika zasobów, szacuje i ocenia wymagania QoS żądania; ten ostatni (etap 5b), wykonywany przez silnik zasobów, wykrywa zasoby i usługi do wykorzystania. Oba podzadania mogą wymagać współpracy brokera Cloud, który szuka innych chmur, które są w stanie zapewnić zasoby i usługi w celu spełnienia wymagań SLA/QoS. Rysunek przedstawia interakcję między współpracującym użytkownikiem, który chce udostępnić swoje zasoby w chmurze, a systemem zarządzania Cloud@Home.



Użytkownik uwierzytelniony przez menedżera polityk Chmury (kroki 1 i 2) wysyła żądanie zarejestrowania zasobów i usług do frontendlu użytkownika (krok 3), określając również polityki ich używania. Sortuje żądanie w silniku zasobów (krok 4a), a ograniczenia i zasady w menedżerze polityk (krok 4b). Następnie aparat zasobów wyszukuje program planujący VM lub pamięć główną, do której takie zasoby/usługi mają być przypisane (krok 5), współpracując z menedżerem zasad. Może również utworzyć nowy planista/master pamięci masowej VM, jeśli uzyskane wyniki wyszukiwania nie spełniają wymagań. Po zidentyfikowaniu programu planującego/głównego menedżer zasad kontaktuje się z nim w celu wymiany zasad i specyfikacji zasobów. Następnie silnik zasobów wysyła potwierdzenie i

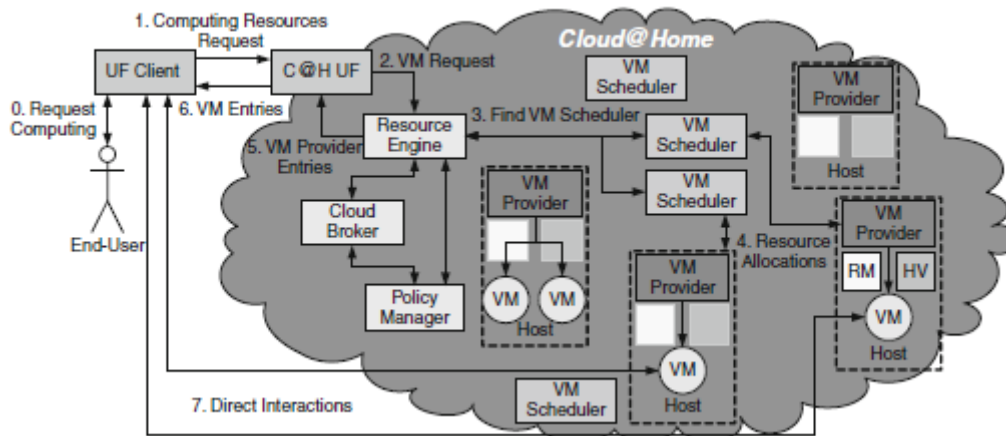
odniesienie do programu planującego/głównego do współtworzącego hosta (krok 7), który sygnalizuje swoją dostępność i aktualny stan (krok 8).

### **Podsystem zasobów**

Podsystem zasobów zawiera wszystkie bloki implementujące lokalne i rozproszone funkcje zarządzania Cloud@Home. Ten podsystem można logicznie podzielić na dwie części oferujące różne usługi w tych samych zasobach: chmurę wykonawczą i chmurę pamięci masowej. Podsystem zarządzania łączy je, zapewniając unikalną chmurę, która może oferować zarówno usługi wykonawcze, jak i usługi przechowywania. Chmura wykonawcza udostępnia narzędzia do zarządzania maszynami wirtualnymi zgodnie z żądaniami użytkowników i wymaganiami płynącymi z podsystemu zarządzania. Składa się z czterech bloków: harmonogramu VM, dostawcy VM, monitora zasobów i hiperwizora. VM Scheduler jest brokerem zasobów peryferyjnych infrastruktury Cloud@Home, do którego silnik zasobów deleguje zarządzanie zasobami obliczeniowymi/wykonawczymi i usługami Chmury. Ustala, które, co, gdzie i kiedy przydzielić VM, a ponadto odpowiada za przenoszenie i zarządzanie VM usługą. Z punktu widzenia użytkownika końcowego maszyna wirtualna jest alokowana gdzieś w chmurze, dlatego jej migracja jest niewidoczna dla użytkownika końcowego, który nie jest świadomy mechanizmu migracji maszyny wirtualnej. Powiązanie między zasobami a harmonogramem odbywa się lokalnie. Ponieważ planista może stać się wąskim gardłem, jeśli system się rozrasta, aby uniknąć przeciążenia, można wdrożyć dalsze zdecentralizowane i rozproszone algorytmy planowania. Możliwe strategie i triki na zmierzenie się z problemem to:

- wdrożenie hierarchii programów planujących z charakterystyką geograficzną (lokalna, strefa, obszar, region itp.);
- replikujące programy planujące, które mogą komunikować się ze sobą w celu synchronizacji;
- planowanie autonomiczne.

Dostawca maszyny wirtualnej, monitor zasobów i hiperwizor są odpowiedzialni za zarządzanie maszyną wirtualną lokalnie do zasobu fizycznego. Dostawca maszyny wirtualnej eksportuje funkcje przydzielania, zarządzania, migracji i niszczenia maszyny wirtualnej na odpowiednim hoście. Monitor zasobów pozwala przejąć kontrolę nad lokalnymi zasobami obliczeniowymi, zgodnie z wymaganiami i ograniczeniami wynegocjowanymi w fazie konfiguracji z użytkownikiem wnoszącym wkład. Jeśli podczas wykonywania maszyny wirtualnej lokalne zasoby ulegną awarii lub staną się niewystarczające do dalszego działania maszyny wirtualnej, monitor zasobów poprosi program planujący o migrację maszyny wirtualnej w inne miejsce. Rysunek przedstawia proces żądania i alokacji zasobów obliczeniowych w środowiskach Cloud@Home.



Cały proces jest koordynowany przez silnik zasobów, który szacuje żądania i wymagania przesłane przez użytkownika końcowego (kroki 0,1 i 2), uprzednio uwierzytelnione, a zatem ocenia i wybiera odpowiednie programy planujące (krok 3). Każdy z takich harmonogramów z kolei przydziela zasoby fizyczne, które będą hostować maszynę wirtualną (krok 4). Punkty dostępu takich zasobów są następnie przekazywane z powrotem do użytkownika końcowego (kroki 5 i 6) i w konsekwencji obie strony łączą się i mogą bezpośrednio współdziałać (krok 7). Aby wdrożyć chmurę pamięci masowej, określamy system plików Cloud@Home (FS), przyjmując podejście podobne do systemu Google FS. Cloud@Home FS dzieli dane i pliki na porcje o stałym lub zmiennym rozmiarze, w zależności od dostępnego zasobu pamięci. Architektura takiego systemu plików jest hierarchiczna: porcje danych są fizycznie przechowywane u dostawców porcji, a odpowiadające im wzorce pamięci masowej indeksują porcje za pomocą określonych indeksów plików (FI). Master pamięci jest serwerem katalogowym, indeksującym dane przechowywane w powiązanych dostawcach porcji, bezpośrednio łączy się z silnikiem zasobów, aby wykryć zasoby przechowujące dane. W tym kontekście mechanizm zasobów może być traktowany jako serwer katalogów indeksujący wszystkie mastery pamięci masowej. Aby poprawić niezawodność chmury pamięci masowej, należy zreplikować wzorce pamięci masowej. Ponadto dostawca porcji może być powiązany z więcej niż jednym wzorcem pamięci masowej. Aby uniknąć wąskich gardeł w pamięci masowej, po zlokalizowaniu dostawców porcji, transfery danych są realizowane poprzez bezpośrednie połączenie użytkowników końcowych i dostawców porcji. Podobne techniki do tych omówionych w przypadku harmonogramów maszyn wirtualnych można zastosować do masterów pamięci masowej w celu poprawy wydajności i niezawodności chmur pamięci masowej. Dostawcy porcji fizycznie przechowują dane, które, jak wskazano powyżej, są szyfrowane w celu osiągnięcia celu poufności. Niezawodność danych można poprawić, replikując porcje danych i dostawców porcji, a w konsekwencji aktualizując odpowiednie wzorce pamięci masowej. W ten sposób uszkodzona porcja danych może zostać automatycznie odzyskana i przywrócona przez mastery pamięci masowej bez angażowania użytkownika końcowego. Podobnie do chmury wykonawczej, chmura pamięci masowej może być zaimplementowana, jak pokazano na rys. 25.8: żądanie we/wy danych użytkownika końcowego do chmury (kroki 0 i 1) jest dostarczane do silnika zasobów (krok 2), który lokalizuje elementy nadrzędne pamięci zarządzające dostawcami porcji, w których dane są przechowywane lub będą przechowywane (etap 3), i przesyła z powrotem listę dostawców porcji i indeksy danych do użytkownika końcowego (etap 4, 5 i 6). W ten sposób użytkownik końcowy może bezpośrednio wchodzić w interakcję z przypisanymi dostawcami porcji przechowującymi jego/jej dane (krok 7).

**Gotowy na Cloud@Home?**

Zaproponowaliśmy innowacyjny paradygmat obliczeniowy łączący wkład wolontariuszy i podejścia chmurowe w Cloud@Home. Ta propozycja stanowi rozwiązanie do budowania Chmur, zaczynając od heterogenicznych i niezależnych węzłów, nieprzyjętych specjalnie do tego celu. Może to wprowadzić uogólnienie zarówno wolontariatu, jak i przetwarzania w chmurze poprzez agregowanie możliwości obliczeniowych wielu małych systemów o niskim poborze mocy, wykorzystując efekt długiego ogona przetwarzania. W ten sposób Cloud@Home otwiera świat Cloud computing dla ośrodków naukowych i akademickich, a także dla społeczności lub pojedynczych użytkowników: każdy może dobrowolnie wspierać projekty dzieląc się swoimi zasobami. Z drugiej strony otwiera rynek usług użytkowych dla pojedynczego użytkownika, który chce sprzedać swoje zasoby obliczeniowe. Aby zrealizować tę szerszą wizję, należy odpowiednio uwzględnić kilka kwestii: niezawodność, bezpieczeństwo, przenośność zasobów i usług, interoperacyjność między chmurami, QoS/SLA oraz modele i polityki biznesowe. Niezbędne jest wspólne zrozumienie, ontologia, która ustala metryki i koncepcje, takie jak zasoby, usługi, a także ogólne parametry funkcjonalne i niefunkcjonalne chmury (QoS, SLA, format ekspozycji itd.), które należy przełożyć na określone standardy interoperacyjności. Podstawowe aspekty, które należy wziąć pod uwagę, to niezawodność i dostępność: w heterogenicznej chmurze możemy mieć zasoby wysoce niezawodne i dostępne, takie jak serwery NAS i/lub komputerowe, oraz ledwo niezawodne i dostępne, takie jak tymczasowi współpracownicy połączeni tylko przez kilka godzin. Cloud@Home musi brać pod uwagę takie parametry, określając odpowiednie polityki optymalizacji ich zarządzania.