

Życie w pamięci RAM – ewolucja cyber-organizmów

Od tysiący lat ludzi fascynowały trzy problemy: powstanie wszechświata, natura życia i istota świadomości. Jedną z podstawowych trudności na jakie napotykamy przy rozwiązywaniu takich problemów jest unikalność badanych obiektów. Jak sama nazwa implikuje wszechświat jest jeden. Z kolei znamy tylko formy życia jakie pojawiły się na Ziemi, oparte na związkach węgla i złożonych reakcjach autokatalitycznych. Nie znamy innych inteligentnych istot niż ssaki i do końca nie potrafimy powiedzieć jakie są atrybuty świadomości.

Nie koniec na tym. Jednym z naszych marzeń jest poznanie innej cywilizacji i nie są to marzenia zupełnie płonne. Nic nie wskazuje na to, że życie musi być ograniczone do naszej planety czy też, że nasz układ planetarny ze Słońcem jest w jakiś szczególny sposób wyróżniony we Wszechświecie. Oznacza to, że nie ma podstaw by sądzić, że jesteśmy samotni we Wszechświecie. Niemniej nieubłagane prawa fizyki, które znamy obecnie (skończona prędkość światła), pokazują jasno, że ET (znany z filmu Spielberga) do nas nie przyleci ani my nie wyrwiemy się z naszego układu planetarnego. Ten stan rzeczy może jednak ulec zmianie.

W latach 80-tych ekolog, Thomas Ray, świeżo upieczony absolwent Uniwersytetu Harvarda zadał sobie pytanie: Czy można stworzyć program komputerowy, który miałby cechy życia? Pytanie takie stawiali sobie już inni przed nim, ale Ray jako pierwszy znalazł na nie odpowiedź. W 1990 roku Thomas Ray dokonał rzeczy niezwyklej. Stworzył w swoim komputerze mały wszechświat, w którym umieścił krótkie programy komputerowe zdolne do replikacji. Programy te mutowały, ewoluowały i miały swoisty "metabolizm" w którym rolę energii odgrywał czas procesora (CPU) a materii – pamięć RAM. Czy replikacja, mutacje, ewolucja i metabolizm wystarczą, żeby mówić o życiu? Brakuje jeszcze jednego elementu w tej układance a mianowicie kierunek ewolucji. Już w latach 60-tych pojawiły się tzw. algorytmy

genetyczne służące do zoptymalizowania pewnych zagadnień praktycznych n.p. zoptymalizowania przełączania rozmów w sieciach telefonicznych British Telecom. Algorytmy te miały stałą długości w pamięci komputera i ewoluowały według planu z góry założonego przez programistę. Jeśli ich zadaniem była poprawa komunikacji na łączach telefonicznych to programista tak dobierał warunki symulacji aby te algorytmy, które najlepiej spełniały taką funkcję replikowały się a reszta była kasowana. Taki typ ewolucji przebiega pod dyktando twórcy i raczej nie prowadzi do bogatego ekosystemu. Przypomina w pewnym sensie hodowlę koni lub psów a nie ewolucję Darwina. W przypadku Tierry, bo tak nazwał swój symulator Thomas Ray, ewolucja przebiegała bez z góry określonego celu, czyli w założeniu wszystko było możliwe. W tym sensie Tierra jest modelem służącym za wzór ewolucji Darwina w komputerze.

Tierra jest równocześnie systemem operacyjnym i językiem programowania. Całość została napisana w binarnym języku programowania niskiego poziomu Assemblerze. Całkowita ilość instrukcji jakie Ray przyjął w swoim algorytmie była równa 32, każda składała się z 5 binarnych liter (0 lub 1). Ray nie chciał używać wielu instrukcji ponieważ wzorował się na życiu na naszej planecie. Jak wiemy wszystkie białka składają się z 20 aminokwasów kodowanych w DNA w trzyliterowych słowach (patrz Komputer z Probówki Wiedza i Życie..). Całkowita ilość słów jest równa 64. Rozumowanie Raya było takie, że skoro życie na naszej planecie potrzebuje tylko 64 instrukcji to życie w komputerze nie potrzebuje ich więcej. Mutujące i ewoluujące programy to najbardziej złośliwe wirusy komputerowe jakie można w chwili obecnej sobie wyobrazić, dlatego Ray na miejsce akcji nie wybrał całego komputera z jego twardym dyskiem, ale tylko pamięć RAM. W ten sposób ewoluujące programy nie mogły nigdy zatkać twardego dysku czy zniszczyć danych. Żyły w wirtualnym świecie pamięci RAM, z którego nie mogły uciec. Typowe wirusy

komputerowe są to krótkie programy, które generalnie mogą się kopiować na dysku dopóki go nie zatkają, kasując przy tym zbiory użytkowników. Jednak te tzw. wirusy nie są zdolne do mutacji czyli do zmiany swoich instrukcji. Programy Raya mają taką możliwość, przy czym mutacje polegają na przypadkowych zmianach bitów z 0 na 1 lub odwrotnie. Jest to jeden z powodów dla których całość została napisana w kodzie binarnym. W językach wysokiego poziomu takie swobodne manipulowanie programem z reguły prowadzi do jego kompletnej dysfunkcyjności.

Ray użył 60 kB pamięci RAM gdzie umieścił kilkaset programów. Każdy z nich, zwany przodkiem, składał się z 80 identycznych instrukcji. Kawalki programu były adresowane poprzez zawartość, podobnie jak się to dzieje w biologii (patrz Komputer z próbówki). Taki sposób adresowania zapewnia, że dany program nie musi mieć w sobie mapy całego cyber eko-systemu oraz, że fizyczna przestrzeń pamięci RAM (adresowana w normalnych komputerach) nie odgrywa żadnej roli w cybernetycznej ewolucji. Dzięki adresowaniu zawartością programy miały możliwość odczytywania i wykonywania części programów swoich sąsiadów, których jednak nie mogły kasować. Program wpierw znajdował swój początek i koniec. Następnie mając te dane mierzył swoją długość. Potem znajdował wolne miejsce w pamięci RAM i się kopiował. Gdy pamięć była zajęta w 80% wtedy do akcji wkraczała śmierć (nazwana reaper czyli "rozpruwacz"), która kasowała z pamięci te programy, które w czasie swojego życia popełniły najwięcej błędów przy kopiowaniu, lub wykonywania innych części swojego algorytmu. Na rysunku pierwszym widać artystyczną wizualizację Thierry (autorstwo: Anti-Gravity Workshop). Niebieskie i zielone bryły to programy, błyskawice oznaczają przypadkowe mutacje a nad wszystkim widać śmierć czyli "rozpruwacza". Małe światelka nad programami pokazują czas procesora, który został im przyznany. Na drugim rysunku artystyczne przedstawienie pojedynczego programu mierzącego swoją długość przy wykorzystaniu czasu procesora,

sora (zielone światelko).

Thomas Ray puścił w ruch ten miniwszechświat na kilka godzin, w czasie których zostało wykonane kilka miliardów instrukcji. Analiza wyników zajęła mu ponad miesiąc. Po pierwsze zadziwiająca była różnorodność programów, które powstały w wyniku ewolucji. Ray zaobserwował ponad 1000 klas programów, przy czym dana klasa skupiała wszystkie programy o danej ilości instrukcji. Oczywiście każda klasa składała się z wielu programów o różnych instrukcjach (cyber-genotypów). W sumie otrzymał około 29 000 cyber-genotypów. Organizmy ewoluowały w kierunku zoptymalizowania własnej replikacji. Pierwszy program o długości 80 instrukcji potrzebował około 839 jednostek CPU aby się skopiować, a ewolucja doprowadziła do powstania programu o długości 22 instrukcji o czasie kopiowania 149 jednostek CPU. W wyniku przypadkowych mutacji jeden z programów utracił swoją procedurę kopiowania. Aby przetrwać wykorzystywał procedurę kopiowania sąsiadów. Tak powstał pierwszy pasożyt, który do wykonania swojej kopii potrzebował innych programów (rysunek 3. pokazuje jak pasożyt (niebieski) wykorzystuje program z pełną procedurą kopiowania aby się skopiować). Nie trzeba było długo czekać na super-pasożyty (rysunek 4. pokazuje jak super-pasożyt (czerwona bryła) sam się kopiuje a równocześnie wykorzystuje pasożyta (niebieska bryła) żeby ten go skopiował jeszcze raz przy wykorzystaniu instrukcji normalnego programu). W wyniku działania super-pasożytów pasożyty wyginęły. Dalsza ewolucja postępowała w kierunku powstania krótkich programów, które replikowały się tylko w grupie, nawzajem wykorzystując własne instrukcje. Takie kolonie programów były od czasu do czasu niszczone przez specjalny typ pasożytów. Programy czyniąc proces swego kopiowania optymalnym niezwykle skomplikowały swój pierwotny wewnętrzny zbiór instrukcji. Ciekawy jest fakt, że układ w którym początkowo programy nie oddziaływały przewoluował w stronę bardzo silnych zależności pomiędzy programami

w cyber-ekosystemie. Ta obserwacja jest niezwykle istotna. Wszelkie więzy w programie Tierra wynikały w każdej chwili ewolucji z całego cyber-ekosystemu i zmieniały się wraz z nim. Programy dostosowywały się do innych programów. Podobnie, początków życia na ziemi można szukać w dopasowywaniu się replikujących cząsteczek chemicznych do innych cząsteczek a nie do konkretnego środowiska fizycznego. Tak naprawdę programy Tierry bardziej przypominają samoodtworzące się duże cząsteczki chemiczne jak RNA niż złożone organizmy jednokomórkowe. Nie ma się co dziwić prostocie cyber-organizmów Tierry; pamięć RAM przydzielona cyber-organizmom była malutka a sam system składał się w każdej chwili ewolucji z co najwyżej kilkuset cyber-organizmów. Dla porównania, w organizmach jednokomórkowych występuje wiele milionów protein, nie licząc innych cząsteczek biologicznych.

Tierra to dopiero początek drogi, która w przyszłości może (choć nie musi) doprowadzić nas do zrozumienia generycznych cech życia, odkryciu świadomości w komputerze i spotkania wymarzonego ET, tym razem jednak z Internetu a nie z kosmosu. Przewaga ewolucji w komputerze nad ewolucją biologiczną tkwi w czasie charakterystycznym dla każdej z nich. Ta pierwsza może być miliony razy szybsza niż druga, co oznacza że przyszłość badań nad życiem może przesunąć się z nauk biologicznych do informatyki i cyber-biologii (która jeszcze nie istnieje jako gałąź nauki). Więcej informacji o programie Tierra i jej jej wersji internetowej można znaleźć na stronie <http://www.hip.atr.co.jp/~ray/tierra/>.

Robert Hołyst

Instytut Chemii Fizycznej PAN i Szkoła Nauk Ścisłych.