



ZAMKNIĘCI W ŚWIECIE MYŚLI

Katarzyna Łukaszewska

Sięgając po kubek kawy, otwierając okno czy włączając komputer nie zastanawiamy się, jak potężna i skomplikowana machina umożliwia nam wykonanie tych prostych, codziennych czynności. Nie zdajemy sobie też sprawy, jakim piekłem jest niemożność ich wykonania.

Żebyśmy mogli skosztować espresso, najpierw nasz mózg złożony z miliardów neuronów musi podjąć decyzję o poruszeniu ręką, chwyceniu filiżanki i podniesieniu jej do ust. Decyzję tę wykonują mięśnie. Łącznikiem między jednym a drugim są motoneurony. Ruch mięśni jest też elementem każdego rodzaju komunikacji – w mowie będą to mięśnie krtani, u pacjentów częściowo sparaliżowanych, którzy porozumiewają się za pomocą mrugania oczami – mięśnie powiek.

Stwardnienie zanikowe boczne (ALS) to nieuleczalna choroba, w której motoneurony stopniowo przestają działać. W skrajnej postaci pacjent traci kontrolę nad wszystkimi mięśniami, nie może się poruszać, a jednocześnie nie jest w stanie w żaden sposób komunikować się ze światem zewnętrznym. Jego mózg funkcjonuje normalnie – chory myśli i czuje. Dzięki postępowi medycyny – sztucznemu oddychaniu i karmieniu paliatywnemu – może być latami utrzymywany przy życiu.

Wysiłki naukowców koncentrują się na umożliwieniu pacjentom kontaktu z otoczeniem. Ratunkiem dla chorych może być rozwój badań nad BCI (brain-computer interface), czyli interfejsami mózg-komputer. – Szukamy odpowiedzi na pytanie, jak proste intencje powstające w mózgu – na przykład ruch ręką czy koncentracja uwagi na migającym symbolu – przekazać do komputera – mówi dr hab. Piotr Durka, prof. UW, kierownik Zakładu Fizyki Biomedycznej, pionier polskich badań nad BCI. Zespoły badawcze pracują nad tworzeniem urządzeń i algorytmów opartych o sygnał odczytywany z powierzchni głowy, zwany elektroencefalogramem (EEG), będący elektrycznym śladem zachodzących w mózgu procesów.

TŁUMACZ MYŚLI

Współczesne urządzenia BCI działają na trzy główne sposoby. W pierwszych dwóch, opartych na tzw. potencjałach wywołanych, wykorzystywana jest możliwość odczytania w EEG procesów selektywnej uwagi. W paradygmacie opartym o potencjał P300, skupienie uwagi na jednym z migających bodźców widoczne będzie w zapisie EEG, jako potencjał powtarzający się w chwili mignięcia danego bodźca. W drugim paradygmacie, opartym na potencjałach wzrokowych stanu ustalonego, bodźcami mogą być np. litery migające

z różną częstotliwością. – Jeśli na ekranie komputera mamy dwa kwadraty, z których jeden miga 22 a drugi 27 razy na sekundę, skoncentrowanie uwagi na jednym z nich będzie widoczne w EEG. Odczytamy z niego taką samą częstotliwość, jaką przypisano wybranemu kwadratowi, a więc 22 lub 27 Hz – tłumaczy prof. Durka. Oba sposoby angażują wzrok i nie oznaczają bezpośredniego tłumaczenia intencji. Możliwość taką daje trzecia metoda, oparta na odczycie intencji ruchu. – Chory wyobraża sobie ruch prawą ręką, a wtedy sterowany komputerem wózek inwalidzki skręca w prawą stronę. Odczyt takiej intencji z EEG jest bardziej skomplikowany matematycznie i najtrudniejszy w realizacji, gdyż wymaga treningu i indywidualnego dopasowywania algorytmów – wyjaśnia naukowiec.

Najtrudniejszym etapem badań jest zinterpretowanie zebranych z mózgu sygnałów i odszyfrowanie z nich intencji. – Jeśli uda nam się opanować umiejętność odczytywania intencji, będziemy mogli umożliwić niepełnosprawnym wykonywanie dowolnych czynności. Kolejne etapy to już czysta informatyka – teoria interfejsów, rozumianych jako urządzenia pozwalające na połączenie ze sobą dwóch innych urządzeń. Nie będzie miało znaczenia, czy komputer będzie odpowiadał za poruszanie wózkiem inwalidzkim, pisanie listów czy włączanie telewizora – wyjaśnia prof. Durka. – Na chwilę obecną koncentrujemy się na umożliwieniu podstawowej komunikacji, której chorzy najbardziej potrzebują. Docelowo chcielibyśmy, żeby nasz interfejs umożliwiał chorym pełną obsługę systemu operacyjnego – tłumaczy.

W 2008 roku na Wydziale Fizyki UW zorganizowano pierwszy w Polsce pokaz działania interfejsu mózg-komputer. – Wtedy strzeliliśmy bramkę kontaktową. Jedynie odtworzyliśmy to, co zrobiono już wcześniej na świecie. Nie było to żadne osiągnięcie – przyznaje prof. Durka. – Skoro jednak udowodniliśmy, że potrafimy, przyszedł czas, żeby poważnie zająć się tematem – wspomina. – Kolejne ministerstwa RP siedmiokrotnie odmówiły finansowania naszych badań – dodaje. Jednak od 2008 roku jego zespół uczestniczy w międzynarodowym projekcie „BRAIN – BCIs with Rapid Automated Interfaces for Nonexperts”, finansowanym ze środków 7. programu ramowego UE.

W 2009 roku nasi fizycy dołączyli do światowej czołówki konstruując własne urządzenie BCI z nowatorskim na skalę światową sprzętowym rozwiązaniem generacji bodźców. W tej chwili są jedną z trzech grup na świecie, rozwijających wolne oprogramowanie do systemów BCI. – Za swój obowiązek uznaję utrzymanie kontaktu z czołówką światową. Nie możemy doprowadzić do sytuacji, w której będziemy musieli kupować technologię BCI za granicą, ona powinna być dostępna i rozwijana w Polsce – przekonuje prof. Durka.

FIZYK POTRAFI WSZYSTKO

Kolejne pokazy interfejsów mózg-komputer oraz nagłaśnianie sukcesów uniwersyteckich fizyków rozbudziły nadzieje wielu niepełnosprawnych. – Po początkowych sukcesach zaczęliśmy sobie uświadamiać, że mogą minąć lata, zanim nasze osiągnięcia pozwolą pomóc osobom znajdującym się w tragicznym stanie. Jednocześnie byliśmy świadomi, że w wielu przypadkach stosowanie stosunkowo drogich, skomplikowanych i podatnych na błędy systemów BCI to jak strzelanie z armaty do wrobla – tłumaczy prof. Durka, odnosząc się do sytuacji osób, u których choroba nie unieruchomiła wszystkich mięśni. – BCI jest jedyną szansą dla ludzi w stanie całkowitego zamknięcia. Jednak jeśli chory jest w stanie kontrolować jakąkolwiek aktywność – oddech, ruch oka czy policzka, jak prof. Steven Hawking, to w oparciu o tę czynność mięśniową możemy stworzyć szybszy i stabilniejszy interfejs – tłumaczy fizyk.

W przypadku osób, które mogą poruszać oczami, doskonałym urządzeniem do komunikacji jest okulograf (ang. eyetracker). Eyetracking jest technologią znaną od lat. Wykorzystywany jest przede wszystkim w neuromarketingu – umożliwia badanie, który element reklamy najszybciej przykuwa wzrok konsumenta. – Osoby zdrowe poruszają kursorem na ekranie komputera za pomocą myszki trzymanej w dłoni. Chory może tym samym kursorem poruszać za pomocą okulografu sterowanego przez mięśnie oka – wyjaśnia naukowiec. Niestety koszt czulego eyetrackera, dostosowanego do badań psychologicznych, to kilkadziesiąt tysięcy złotych.

Rozwiązanie problemu przyszło przypadkiem. – Kilka miesięcy temu trafiliśmy na witrynę eyewriter.org, na której międzynarodowa grupa inżynierów i programistów z kilku firm i fundacji, głównie z USA, dzieli się wynikami wspólnego przedsięwzięcia, w ramach którego skonstruowali dla chorego na ALS artysty eyetracker, wykorzystując do tego zwykłą kamerę od konsoli PS3 – wspomina profesor. – Pomyślałem, że skoro oni potrafią, to my na pewno też: choć nigdy się czymś takim nie zajmowaliśmy, to z definicji „fizyk potrafi wszystko” – żartuje naukowiec. W dwa tygodnie zespół prof. Durki złożył podobne urządzenie. Oprogramowanie zostało zunifikowane z rozwijanym wcześniej systemem OpenBCI. Zamiast kilkudziesięciu tysięcy fizycy wydali sto kilkadziesiąt złotych. – Praca nad eyetrackerem nie była pracą sensu stricto naukową, była działalnością na marginesie badań nad BCI – wyjaśnia profesor. Choć wygląd i cel urządzeń są podobne, to od strony technicznej nie mają ze sobą wiele wspólnego, ponieważ w BCI wykorzystywany jest odczyt fal mózgowych, a w eyetrackerze odczyt ruchów gałki ocznej. – Okulograf jest dużo tańszy oraz prostszy w użyciu i oprogramowaniu niż BCI. Jest dzięki temu właściwym rozwiązaniem dla większej grupy osób – wyjaśnia.

Zbudowanie prototypu taniego eyetrackera to dopiero początek drogi. – Żeby naprawdę pomóc niepełnosprawnym należałoby założyć firmę i zacząć produkcję. Zamiast tego pomyślałem, że okulografy mogą robić studenci w ramach laboratoriów neuroinformatyki – mówi prof. Durka. Specjalność neuroinformatyka na Wydziale Fizyki UW została otwarta w 2009 roku. – To pierwsze na świecie studia kształcące neuroinformatyków od poziomu licencjatu, których program odpowiada światowym trendom – tłumaczy prof. Durka, który tworząc kierunek wykorzystał wiedzę i doświadczenia zdobyte w pracach International Neuroinformatics Coordination Facility. Studenci neuroinformatyki uczą się między innymi rejestracji i analizy sygnałów bioelektrycznych. – Koszt licencji potrzebnych do tego programów komputerowych to dziesiątki tysięcy dolarów, ale na UW po raz pierwszy w świecie studenci korzystają ze specjalnie przygotowanych systemów na licencji GPL: mogą legalnie analizować i modyfikować ich kod źródłowy, a po zakończeniu studiów wykorzystywać je bez dodatkowych kosztów w przyszłej działalności komercyjnej – opowiada profesor.

– Eyetracker jest prostszym niż BCI systemem, który studenci mogą już na poziomie licencjatu opanować w całości i naprawdę twórczo wiele do niego wnieść. Planujemy, że już w przyszłym semestrze, w ramach praktyk zawodowych, będą mogli dostosowywać oprogramowanie złożonych przez siebie na zajęciach okulografów do potrzeb pierwszych niepełnosprawnych – mówi profesor. – Sama konstrukcja okulografu jest stosunkowo prosta. Bardzo trudne jest natomiast dopasowanie algorytmów do potrzeb konkretnej osoby, bo każda niepełnosprawność wnosi inne problemy, mogą na przykład występować rozmaite spastyczności, czyli niekontrolowane zaburzenia ruchowe. Dopiero uczymy się rozwiązywać takie problemy z „prawdziwego życia” i tak dopasowujemy program studiów, żeby uszczelnienie wykształceni neuroinformatycy umieli sobie z nimi radzić nie gorzej niż my – tłumaczy prof. Durka.

Studenci kończący specjalność neuroinformatyka zdobędą wiedzę i praktyczne umiejętności dotyczące rejestracji i analizy EEG, a także znajomość oprogramowania, które będą mogli dostosowywać do swoich potrzeb. – Jest to idealny start do działalności gospodarczej – przekonuje prof. Durka. Za rok pierwszy absolwenci ukończą specjalność. – To będzie 18 świetnie wykształconych osób, może więc powstawać kilkanaście firm rocznie – dodaje z uśmiechem. ■

Więcej informacji o badaniach nad BCI prowadzonych na Wydziale Fizyki – w tym również zapisy wideo pokazów i audycji – znaleźć można na stronie Zakładu Fizyki Biomedycznej: <http://brain.fuw.edu.pl> i na stronach projektu <http://openbci.pl>. O kierunku neuroinformatyka przeczytać można na stronie: <http://neuroinformatyka.pl>.