



Elektronika w walce z pandemią

Minął już rok od czasu, kiedy na świecie wybuchła pandemia wirusa SARS-CoV-2 i powodowanej przez niego choroby COVID-19. W tym czasie świat zdążył się mocno zmienić. Nowoczesne technologie zdecydowanie pomogły nam w dostosowaniu się do nowej sytuacji.

Światowa epidemia groźnego wirusa zmusiła nas do zmiany wielu przyzwyczajeń oraz wyrobienia nowych nawyków. Najistotniejsze, w ograniczeniu rozprzestrzeniania tej niebezpiecznej choroby, okazało się zachowanie reżimu sanitarnego. Technologia pomaga w tych trudnych czasach na wiele sposobów. W poniższym artykule przyjrzymy się temu, w jaki sposób systemy elektroniczne ułatwiają szybkie dostosowanie się do nowej sytuacji, gdzie używane są do wyegzekwowania przestrzegania zasad sanitarnych i dystansu społecznego oraz jak mogą przyczynić się do bezpośredniego zwalczania samego wirusa.

Wpływ pandemii na sektor elektroniczny

Pandemia i wynikający z niej lockdown drastycznie zmieniły nasze życie. Zwiększone wykorzystanie telepracy, zdalnej edukacji i rozrywek internetowych doprowadziło do gwałtownego wzrostu popytu na produkty elektroniczne, co nadwęgryło zarówno globalne łańcuchy dostaw, jak i zapasy materiałów i surowców mineralnych.

Szacuje się, że liczba pracowników pracujących w domu wzrosła o 300 milionów [1], a około 1,3 miliarda uczniów rozpoczęło na całym świecie naukę online w swoich domach [2]. Rozrywka również przesunęła się w kierunku przedsięwzięć cyfrowych, co pociągnęło za sobą modernizację sprzętu elektronicznego, takiego jak telewizory, monitory, konsole do gier itp. Masowe przejście na działalność online, która wymaga sprzętu elektronicznego, spowodowało, że branża komputerów osobistych odnotowała ogromny wzrost sprzedaży

komputerów stacjonarnych, laptopów i innych powiązanych urządzeń w drugim kwartale 2020 roku – aż o 11,2%, licząc rok do roku [3] i pomimo spadku, którego doświadczyła większość gospodarek na świecie w tym samym okresie. Branża gier również odnotowała znaczny wzrost, ponieważ sprzedaż konsol wzrosła o 155% [4]. Rynek sprzętu do gier PC odnotowuje wzrost o 10,3%, przy czym większość wzrostu związana jest z wydatkami na sprzęt, ponieważ gracze aktualizują swoje systemy w okresie kwarantanny [5].

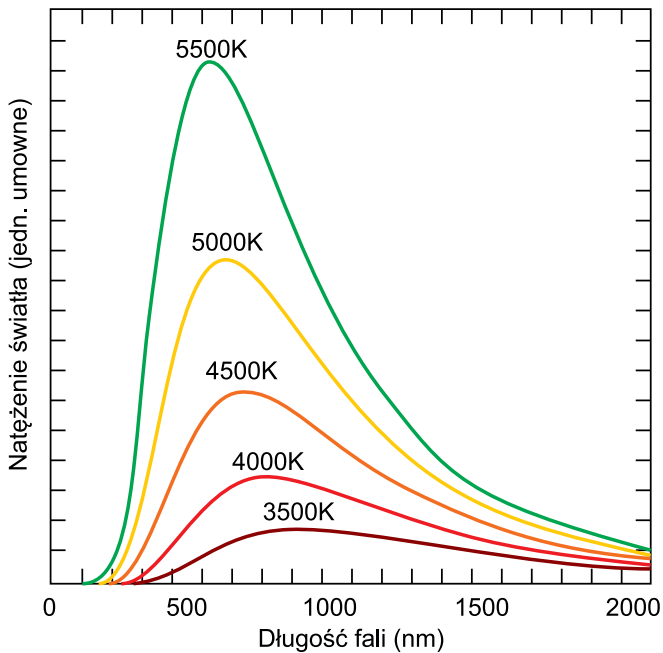
Analitycy, zapytani przez portal EETimes [6], oceniają, że branża półprzewodników przetrwała pandemię jak dotąd całkiem dobrze. Z jednej strony mamy wzrosty opisane powyżej, a z drugiej stagnację i spadki w zakresie systemów związanych z lotnictwem czy motoryzacją. Pandemia zdewastowała globalne zapotrzebowanie na podróże, co pociągnęło za sobą w dół sektor mobilności – lotnictwo cywilne i motoryzację. Spadł popyt na urządzenia elektroniczne na tych rynkach, a jego odbudowa może zająć lata. Wyraźnie spadł popyt m.in. na radary czy urządzenia obliczeniowe dla zaawansowanych systemów wspomagania kierowcy (ADAS).

Prognoza dalszego rozwoju rynków elektronicznych jest trudna, ponieważ świat nigdy nie doświadczył jeszcze podwójnego wstrząsu – „szoku popytowego” i „szoku podaźowego” jak wyjaśniają analitycy.

Jednak sektor elektroniczny nie jest tylko bezwolną ofiarą pandemii. Na świecie jest podejmowanych wiele działań, mających przeciwdziałać rozprzestrzenianiu się wirusa SARS-CoV-2. Na czoło tych działań wybija się szereg technologii elektronicznych, stojących w pierwszym rzędzie walki z pandemią.

Termometry bezdotykowe

Technologia bezdotykowego pomiaru temperatury ciała człowieka znana jest już od dawna. Bezdotykowe termometry dostępne są w wielu aptekach i sklepach na całym świecie, jednakże teraz, gdy pomiar temperatury ciała stał się tak ważny w celu wykrywania osób



Rysunek 1. Widma emisji promieniowania cieplnego ciała doskonale czarnego o temperaturze od 3500 do 5500 K

potencjalnie chorych na COVID-19, technologia ta została w pełni doceniona. Jest to doskonale znane epidemiologom narzędzie, gdyż termometry tego rodzaju chętnie stosowane były do rozpoznawania osób potencjalnie zarażonych SARS [7] czy ebolą [8].

Mówiąc o termometrze bezdotykowym, mamy najczęściej na myśli termometr na podczerwień. Jest to urządzenie optoelektroniczne, które w sposób bezkontaktowy określa temperaturę na podstawie pomiaru promieniowania cieplnego obiektu. Promieniowanie to jest emitowane przez każde ciało o temperaturze powyżej zera bezwzględnego (0 K, czyli -273°C). Jest to promieniowanie elektromagnetyczne generowane przez ruch termiczny naładowanych cząstek w danym materiale. Widmo tego promieniowania jest ciągle i zależy od temperatury. W przypadku ciała doskonale czarnego, będącego w stanie równowagi termodynamicznej, widmo to jest opisywane równaniem:

$$B(\nu, T) = \frac{2h}{c^2} \cdot \frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

gdzie:

$B(\nu, T)$ to intensywność promieniowania (moc na jednostkę powierzchni i kąt przestrzenny, więc wyrażane jest w watach na steradian razy metr

kwadrat – $\text{W}/\text{sr}\cdot\text{m}^2$). Ponadto h to stała Plancka, c to prędkość światła w próżni, k to stała Boltzmanna, ν to częstotliwość promieniowania cieplnego, a T to temperatura bezwzględna ciała.

Na **rysunku 1** pokazano widmo promieniowania elektromagnetycznego dla różnych temperatur. Można zaobserwować, że w sposób spójny maksimum tego widma przesuwają się w stronę wyższych energii wraz ze wzrostem temperatury. Zasadę tę można stosować również do pomiaru temperatury ludzkiego ciała. Przy temperaturze $36,6^{\circ}\text{C}$ ($309,75\text{ K}$) maksimum emisji ciała doskonale czarnego przypada na $9,36\ \mu\text{m}$, czyli w zakresie średniej podczerwieni. Mierząc zmianę intensywności promieniowania podczerwonego w znanym, ściśle określonym zakresie temperatur, możliwe jest oszacowanie temperatury mierzonego przedmiotu.

Do pomiaru temperatury ciała człowieka i zbliżonej stosuje się pomiar natężenia promieniowania podczerwonego w zakresie od około $5\ \mu\text{m}$ do $15\ \mu\text{m}$. Na przykład w sensorze MLX90614 firmy Melexis [9] (**fotografia 1**) filtr pasmowoprzepustowy na wejściu układu ogranicza widmo do zakresu $5,5\text{...}14\ \mu\text{m}$. Tego rodzaju układy, nie dość, że mają wbudowany, na ogół dosyć egzotyczny detektor (skonstruowany nie z krzemu, a np. z germanu, stopów kadmu i telluru itp. lub tzw. termistos – układ szeregowo połączonych termopar), to zawierają także zintegrowany front-end analogowo-cyfrowy wraz z układem kalibrującym pomiar. Dzięki temu na wyjściu interfejsu cyfrowego dostępne są dane o wartości zmierzonej temperatury.

Termometry bezdotykowe mają wiele zalet, ale podstawową jest bezkontaktowe wykonywanie pomiaru. Jest to szczególnie ważne w przypadku wykrywania chorób zakaźnych.

Jeszcze lepszym narzędziem są systemy termograficzne, czyli kamery na podczerwień, które prowadzą pomiar wielopunktowy. Dzięki temu mogą one obrazować termicznie szerszą przestrzeń – na przykład grupę ludzi wchodzących do pomieszczenia. Kamery termograficzne, połączone z klasycznymi kamerami, pracującymi w pasmie widzialnym, oraz systemami detekcji twarzy/ludzi na nagraniach, potrafią w szybki sposób identyfikować osoby potencjalnie zarażone nawet w większym tłumie. Przykład takiego systemu, wraz z rzeczywistym obrazem, pokazano na **fotografii 2** [10].

Autonomiczne systemy dezynfekcyjne

Koronawirus przeżywa na różnych powierzchniach nawet do pięciu dni [11]. Oznacza to, że do zarażenia może dojść nie tylko na skutek kontaktu z nosicielem, ale także przedmiotami itp., które miały kontakt z nosicielem nawet kilka dni wcześniej. Dlatego niezwykle istotne jest zachowanie czystości. Konieczna jest regularna dezynfekcja rąk, ale również ważne jest dezynfekowanie całych pomieszczeń, szczególnie w budynkach użyteczności publicznej, galeriach handlowych i wszędzie tam, gdzie przemieszcza się dużo ludzi.

Istnieją dwie podstawowe metody stosowane do dezynfekcji powierzchni w pomieszczeniach. Można stosować środki chemiczne lub promieniowanie ultrafioletowe z zakresu UV-C [12], czyli



Fotografia 1. Zintegrowany termometr bezdotykowy MLX90614



Fotografia 2. Obraz kamery termowizyjnej firmy HikVision, wyposażonej w system identyfikujący temperaturę ludzi



Fotografia 3. Robot dezynfekcyjny Xenex LightStrike

o długości fali 200...300 nm. Problemem nie jest jednak sama dezynfekcja – środki chemiczne czy specjalne lampy do zabijania zarazków są znane i stosowane już od dawna. Kluczowym wyzwaniem jest dostarczanie środków chemicznych czy światła do wszystkich zakamarków pomieszczenia.

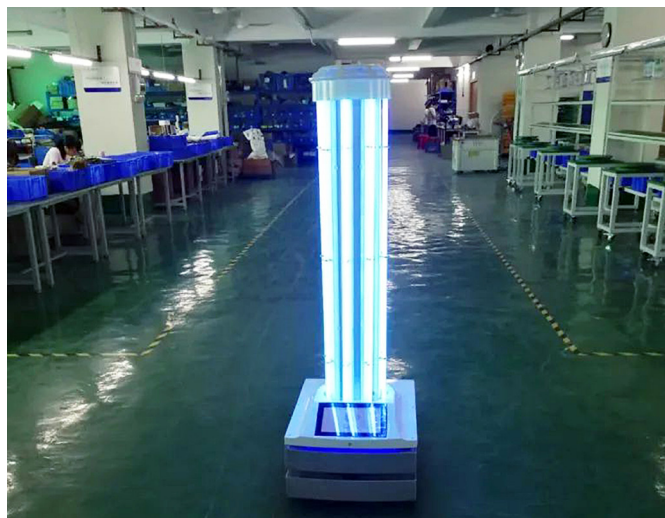
Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że środki dezynfekujące i promieniowanie z zakresu UV-C są nie tylko zabójcze dla mikroorganizmów, ale także szkodliwe dla ludzi. Oznacza to, że osoby odpowiedzialne za dezynfekcję pomieszczeń muszą być odpowiednio zabezpieczone przed wpływem tych środków. Tutaj z pomocą przychodzi nowoczesna technologia. W ostatnim czasie na rynku pojawiło się wiele robotów, których przeznaczeniem jest dezynfekowanie [13]. Charakteryzują się one niecodzienną konstrukcją i zróżnicowanym poziomem autonomii. Na **fotografii 3** pokazano jedną ze starszych, ale dzięki temu wielokrotnie sprawdzonych konstrukcji – system Xenex LightStrike.

Zaprezentowane urządzenie jest pozycjonowane manualnie w pomieszczeniu, które ma być dezynfekowane. Następnie system należy podłączyć do zasilania i opuszcza się pomieszczenie. Robot wykrywa moment opuszczenia pomieszczenia przez ludzi i dopiero wtedy rozpoczyna działanie lampy UV-C. Źródłem promieniowania jest lampa rtęciowa. Robot ten zawiera sensory, które wykrywają pojawienie się człowieka w polu działania systemu i powodują natychmiastowe wyłączenie źródła UV-C. Istnieją roboty o wyższym poziomie autonomii, takie jak np. SIFROBOT-6.59 (**fotografia 4**). Jest to autonomiczny, zasilany baterią robot, wyposażony w LIDAR, odometr i zestaw do nawigacji inercyjnej (akcelerometry oraz żyroskopy). Oprócz dezynfekcji powierzchni w pomieszczeniach zabija także mikroorganizmy znajdujące się w powietrzu – wyposażony jest w układ, który zasysa powietrze z pomieszczenia i przepuszcza je przez układ sterylizacyjny.

Dzięki zastosowaniu innowacyjnych algorytmów czy sensorów, roboty takie jak opisane powyżej mogą w bezpieczny dla ludzi sposób autonomicznie dezynfekować miejsca w przestrzeni publicznej, ograniczając transmisję wirusa [14]. Z uwagi na to, jak istotne są takie działania, Komisja Europejska przeznaczyła 12 milionów euro na zakup 200 robotów sterylizujących pomieszczenia w europejskich szpitalach [15].

Ozonatory

Istotną klasą systemów, które pomagają w zachowaniu czystości i sterylizacji, są ozonatory. Japońscy naukowcy wykazali [16], że generatory ozonu są skuteczne w niszczeniu wirusów SARS-CoV-2. Skuteczne stężenie ozonu w powietrzu musi wynosić od 0,05 ppm do 0,1 ppm. W przeprowadzonym eksperymencie takie stężenie ozonu wystarczyło, aby przez 10 godzin zabić 90% wirusów. „Zaraźliwość nowego koronawirusa może być ograniczona przez



Fotografia 4. Robot dezynfekcyjny o dużym stopniu autonomii

zastosowanie niskiego stężenia ozonu w powietrzu, nawet w miejscach, gdzie przebywają ludzie”, mówi naukowiec z japońskiego zespołu, Takayuki Murata. „Tego rodzaju dezynfekcja jest szczególnie wydajna w miejscach o dużej wilgotności”, dodaje.

Japońskie odkrycie jest bardzo dobrą informacją, jeśli chodzi o wykorzystanie ozonu do zabijania chorobotwórczego koronawirusa. Użycie ozonu o niewielkim stężeniu jest kluczowe, jeśli systemy takie mają działać w miejscu obecności ludzi. Typowo stosowane sterylizacyjne stężenia ozonu – od 1 ppm do 6 ppm – mogą być niebezpieczne dla ludzi, więc mogą być stosowane jedynie w pomieszczeniach zamkniętych, gdzie można ograniczyć dostęp ludziom. Po ozonowaniu pomieszczenia muszą być wietrzone. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA) ostrzega przed stosowaniem tego rodzaju systemów w miejscach uczęszczanych przez ludzi [17].

Ozon, czyli tzw. tritlen, to odmiana alotropowa tlenu, formująca cząsteczkę z trzema atomami tego pierwiastka – O_3 . W odróżnieniu od niego tlen atmosferyczny, którym oddychamy, to cząsteczka zbudowana z dwóch atomów tlenu – O_2 . Ozon naturalnie tworzy się w czasie rozpadu tlenu pod wpływem ultrafioletu (szczególnie w górnych warstwach atmosfery) i wyładowań atmosferycznych. Dlatego też, po burzy czy w otoczeniu systemów wysokiego napięcia, wyczuwalny jest charakterystyczny zapach.

Ozon jest silnym utleniaczem, dzięki czemu ma doskonale właściwości dezynfekcyjne, jednak to czyni go także niebezpiecznym dla ludzi – jest wolnym rodnikiem i powoduje uszkodzenie błon komórkowych, a po dostaniu się do wnętrza komórek hamuje działanie wielu enzymów, odpowiedzialnych za oddychanie komórkowe. Dodatkowo powoduje powstawanie wielu związków chemicznych, które mogą być szkodliwe dla ludzi. Jednak są one, podobnie jak ozon, dosyć niestabilne i nie utrzymują się w ozonowanym powietrzu czy wodzie przez dłuższy czas.

W warunkach domowych ozon wytwarza się w specjalnie zaprojektowanych do tego generatorach. Wykorzystują one do działania najczęściej wyładowania koronowe, do czego potrzebne jest wysokie napięcie. Rzadziej do wytwarzania ozonu używa się silnych lamp ultrafioletowych. Reakcje zachodzące w tych urządzeniach są podobne do tych, jakie zachodzą w górnych warstwach atmosfery, gdzie formuje się tzw. warstwa ozonowa, jednak na dużo mniejszą skalę.

Ozon stosowany jest od dawna do sterylizacji wody – jest 50 razy skuteczniejszy i 3000 razy szybszy w tym działaniu niż chlor [18]. Obecnie coraz częściej, m.in. w związku z pandemią, stosuje się ozonatory powietrza. Tego rodzaju urządzenia zwykle używane są w szpitalach do sterylizacji zamkniętych, na czas ich działania, sal i pokoi. Jednak, jak pokazują wspomniane wyżej badania

– niewielkie stężenie ozonu, bezpieczne dla człowieka, także ma działanie dezynfekujące.

Systemy teleobecności

Kolejnym segmentem elektroniki, który zyskał na znaczeniu w czasie pandemii, są urządzenia usprawniające pracę i nauczanie zdalne oraz systemy do teleobecności [19]. Zmiana myślenia o tego rodzaju technologiach przeniosła je ze sfery ciekawostki do realnej części naszego życia. To otworzyło drogę do szybkiej popularyzacji segmentu teleobecności.

Technologie stosowane podczas pracy czy nauki zdalnej, systemy konferencyjne do wideorozmów, wspólnej pracy nad dokumentami itd., są znane i stosowane od dawna, ale idea teleobecności, mająca zwiększyć immersję podczas zdalnego działania, doczekała się ogromnego zainteresowania. W ogólności teleobecność (*tele-presence*) definiuje się jako systemy mające dostarczyć wrażenie, że postrzegana przez nas osoba, która przebywa fizycznie w innym miejscu, jest obecna w pobliżu. W dużym uproszczeniu jest to system, który pozwala sprawiać wrażenie, że jesteśmy obok, mimo że może dzielić nas bardzo duża odległość. Najprostszym systemem do teleobecności jest wideorozmowa – system taki transmituje dźwięk i obraz w obie strony, w czasie zbliżonym do rzeczywistego. W wielu przypadkach jest to dostatecznie dużo, aby sprawić odpowiednio wiarygodne wrażenie – np. do nauki czy wielu zadań w pracy.

Istnieje jednak wiele zadań, gdzie potrzebne są bardziej zaawansowane systemy teleobecności. Najprostszym rozwiązaniem jest system wideoprezentacji skonstruowany tak, aby przypominać człowieka. Najprostszym rozwiązaniem jest umieszczenie ekranu z twarzą osoby po drugiej stronie na odpowiedniej wysokości, jak pokazano na **fotografii 5** [20].

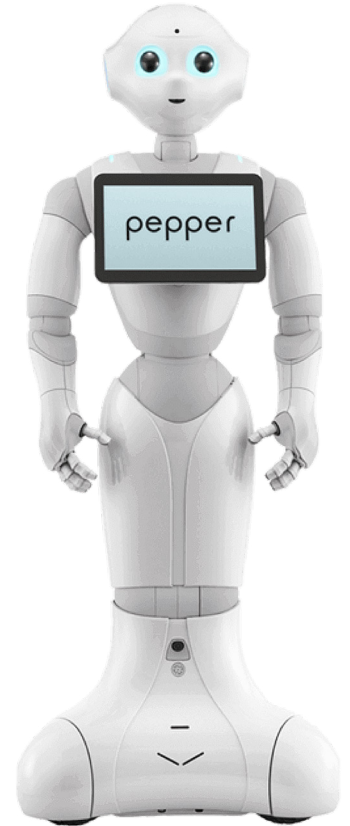
Bardziej zaawansowane systemy teleobecności zapewniają nie tylko możliwość przesyłania dźwięku i obrazu, ale także zdalnej manipulacji otoczeniem, położeniem wyświetlacza itd. Przykładem systemu tego rodzaju mogą być proste roboty, pokazane na **fotografii 6** i **fotografii 7** [21] [22], które pozwalają nie tylko na przekazywanie obrazu i dźwięku, ale także poruszanie się. Rozwiązania takie idealnie sprawdzają się w domach opieki, hospicjach czy nawet szpitalach – zdalna praca pielęgniarek pozwala na zredukowanie liczby zakażeń wśród personelu medycznego. Oczywiście, nie wszystkie zadania mogą być w ten sposób realizowane, ale ograniczanie kontaktu z pacjentami i tak ma wpływ na redukcję



Fotografia 5. Prosty system teleobecności



Fotografia 6. Rozbudowany system teleobecności z możliwością przemieszczania



Fotografia 7. Robot przeznaczony do realizacji teleobecności

zachorowań wśród personelu [20]. Dodatkowo, wiele z tych robotów jest wyposażonych np. w systemy do bezdotykowego pomiaru temperatury [23], co pomaga w rutynowych pracach na oddziale.

Podsumowanie

Pandemia koronawirusa postawiła przed branżą elektroniczną ogromne wyzwania, ale też dała wielu technologiom dużą szansę na rozwój. Systemy do bezdotykowego pomiaru temperatury pozwalają na szybkie wykrywanie osób potencjalnie zarażonych, co pozwala na ich izolację i ograniczenie dalszych zarażeń. W ograniczaniu przenoszenia się koronawirusa ogromne znaczenie ma też dezynfekcja – nie tylko rąk, ale także różnych powierzchni użytkowych i całych pomieszczeń. Trzecim istotnym aspektem ograniczenia zakażeń jest dystans społeczny – tutaj elektronika jest kluczowym elementem, pozwalającym na zdalną pracę i naukę. Nie ogranicza się to jednak tylko do komputerów i systemów sieciowych, coraz istotniejsze są systemy do teleprezencji, które pozwalają na jeszcze sprawniejszą zdalną pracę np. lekarzom.

Nikodem Czechowski, EP

Przypisy:

1. <https://bit.ly/2JQfhEA>
2. <https://bit.ly/3n7gRAh>
3. <https://bit.ly/33YAQtB>
4. <https://bit.ly/3owNbNo>
5. <https://bit.ly/33Xt0jC>
6. <https://bit.ly/3n8UHhg>
7. <https://bit.ly/2W06AtR>
8. <https://bit.ly/2W2lAYi>
9. <https://bit.ly/3qIJQMW>
10. <https://bit.ly/372xzuV>
11. <https://wb.md/3m8Xg1b>
12. <https://bit.ly/39YnCRm>
13. <https://bit.ly/3m2TMxl>
14. <https://bit.ly/342XIIq>
15. <https://bit.ly/2JQTkFss>
16. <https://reut.rs/3qUUvUO>
17. <https://bit.ly/3qNLX2l>
18. <https://bit.ly/3a82Cru>
19. <https://bit.ly/37IIiK8>
20. <https://bit.ly/37IIiK8>
21. <https://bit.ly/3gx0Lxh>
22. <https://bit.ly/374UG8t>
23. <https://bit.ly/39Z8eUK>
24. <https://bit.ly/37TANQC>