

Programowanie Persistent Memory

Pojęcie „Persistent Memory” opisuje technologię, która pozwala programom na bezpośredni dostęp do danych (ang. *byte-addressable*) oraz których treść pozostaje zapisana nawet w przypadku odłączenia zasilania. Ma ona zatem pewne cechy pamięci i dysku, lecz zazwyczaj nie zastępuje całkowicie żadnego z nich. Zamiast tego powinna być traktowana jako osobny, trzeci rodzaj pamięci. Takie użycie daje wiele nowych możliwości, szczególnie w kontekście big data, serwerów, wirtualizacji czy też środowiska cloud. Zestandaryzowany nowy model programowania w wielu aspektach może być nieoczywisty.

I HIERARCHIA PAMIĘCI KOMPUTEROWEJ

Hierarchia pamięci komputera (ang. *storage hierarchy*) wydziela różne nośniki danych, stosując średni czas odpowiedzi (ang. *latency*) jako główne kryterium. Istnieją również inne kryteria definiujące nośniki danych, takie jak pojemność (ang. *capacity*), cena (wyrażona w jednostce pieniężnej na jednostkę wielkości danych), nielotność (dane mogą zniknąć albo przetrwać odcięcie medium od zasilania) czy też granularność dostępu do danych. Poszczególne parametry nośnika danych często są ze sobą skorelowane, na przykład powszechną regułą jest, że cena rośnie wraz z szybkością dostępu, jednocześnie maleje wraz ze zmianą typu nośnika (wzrostem charakterystycznej dla niego gęstości danych). Zależności te zilustrowano na Rysunku 0.

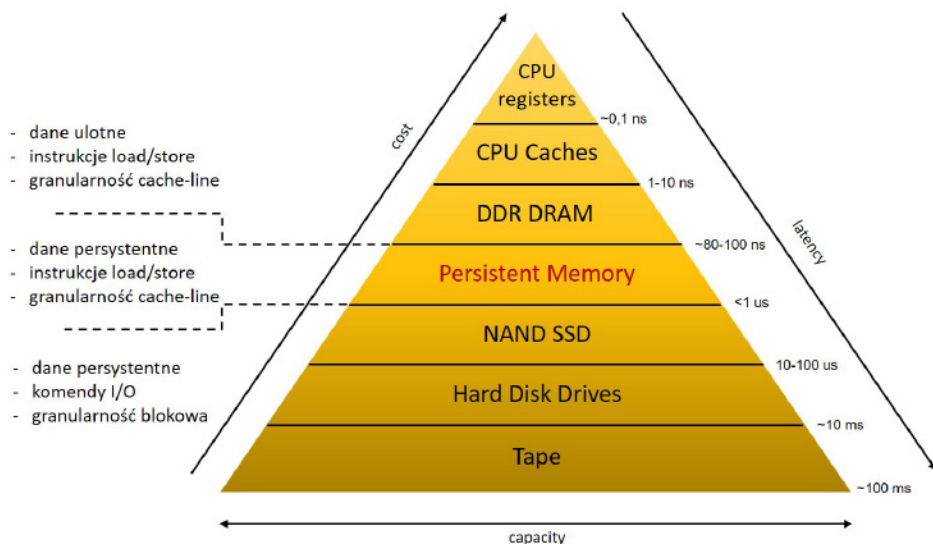
Powyższy model ewoluował przez ostatnie kilka dekad, a w ostatnich kilkunastu latach wytworzył wyraźną lukę pomiędzy pamięcią operacyjną a dyskami twardymi. Różnice *latency* wyrażone w nano, mili i mikrosekundach z punktu widzenia percepcji ludzkiego mózgu są niemal tym samym. Żeby lepiej zrozumieć skalę różnic na poniższym diagramie, założmy, że średni czas odpowiedzi rejestru procesora trwa 1 sekundę. W tej skali dostęp do pamięci operacyjnej będzie trwać 4 minuty, a dysku SSD od 1 do 4 dni. W celu wyeliminowania powstałej luki, na rynku pojawiły się w tym roku [0] tech-

nologie związane z Persistent Memory (uwzględnione na diagramie) takie jak Intel® Optane™ DCPMM. Technologia jest więc zupełnie nowa i pozostaje źródłem wielu badań i eksperymentów.

II NOWY MODEL PROGRAMOWANIA

Charakterystyka Persistent Memory, w szczególności natywna persystencja, granularność dostępu do danych na poziomie bajtów, *latency* zbliżone do parametrów pamięci operacyjnej oraz pojemność liczona w setkach gigabajtów (a nawet terabajtów) sprawiają, że na rynku pojawia się nowe, elastyczne rozwiązanie, zwłaszcza w obszarze zagadnień związanych z serwerami. Wprowadzenie zmian do istniejącej aplikacji w celu wykorzystania wszystkich parametrów pamięci nielotnej może okazać się w niektórych przypadkach trudne. Dlatego producenci udostępniają kilka różnych trybów użycia swojego medium [1].

Przykładem transparentnego (z punktu widzenia aplikacji) trybu jest tzw. *Memory Mode* dostępny w Intel® Optane™ DC Persistent Memory. W tym trybie fizyczna pamięć Persistent Memory jest widoczna dla systemu operacyjnego jako dodatkowa pula pamięci ulotnej. Tradycyjny DRAM jest traktowany jako *cache* dla Persistent Memory, natomiast migracja danych między DRAM a Persistent Memory jest zarządzana przez *memory controller* i w zależności od specyfiki



Rysunek 0. Piramida ilustrująca hierarchię pamięci komputera