

Internet Rzeczy

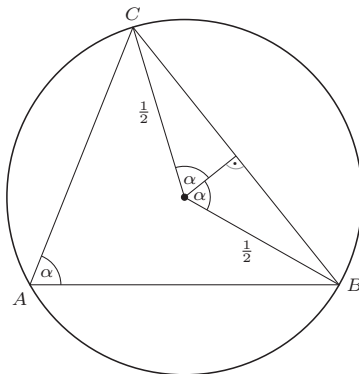
Konrad IWANICKI*

*Instytut Informatyki, Wydział
Matematyki Informatyki i Mechaniki,
Uniwersytet Warszawski

W latach czterdziestych ubiegłego wieku rząd w Londynie doszedł do wniosku, że do zaspokojenia potrzeb obliczeniowych całego Zjednoczonego Królestwa wystarczą jedynie dwa lub trzy komputery. Nieco ponad trzy dekady później, po niespełna pięciu latach oficjalnej działalności, firma z jabłuszkiem w logo zanotowała sprzedaż dwustutysięcznego komputera osobistego, co stanowiło jedynie kilkanaście procent ówczesnego rynku. Innymi słowy, postęp technologiczny sprawił, że w relatywnie krótkim czasie komputery zajmujące całe hale i ważące kilkadziesiąt ton uległy miniaturyzacji do skali pudełka na buty, przy jednoczesnym spadku ich ceny o kilka rzędów wielkości i wzroście mocy obliczeniowej. Tym samym urządzenia obliczeniowe zaczęły szturmem wdzierać się w różne aspekty naszego życia.

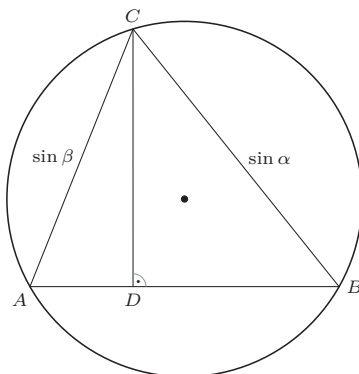
Ich rozprzestrzenianie stało się także jednym z katalizatorów stworzenia globalnej platformy wymiany informacji. Technologie sieciowe opracowywane w ramach projektu badawczego ARPANET, finansowanego od końca lat sześćdziesiątych z budżetu obronnego Stanów Zjednoczonych, zostały w latach siedemdziesiątych częściowo ujawnione, a instytucje akademickie dostały „zielone światło” na podłączenie się do prototypowej sieci. Między innymi w wyniku efektywnych, aczkolwiek niekoniecznie przykładowych działań nowych użytkowników, na początku lat osiemdziesiątych cywilna część sieci ARPANET została oddzielona od części wojskowej. Tak powstał załęczek globalnej sieci – Internetu.

Podpowiedź do rysunku 1 z Malej Delty



Sukcesywne podłączanie nowych użytkowników, dalszy rozwój technologiczny i decyzja o zezwoleniu na wykorzystywanie sieci do działalności komercyjnej doprowadziły do prawdziwej eksplozji Internetu w latach dziewięćdziesiątych. Rzesza firm zauważyła ogromny potencjał globalnej łączności do zwiększenia sprzedaży swoich produktów i usług, niejednokrotnie na niespotykaną wcześniej skalę. Nie tylko wpłynęło to na kompletną transformację istniejących modeli biznesowych, lecz także dało początek spółkom oferującym zupełnie nowe usługi. Internet stał się tym samym fundamentem rodzącej się cyfrowej gospodarki, rządzącej się jednak podobnymi prawami co tradycyjna, czego boleśnie doświadczyło wiele firm próbujących poprzez globalną sieć „rewolucjonizować” różne gałęzie handlu.

Podpowiedź do rysunku 5 z Malej Delty



Dalsza miniaturyzacja urządzeń obliczeniowych i rozwój technologii komunikacji bezprzewodowej doprowadziły w pierwszej dekadzie XXI wieku do powstania i upowszechnienia się smartfonów, dających właścicielom dostęp do zasobów Internetu praktycznie w dowolnym miejscu na Ziemi. Jednocześnie ogromną popularność zyskały serwisy społecznościowe pozwalające w prosty sposób dzielić się informacjami z zainteresowanymi ludźmi. Możliwość natychmiastowego pochwalenia się każdą „złotą myślą”, wyglądem aktualnie spożywanego posiłku, czy też zdjęciem z miejsca, w którym się znaleźliśmy oraz obserwowania, co w tym samym czasie robią nasi znajomi, zmieniła komunikację międzyludzką, przenosząc znaczną jej część ze świata rzeczywistego do cyfrowego świata Internetu. O tym, jak ważny stał się ten cyfrowy świat, świadczy choćby uchwała Organizacji Narodów Zjednoczonych z początku lipca 2016 r., którą można interpretować jako uznanie dostępu do Internetu podstawowego prawa człowieka.

Obecnie wielu z nas wykorzystuje Internet przez znaczną część doby, zarówno prywatnie, jak i w ramach obowiązków zawodowych. Podobnie wiele firm i instytucji nie mogłoby prowadzić swojej działalności bez globalnej sieci. Potwierdzeniem tych faktów jest choćby liczba użytkowników Internetu, która pod koniec czerwca ubiegłego roku szacowana była na niemal cztery miliardy, a zatem ponad połowę ziemskiej populacji. Wydawać by się więc mogło, że istotnie większy sukces może być trudny do osiągnięcia.

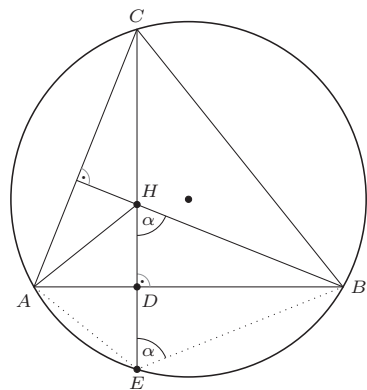
$$\frac{|DB|}{\sin \alpha} = \cos \beta,$$

$$\frac{|AD|}{\sin \beta} = \cos \alpha,$$

$$\sin \gamma = \sin(\pi - (\alpha + \beta)) = \sin(\alpha + \beta).$$

Podpowiedź do rysunku 6 z *Małej Delty*
 $|HC| = \cos \gamma = \cos(\pi - (\alpha + \beta)) =$
 $= -\cos(\alpha + \beta).$

Podpowiedź do rysunku 7 z *Małej Delty*



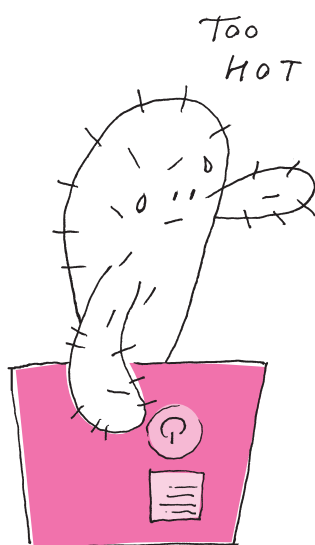
$|\sphericalangle CAB| = |\sphericalangle CEB| = \alpha$, bo są to kąty oparte na tym samym łuku, zatem
 $|DH| = |DE|$. Wówczas:
 $|\sphericalangle EBC| = \beta + (\frac{\pi}{2} - \alpha) = \frac{\pi}{2} - (\alpha - \beta)$,
 $|EC| = \sin \sphericalangle EBC = \sin(\frac{\pi}{2} - (\alpha - \beta)) =$
 $= \cos(\alpha - \beta).$

Jeśli jednak oderwiemy na chwilę wzrok od tego tekstu i rozejrzemy się dookoła, zauważymy, że cyfrowy świat Internetu jeszcze nie w pełni przenika otaczający nas świat fizyczny. O ile globalna sieć łączy ludzi, firmy i inne instytucje, o tyle, na przykład, przedmioty codziennego użytku nie są jej częścią. Kubek stojący na biurku, doniczka z kwiatkiem na parapecie czy choćby lodówka z jedzeniem nie są prawdopodobnie podłączone do Internetu (aczkolwiek, zwłaszcza w ostatnim przypadku, może to już nie być prawda). Wizja, w której takie i podobne, otaczające nas obiekty fizyczne, są pełnoprawnymi członkami globalnej sieci, to właśnie **Internet Rzeczy**.

Technologie, które sprawiły, iż realizacja tej wizji w ogóle stała się możliwa, to niskomocowa komunikacja bezprzewodowa, energooszczędne mikroprocesory oraz rozmaite miniaturowe czujniki i aktywatory. Technologie te pozwalają dziś budować **mikrouządzenia** o wielkości monety lub nawet milimetrowego sześcianu, które, pracując autonomicznie latami, czy to na bateriach, czy też dzięki energii pobieranej z otoczenia, są w stanie wykonywać obliczenia o podobnej złożoności, co pierwsze komputery osobiste, i komunikować się z innymi urządzeniami w Internecie. Dzięki tym właściwościom oraz odpowiednim czujnikom i aktywatorom mikrouządzenia mogą być wbudowywane nawet w niewielkie obiekty fizyczne, co pozwala im obserwować te obiekty lub przestrzeń wokół, analizować obserwacje, wymieniać wyniki analiz z innymi urządzeniami w globalnej sieci i na tej podstawie wyzwać różne funkcje obiektów fizycznych, własnych bądź kontrolowanych przez inne (mikro)urządzenia podłączone do Internetu. Innymi słowy, wbudowywanie w otaczające nas rzeczy „inteligentnych” mikrouządzeń ma umożliwić obserwację i wpływanie na otaczający nas świat fizyczny poprzez cyfrowy świat globalnej sieci – potencjalnie bez żadnego bezpośredniego udziału człowieka.

Naturalnie nasuwającą się wątpliwością związaną z tą wizją jest cel podłączania rzeczy do Internetu – po co naszemu przykładowemu kubkowi, doniczce czy lodówce „inteligencja” i dostęp do globalnej sieci? Jak w przypadku znacznej części wynalazków, czynnikami napędzającymi rozwój Internetu Rzeczy są, między innymi, wygoda, zdrowie i szeroko rozumiane bezpieczeństwo, w tym ekologia. I tak, na przykład, monitorując napoje, które spożywamy, „inteligentny” kubek mógłby sugerować zmiany przyzwyczajzeń, rekomendować nowe smaki, czy też, we współpracy z różnymi gadżetami sportowymi właściciela, pomagać utrzymać zdrowie i idealną sylwetkę; mierząc temperaturę otoczenia, wilgotność gleby i nasłonecznienie oraz mając informację, jaka roślina się w niej znajduje, „inteligentna” doniczka mogłaby powiadamiać nas, kiedy i ile wody należy użyć do podlewania lub nawet automatycznie przeprowadzić takie podlewanie; wreszcie, monitorując, jakie produkty są w niej przechowywane, kiedy upływa termin ich przydatności do spożycia oraz jak często poszczególne produkty są przez nas wybierane, „inteligentna” lodówka mogłaby uczyć się naszych przyzwyczajzeń, ostrzegać o bliskich terminach ważności czy też automatycznie uzupełniać zapasy w internetowych sklepach spożywczych, z jednej strony wykorzystując rozmaite promocje, ale jednocześnie unikając marnowania jedzenia. O ile powyższe przykłady można potraktować z lekkim przymrużeniem oka, o tyle zastosowania wizji Internetu Rzeczy w przemyśle, rolnictwie, medycynie, transporcie oraz zarządzaniu infrastrukturą są tak liczne, iż czołowy światowy dostawca technologii sieciowych szacuje, że ponad 99% otaczających nas rzeczy nie jest jeszcze częścią globalnej sieci, choć ich podłączenie mogłoby być uzasadnione ekonomicznie.

Jednym z powodów takiej sytuacji jest fakt, iż pomimo znacznego postępu technologicznego realizacja wizji Internetu Rzeczy wymaga, póki co, uprzedniego rozwiązania szeregu otwartych problemów badawczych. Jeśli chodzi o problemy czysto informatyczne, to wiele z nich jest spowodowanych brakiem algorytmów odpowiednich dla tej wizji, w szczególności algorytmów sieciowych, które z jednej strony wymagają niewielkiej ilości zasobów obliczeniowych, a z drugiej strony są w stanie obsłużyć ogromną liczbę mikrouządzeń – takie algorytmy dotychczas po prostu nie były potrzebne. Dobrym przykładem jest tu efektywne

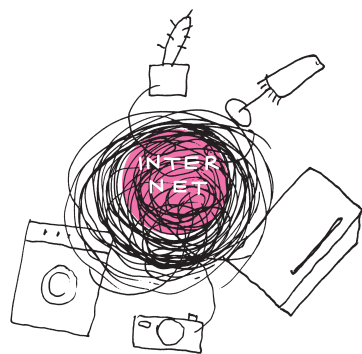


Patrz, na przykład, artykuł Marcina Peczarskiego *Sieć*, Δ_{16}^{01} .

Projekt HENI finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR) w ramach programu LIDER VI (www.mimuw.edu.pl/~iwanicki/projects/heni).



Zadania



i skalowane wyznaczanie tras dla pakietów, który to problem jest centralnym problemem Internetu, a więc także tematem dziesiątek książek oraz tysięcy artykułów naukowych, i z którym to problemem – w nowym wariantcie, to jest dla bezprzewodowych sieci mikrouządzeń – walczy, między innymi, moja grupa badawcza. Jednakże, obok podobnych problemów natury informatycznej, nie mniej istotne są także kwestie w innych dyscyplinach naukowych: chemii (np. pojemne baterie pozwalające wydłużyć okres autonomicznej pracy mikrouządzeń), fizyce (np. bezprzewodowa komunikacja niskomocowa o jak największym zasięgu i przepustowości), socjologii (np. wpływ technologii na rynek pracy) czy prawie (np. prywatność wobec wszechobecnych czujników).

Niezależnie od powyższych problemów, biorąc pod uwagę dotychczasowy sukces globalnej sieci oraz możliwą jej ekspansję do bilionów otaczających nas obiektów fizycznych, potencjał wizji Internetu Rzeczy wydaje się ogromny. Nie jest więc zaskakujące, iż technologie wpisujące się w tę wizję są w centrum zainteresowania wielu firm, instytucji publicznych oraz inwestorów. Podobnie nie dziwi fakt, że na rynku pojawiają się już produkty i systemy w mniejszym lub większym stopniu wpisujące się w tę wizję – w końcu dzisiejszy Internet także rozpoczynał się jedynie od kilku komputerów. Być może Ty również – Czytelniku – korzystasz z takich nowatorskich rozwiązań na co dzień, a jeśli nie, to zapewne wkrótce zaczniesz, być może nawet nieświadomie. . .

Redaguje *Łukasz BOŻYK*

M 1567. Dla każdej dodatniej liczby całkowitej $n \geq 2$ wyznaczyć taki wielomian $W_n(x)$ o współczynnikach wymiernych, że

$$W_n(\sqrt[n]{2}) = \frac{1}{1 + \sqrt[n]{2}}.$$

Rozwiązanie na str. 15

W kolejnych dwóch zadaniach rozważmy zbiór $S = \{x + \frac{1}{x} : x \in \mathbb{Q}^+\}$, gdzie \mathbb{Q}^+ to zbiór dodatnich liczb wymiernych.

M 1568. Niech n będzie dodatnią liczbą całkowitą. Wykazać, że n jest sumą dwóch elementów zbioru S wtedy i tylko wtedy, gdy n jest iloczynem dwóch elementów zbioru S .

Rozwiązanie na str. 15

M 1569. Wykazać, że istnieje nieskończenie wiele dodatnich liczb całkowitych, których nie można zapisać w postaci sumy dwóch elementów zbioru S oraz nieskończenie wiele dodatnich liczb całkowitych, które można zapisać w takiej postaci.

Rozwiązanie na str. 14

Przygotował *Michał NAWROCKI*

F 953. Przewodnictwo elektryczne metalu można zapisać wzorem $\sigma = en\mu$, gdzie n to koncentracja elektronów swobodnych, e – ładunek elektronu a μ – ruchliwość, będąca współczynnikiem proporcjonalności między zewnętrznym polem elektrycznym i dodatkową prędkością uzyskiwaną przez elektrony, zależnym od rozpraszania elektronów na domieszkach i drganiach sieci krystalicznej.

Stosunek przewodnictwa elektrycznego srebra do przewodnictwa elektrycznego miedzi wynosi 1,06. Obliczyć stosunek ruchliwości elektronów w tych metalach, przyjmując, że każdy atom dostarcza jeden elektron przewodnictwa.

Rozwiązanie na str. 7

F 954. Dla pewnego metalu zjawisko fotoelektryczne występuje, gdy częstość światła padającego wynosi co najmniej $6 \cdot 10^{14}$ Hz. Znaleźć częstość światła padającego na wykonaną z tego metalu fotokatodę, jeżeli emitowane z jej powierzchni fotoelektrony można całkowicie zatrzymać, umieszczając przed nią siatkę, mającą w stosunku do niej potencjał $U = 3$ V.

Rozwiązanie na str. 6