

Modelowanie (dys)komfortu w domach inteligentnych

Jarogniew Rykowski

1. Wprowadzenie

Ludzie od początku istnienia cywilizacji chcieli żyć w komfortowych warunkach. Co prawda, pojęcie komfortu jest dość niesprecyzowane i w dużej mierze zależy od indywidualnych preferencji, jednakże globalny trend jest dość dobrze nakreślony: chcemy mieszkać w bezpiecznych i przyjemnych domach, pracować w przyjaznym środowisku, odpoczywać w ciekawych miejscach itp. Nawet jeśli każdy z nas ma inne oczekiwania w stosunku do komfortu, to jednak każdy się zgadza, że dążenie do komfortu staje się dzisiaj wszechobecne.

Nie jest jasne, jakie sytuacje i dla kogo są komfortowe (lub nie). Co więcej, samo pojęcie komfortu jest dość rozmyte i raczej kojarzone ze zbiorem pewnych niezależnych parametrów otoczenia, obserwacji, możliwości wykonania pewnych czynności itp. Na przykład dla kogoś komfortowa będzie wizyta w pubie i spędzenie kilku godzin w gronie przyjaciół przy szklance piwa (ale w ciasnym, ciemnym i hałaśliwym pomieszczeniu), podczas gdy dla kogoś innego szczytem komfortu będzie spokojny wieczór w domu połączony z odsłuchaniem ulubionej muzyki z płyty. Jednocześnie priorytety poszczególnych parametrów komfortu dość szybko się zmieniają – przyjazna atmosfera i towarzystwo przyjaciół jest bardzo pożądaną w pubie, ale w tramwaju już nie. Hałas w pubie generuje specyficzną atmosferę i bywa nawet przyjemny, ale bardzo przeszkadza przy słuchaniu muzyki w domu. Na wysoką temperaturę i wilgotność powietrza w pubie nie reagujemy (bo nasza uwaga jest zwrócona w stronę innych, ważniejszych rzeczy), ale w domu nawet niewielkie odstępstwo od zwyczajowej normy jest szybko zauważane i korygowane. Wszystko to sprawia, że nie jesteśmy w stanie jednoznacznie określić optymalnych dla nas wartości parametrów składających się na komfort, co więcej – ciężko nam nawet całościowo zidentyfikować zbiór i istotność tych parametrów.

Pojawia się zatem pytanie, czy jesteśmy w stanie określić optymalne warunki, czyli opisać sytuacje, w których czujemy się komfortowo. Wygląda na to, że nie – parametrów i ograniczeń kontekstowych jest zbyt dużo. Jeśli jednak odwrócimy sytuację i zapytamy kogoś, dlaczego czuje się niekomfortowo – dla konkretnej sytuacji (miejsca) prawie zawsze uzyskamy konkretną odpowiedź, ze wskazaniem na konkretne, najważniejsze parametry i (najczęściej) ich wartości. Na przykład słuchający muzyki w domu natychmiast zwróci uwagę na hałas, a osoba przebywająca w pubie – na wyjście przyjaciół. Zatem raczej powinniśmy się zastanowić nad modelowaniem dyskomfortu, czyli stopniem, w którym sytuacja odbiega od warunków optymalnych.

Dużą część parametrów (dys)komfortu jesteśmy w stanie zmierzyć za pomocą otaczających nas urządzeń, stanowiących

Streszczenie: Niniejszy artykuł został poświęcony zagadnieniu zapewnienia komfortu za pomocą wszechobecnych urządzeń elektronicznych – Internetu Rzeczy. Punktem wyjścia jest analiza potrzeb człowieka, na podstawie piramidy potrzeb Abrahama Masłowa, oraz przyporządkowanie procesu zaspokojenia tych potrzeb do konkretnych urządzeń automatyki. Następnie pokazano sposób modelowania komfortu w przeliczeniu na wartości liczbowe, w podziale na odczucie zadowolenia oraz spełnienie wymagań. Wskazano także, jak uwzględnić kontekst przy modelowaniu komfortu, oraz jak negocjować parametry komfortu dla grupy ludzi znajdujących się w tym samym miejscu i czasie. Pokazano też podstawowe trendy w wykorzystaniu komfortu do spełniania potrzeb użytkowników w „inteligentnym” domu i miejscu pracy oraz w miejscu publicznym (szpital, muzeum, dworzec itp.).

Artykuł jest spojrzeniem na zapewnienie komfortu z technicznego, a nie społecznego lub psychologicznego punktu widzenia. Nie odpowiadamy na pytanie „czy warto”, ale na pytania „czy jest to możliwe” i „jak można to zrobić”. W analizie koncentrujemy się na tych potrzebach, które mogą być zaspokajane za pomocą systemów komputerowych, czyli bez bezpośredniego udziału innych ludzi.

część Internetu Rzeczy i Usług. Za pomocą innych urządzeń jesteśmy też w stanie na te parametry wpływać. Zatem możemy sobie wyobrazić sytuację, w której urządzenia dbają o to, żeby nasze poczucie dyskomfortu było jak najmniejsze, z uwzględnieniem miejsca, czasu, sytuacji oraz indywidualnych preferencji. Skoro modelowanie (dys)komfortu z wykorzystaniem Internetu Rzeczy jest możliwe, należy się zastanowić nad dwoma aspektami tego zagadnienia:

- jakie parametry (dys)komfortu można nadzorować i kontrolować za pomocą jakich urządzeń;
- jak wyliczyć i zobrazować zainteresowanym stopień dyskomfortu w danej sytuacji, z uwzględnieniem kontekstowości oraz wzajemnego wpływu na siebie zbioru zidentyfikowanych wcześniej parametrów.

Odpowiedzią na powyższe pytania jest niniejszy artykuł. W pierwszej części dokonano przeglądu potrzeb człowieka w zakresie komfortu, bazując na piramidzie potrzeb Masłowa, powszechnie uznawanej za bardzo dobre kompendium wiedzy na temat wielokryterialnego zaspokajania potrzeb – od fizjologicznych, przez psychologiczne, po społeczne. Jednocześnie

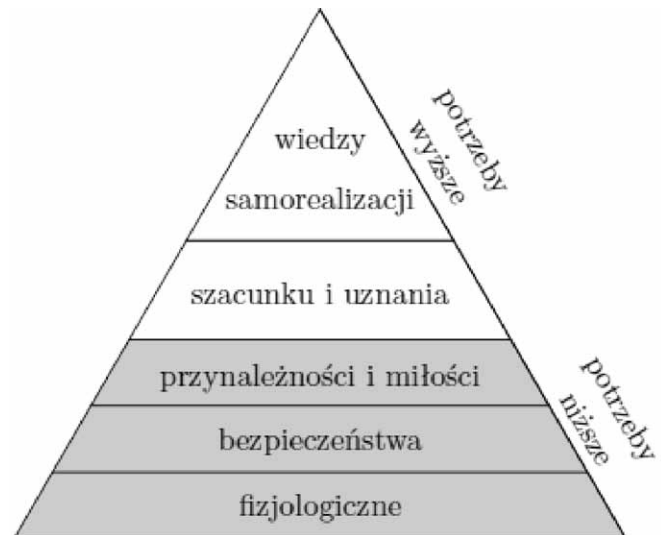
dla każdego zidentyfikowanego zbioru potrzeb określono mierzalne parametry (dys)komfortu i pokazano, za pomocą jakich urządzeń Internetu Rzeczy można je kontrolować. W drugiej części artykułu zaproponowano miarę (dys)komfortu, najpierw w odniesieniu do jednej osoby, a następnie do tłumu osób znajdujących się w tej samej sytuacji (z wykorzystaniem negocjacji i uśredniania wartości parametrów). W zakończeniu krótko przedstawiono ideę „domu bez przycisków” („domu bezobsługowego”), w którym inteligentny system automatyki autonomicznie zapewnia jak największy poziom komfortu przebywającym w domu osobom, uwalniając je od codziennych czynności typu zaświecenie/zgaszenie lamp, kontrola ogrzewania, wentylacji, a nawet uruchamianie urządzeń audiowizualnych w zależności od nastroju (telewizor, radio, muzyka z płyty itp.). Idea „domu bez przycisków” jest rozwinięciem idei „dobrego służącego” Marka Weisera [Weiser] i zainicjowanego przez niego „wszechobecnego przetwarzania danych” (ang. *ubiquitous computing*).

2. Pojęcie i parametry e-komfortu

e-komfort możemy określić jako ten zestaw parametrów komfortu, który można kontrolować za pomocą urządzeń elektronicznych (Internetu Rzeczy). Zatem e-komfort jest specjalizacją (częścią) komfortu, która może być w pełni zarządzana przez automatykę. W celu głębszego opisanego tego pojęcia założymy na chwilę, że opisujemy e-komfort z punktu widzenia jednej, konkretnej osoby i jej wymagań. Zgodnie z ogólnie przyjętą teorią samomotywacji, taka osoba będzie aktywnie dążyła do zapewnienia sobie jak największego stopnia komfortu, w miarę dostępnych dla niej (w danym miejscu i czasie) możliwości. Czyli będzie ona odczuwać pewne potrzeby i dążyć do ich zaspokojenia. Zgodnie z teorią Abrahama Masłowa [Masłow] potrzeby te układają się w dość ściśle określoną hierarchię, która może być zwizualizowana jako tzw. piramida potrzeb (rys. 1).

Masłow w swojej teorii sugeruje, że człowiek w pierwszej kolejności dąży do całościowego zaspokojenia potrzeb na niższym stopniu piramidy, a dopiero potem zajmuje się potrzebami wyższego stopnia. Zatem potrzeby powinny być analizowane w następującej kolejności:

- potrzeby fizjologiczne – podstawowe fizykochemiczne warunki otoczenia, w których człowiek może funkcjonować (temperatura, wilgotność, ciśnienie, przemiana materii itp.);
- potrzeby bezpieczeństwa – bezpieczeństwo fizyczne (wojna, katastrofa naturalna, napad, przemoc fizyczna itp.), bezpieczeństwo ekonomiczne (miejsce pracy, stan firmy, środki finansowe, stabilność sytuacji ekonomicznej itp.), bezpieczeństwo osobiste oraz mienia, zdrowie itp.;
- potrzeby przynależności i miłości – stopień akceptacji w otoczeniu innych ludzi (rodzina, przyjaciele, społeczność lokalna, ale także sieci społecznościowe i związana z tym efektywna komunikacja interpersonalna);
- potrzeby szacunku i uznania – przez innych ludzi (personalnie i ogólnie – uznanie „społeczne”, czyli prestiż), wyniki w pracy, hobby, osiągnięcia sportowe itp.;
- potrzeby wiedzy i samorealizacji – najbardziej abstrakcyjny poziom, opisywany przez Masłowa jako „cel życia” lub „sens istnienia” w rozumieniu danej osoby.



Rys. 1. Piramida potrzeb wg Masłowa

(Źródło: http://pl.wikibooks.org/wiki/Pomocnik_olimpijczyka_-_Elementy_wiedzy_obywatelskiej_i_ekonomicznej/Ekonomia, licencja CC)

Opisana wyżej hierarchia powinna być odbierana raczej jako ogólne ramy klasyfikacji potrzeb niż jako konkretne dane odnoszące się do osób, miejsc lub sytuacji. Zbyt duża ogólność opisu utrudnia przyporządkowanie najpierw konkretnych potrzeb, a potem kontrolujących je urządzeń Internetu Rzeczy do danego poziomu. Z tego względu należy dokonać głębszej analizy potrzeb w ramach każdego poziomu stopnia piramidy Masłowa. Poszerzeniu dyskusji w tym kierunku jest poświęcony następny rozdział – w szczególności położono nacisk na te potrzeby, które można skojarzyć z dostępnymi na rynku sensorami i aktuatorami Internetu Rzeczy. W opisie przyjęliśmy założenie, że spełnienie pewnej potrzeby zwiększa poziom komfortu, natomiast brak takiego spełnienia lub jego niepełność – powoduje dyskomfort.

2.1. Poziom 1 – potrzeby fizjologiczne, warunki otoczenia

Człowiek może egzystować w określonym zakresie parametrów fizycznych otoczenia – temperatury, ciśnienia, wilgotności, oświetlenia itp. Parametry te są bezpośrednio odbierane przez nasze zmysły: wzrok, dotyk, słuch, poczucie ciepła, węch, smak itp.¹ Zatem dość naturalnym podejściem jest związanie wszystkich tych parametrów z komfortem. W szczególności należy wziąć pod uwagę warunki fizyczne otoczenia (temperatura, wilgotność, ciśnienie, zapachy), oświetlenie oraz tło dźwiękowe (szum).

Mimo że człowiek może egzystować w temperaturach znacznie poniżej zera, a nawet (co prawda bardzo krótko) powyżej 100°C, dla większości z nas optymalna temperatura wewnątrz pomieszczeń to ok. 20–22°C. Jednakże odczucie ciepła jest silnie związane z pozostałymi parametrami otoczenia (głównie z wilgotnością – względną i bezwzględną – oraz ciśnieniem), a także takimi parametrami dodatkowymi, jak ubranie i jego stan (np. przemoczenie), wysiłek fizyczny, stan umysłowy itp. [Fanger]. Dlatego tzw. „kontrola powietrza” w „inteligentnych” budynkach na pierwszym planie stawia kompleksowe podejście

do zapewnienia odpowiednich warunków otoczenia – są to tak zwane systemy HVAC (ang. *Heating, Ventilation, Air Conditioning*). Systemy HVAC to nie tylko dbałość o podstawowe parametry fizyczne powietrza [McDowall] – to także monitorowanie jego składu chemicznego (głównie zawartość CO i CO₂) [CO₂, CO₂ position paper], eliminacja zapachów, dymu, zapylenia, a nawet bakterii i wirusów.

Światło, głównie to, które jest wykrywane zmysłem wzroku², jest kluczowe dla odczuwania komfortu. Ludzie egzystują w trybie dzień – noc, przy czym okres dnia (a zatem „jasny”) to okres aktywności, natomiast okres nocy („ciemny”) – wypoczynku. Oba okresy są niezbędne dla naszego zdrowia i oba są bardzo istotne, zatem należy dbać zarówno o właściwe doświetlenie miejsca przebywania w dzień (ważna jest nie tylko intensywność światła, ale także kierunek padania, skupienie, barwa, migotanie itp.), ale także zadbać o usunięcie zbędnego oświetlenia w nocy (na przykład za pomocą automatycznych rolet okiennych).

Historycznie źródła światła przeszły długą ewolucję od świec, przez żarówki, po nowoczesne oświetlenie LED, które pozwala na budowanie „ścian świetlnych” o jasności i barwie dopasowanej do preferencji człowieka, a nawet jego nastroju. Dzisiejsze źródła światła, w pełni kontrolowane przez automatykę budynku i przestrzeni zewnętrznej, znacznie zwiększają stopień komfortu oraz, co także jest bardzo istotne, pozwalają na oszczędzanie energii.

Tło dźwiękowe, ostatni parametr otoczenia odbierany przez podstawowe zmysły człowieka (słuch, częściowo dotyk), jest także istotnym składnikiem komfortu. Ciężko znaleźć miejsce, w którym nie rozchodzą się w powietrzu żadne dźwięki – większość ludzi w takich miejscach czuje się bardzo niekomfortowo. Z drugiej strony nadmierny hałas może bardzo przeszkadzać. Optymalny dobór tła dźwiękowego jest sprawą bardzo indywidualną, nie tylko jeśli chodzi o natężenie dźwięku, ale także typ dźwięku (np. szum biały lub szary, z dominującym dźwiękiem lub pasmem akustycznym), jego częstotliwość lub okresowość (np. uciążliwe infradźwięki), źródło i możliwość lokalizacji w przestrzeni itp. Niechcianych dźwięków można unikać albo izolując zmysł słuchu (zakrywając uszy), albo generując inne tło dźwiękowe (np. muzyka w słuchawkach lub włączony program TV), albo aktywnie generując dźwięk w przeciwną stronę, który wygłusza niechciane odgłosy (tzw. ochraniacze słuchu, używane np. przez operatorów maszyn budowlanych).

Podsumowując powyższą analizę, możemy zauważyć, że fizyczne i chemiczne parametry otoczenia oraz fizjologia ich odczuwania zmysłowego, związane z potrzebami pierwszego stopnia piramidy Masłowa, mogą być w pełni kontrolowane przez urządzenia automatyki. Do kontroli jakości powietrza służą czujniki temperatury, ciśnienia, wilgotności, zapachów, obecności gazów (głównie związków węgla i azotu, jako najbardziej niebezpiecznych dla zdrowia). Na podstawie wskazań tych sensorów systemy HVAC mogą aktywnie zmieniać skład oraz parametry powietrza. Dzisiejsze źródła światła mogą być w pełni kontrolowane automatycznie nie tylko w trybie włącz – wyłącz, ale także w zakresie parametrów światła (natężenie i barwa). Mamy też do dyspozycji urządzenia, które albo eliminują, albo poważnie ograniczają niechciane tło dźwiękowe. Zatem stopień

wypełniania potrzeb najniższego poziomu piramidy Masłowa może być praktycznie w pełni nadzorowany przez „inteligentny” system e-komfortu.

2.2. Poziom 2 – potrzeby bezpieczeństwa

Tradycyjnie zapewnienie bezpieczeństwa sobie i swojemu majątkowi jest domeną systemów monitorująco-alarmujących. Alarmowanie i powiadamianie jest w nich realizowane na różne sposoby – od prostych sygnałów dźwiękowych i wizualnych, po komunikaty wysyłane do telefonów komórkowych. Systemy te są tak popularne, że nie ma potrzeby ich przedstawiania w niniejszej analizie – należy tylko wspomnieć, że nowoczesne systemy alarmowe mają możliwość współpracy z zewnętrznymi systemami e-komfortu. Zatem sygnały z czujników tradycyjnie kojarzonych z bezpieczeństwem (np. sensorów ruchu, otwarcia drzwi itp.) można wykorzystać do automatyzacji e-komfortu oraz oszczędzania energii. Na przykład wejście konkretnej osoby do pokoju, wykryte przez czujnik ruchu oraz identyfikator RFID w drzwiach, spowoduje automatyczne włączenie oświetlenia wg preferencji tej osoby, uruchomienie telewizora lub radia jako generatora tła dźwiękowego oraz ustawienie (dla niej optymalnych) parametrów temperatury i wilgotności. Przebywanie większej liczby osób w pomieszczeniu może skutkować uruchomieniem procesu negocjacji, w którym urządzenia odpowiedzialne za e-komfort dla tych osób „dogadają” się co do uśrednionych wartości poszczególnych parametrów.

Zatem aktualny poziom techniki w dziedzinie systemów monitorująco-alarmujących pozwala na ich wykorzystanie do wypełnienia potrzeb drugiego poziomu piramidy Masłowa w odniesieniu do pomieszczeń, w których ludzie aktualnie przebywają (np. własnego domu). Dodatkowo możliwości tych systemów predysponują je do wykorzystania także na innych poziomach piramidy, zarówno niższych (do automatyzacji parametrów fizykochemicznych otoczenia), jak i wyższych (psychologiczno-społecznych).

2.3. Poziomy wyższe – potrzeby przynależności, szacunku i samorealizacji

Trzy najwyższe poziomy piramidy Masłowa nie są bezpośrednio związane z odbieraniem bodźców przez zmysły. Z tego powodu zwykle nie są one brane pod uwagę w „inteligentnych” instalacjach, gdyż powszechnie uważa się, że bez udziału zmysłów nie można tych poziomów kontrolować. Jednak, jak wskazuje poniższa pogłębiona analiza potrzeb, nie jest to prawda i można wskazać szereg aspektów komfortu o podłożu psychologiczno-społecznym, które mogą być monitorowane przez urządzenia. Oczywiście między bajki można włożyć sterowanie myślami lub nastrojem za pomocą urządzeń³, ale już poprawa tego nastroju lub wybrana forma relaksu są jak najbardziej możliwe.

Należy wyraźnie zaznaczyć, że o ile dla niższych poziomów piramidy Masłowa można określić pewne wspólne dla większej grupy ludzi parametry komfortu, o tyle komfort kojarzony z wyższymi poziomami jest zawsze sprawą indywidualną. Jest to komfort kojarzony z odczuciami, a nie bodźcami zmysłowymi, dlatego generalizacja w tym przypadku jest bardzo trudna. Dodatkowo odczuwanie komfortu zależy w tym przypadku od stanu wewnętrznego danej osoby (nie tylko nastroju, ale także

pory dnia, stanu zdrowia, oraz oczywiście odczucia komfortu wynikającego ze spełnienia potrzeb niższego rzędu), który to stan nie może być w ogólności znany urządzeniom.

Poniżej wymieniono kilka przykładów parametrów, które mogą posłużyć do poprawy komfortu na wyższych poziomach piramidy Masłowa. Lista ta powinna być traktowana orientacyjnie – raczej jako punkt wyjścia do analizy indywidualnych przypadków niż zamknięta całość.

Bodźce tła

Ludzie zwykle lubią przebywać w warunkach, które nie są dla nich zaskoczeniem – słyszeć znane sobie dźwięki, oglądać znane obrazy, obracać się w znanym sobie towarzystwie (innych ludzi lub zwierząt) itp. Niektóre elementy są traktowane jako tło – świadomie ich nie zauważamy, ale preferujemy ich obecność. Najlepszym przykładem jest tło dźwiękowe – po powrocie do domu machinalnie uruchamiamy radio lub telewizor, przy czym dźwięki i obrazy nie są istotne – najważniejszy jest fakt, że przerywamy ciszę panującą w mieszkaniu. Podobnie działa towarzystwo zwierząt domowych. Elementy te są czasami substytutem towarzystwa innych ludzi, tym niemniej są bardzo pożądane. Ciężko określić w ogólnym przypadku preferencje grupy ludzi w tym zakresie, ale w zakresie indywidualnym jest to dość proste – na przykład każdy z nas potrafi precyzyjnie określić, jaki rodzaj muzyki w tle preferuje, jaki ma być uruchomiony program telewizyjny, jakie zwierzęta domowe akceptuje w swoim otoczeniu itp. Zwróćmy uwagę, że co najmniej w zakresie tła dźwiękowego można te aspekty komfortu zautomatyzować, uruchamiając odpowiednie urządzenia (radio, telewizor, odtwarzacz MP3) po wejściu danej osoby do pomieszczenia. Daleko nam co prawda do świata wymyślonego przez P. K. Dicka w książce *Czy androidy śnią o elektrycznych owcach*⁴, ale elektroniczne, interaktywne zabawki dla dzieci typu Furby już od dawna są obecne na rynku, stanowiąc surogat żywego psa lub kota.

Akceptacja i komunikacja społeczna

Poziom akceptacji jest związany z poczuciem przynależności do danej grupy społecznej. Tradycyjny kontekst analizy tego parametru został mocno zmieniony po wprowadzeniu sieci społecznościowych i Web 2.0. Obecnie każdy może znaleźć dla siebie miejsce, gdzie będzie czuł się akceptowany (nawet jeśli będzie to tylko jego opinia – czyli dla innych będzie tzw. trollem), zatem nie jest to szczególnie istotny problem. Problemem za to staje się efektywna komunikacja, nie tylko z najbliższym otoczeniem, ale przede wszystkim – ze społeczeństwami w sieci. Miarą komfortu w tym zakresie staje się natychmiastowość i okazjonalność wymiany informacji w sieci – w każdym miejscu, sytuacji i czasie. Czyli synonimem akceptacji społecznej staje się dostęp do narzędzi komunikacyjnych. Już telefon komórkowy okazał się prawdziwą rewolucją w tym zakresie, jednak dopiero wprowadzenie narzędzi komunikacji do sprzętu domowego podnosi komfort na wyższy poziom. Nikogo już nie dziwi rozmowa przez Skype, realizowana za pośrednictwem telewizora, a nawet wykorzystanie kamer i mikrofonów monitoringu wizyjno-akustycznego do takich celów. Niestety wszechobecność kamer i mikrofonów we własnym domu może

z drugiej strony osłabiać poczucie komfortu w zakresie ochrony prywatności i bezpieczeństwa osobistego. Wyważenie tych parametrów leży w indywidualnej gestii każdej osoby. Tym niemniej należy zauważyć, że efektywne narzędzia komunikacyjne są powszechnie dostępne, praktycznie w dowolnym miejscu i czasie z punktu widzenia zainteresowanych.

Zwróćmy jeszcze uwagę na pewien istotny aspekt związany z komunikacją oraz „inteligencją” budynku. Ta ostatnia staje się tak duża, że zaczynamy podświadomie traktować niektóre urządzenia jako obdarzone życiem. Zatem komfortowe byłoby dla nas komunikowanie się z tymi urządzeniami tak samo, jak komunikujemy się z innymi ludźmi, lub lepiej – ze zwierzętami domowymi. Pies lub kot rozumieją szereg poleceń wydawanych za pomocą głosu i gestów, wiedzą także, jak powinny się zachowywać (także w czasie naszej nieobecności). Podobnie chcielibyśmy móc sterować np. telewizorem lub oświetleniem („sprawdź w programie, czy nie ma jakiegoś filmu, który lubię”, „wyłącz się, gdy mnie nie ma w pokoju” itp.), albo określając pewne ogólne preferencje (np. „włącz się, gdy tylko wejdem do domu”), albo wyrażając bardziej drobiazgowo polecenia („zagraj muzykę Mozarta”). Czyli komunikacja z urządzeniami powinna odbywać się na takim samym poziomie i w ten sam sposób, jak rozmawiamy ze zwierzętami – do czego jesteśmy przyzwyczajeni i co jest dla nas dość komfortowe. Jest to jak najbardziej osiągalne przy dzisiejszym stanie techniki. Interfejsy głosowe i sterowanie gestami rąk są sprzedawane niezależnie lub są wbudowywane w niektóre urządzenia, problemem staje się tylko określenie urządzenia, które ma podlegać interakcji [Rykowski].

Najnowsze technologie, w tym „inteligentne” domy, pełnią jeszcze jedną, czasem dość istotną dla swych właścicieli funkcję – stają się w ich mniemaniu wyznacznikiem bogactwa i pozycji społecznej. Ten pośredni aspekt posiadania niewątpliwie wpływa na poczucie komfortu pewnych osób, zwłaszcza jeśli mogą się one pochwalić danym urządzeniem lub jego funkcjami w „społeczeństwie”. Czasem prowadzi to do swego rodzaju patologii (sceny świetlne w domu są zmieniane tylko wtedy, gdy właściciel chce się pochwalić „inteligencją” domu przed sąsiadem, zdalna kamera monitoringu jest używana podczas przyjęcia, żeby pokazać innym gościom całe wnętrze domu itp.). Tym niemniej nie możemy o tym, choć pasywnym, aspekcie nowych technologii zapominać w kompleksowej analizie e-komfortu.

Wypoczynek

Urządzenia elektroniczne można wykorzystać do wykrywania zmęczenia lub określonego nastroju. Może do tego służyć analiza wyrazu twarzy (na podstawie obrazu uzyskanego z kamery monitoringu), gestykulacji, barwy i natężenia głosu itp. Z technicznego punktu widzenia nie jest to szczególnie skomplikowane, a nawet bywa już stosowane w systemach komercyjnych. Na przykład samochód, na podstawie analizy ruchów głowy oraz śledzenia linii wzroku, może wykryć moment zaśnięcia kierowcy za kierownicą. Telewizor, śledząc obraz z wbudowanej kamery, może wykryć moment, w którym oglądający program położy się i zamknie oczy (i po pewnym czasie się wyłączyć lub co najmniej ściszyć dźwięk). „Inteligentne” oświetlenie na pod-

stawie pory dnia oraz dnia tygodnia może dostosować barwę i natężenie światła do zwyczajów użytkownika. Choć znowu jest to związane z permanentnym śledzeniem i utratą prywatności, to jednak przez niektóre osoby taka pomoc może być bardzo dobrze odbierana i zwiększać ich poczucie komfortu. Jednocześnie, jak wspomniano, wymaga to stosunkowo nieskomplikowanych urządzeń, które i tak przeważnie są w danym miejscu dostępne, bo służą innym celom (np. kamery monitoringu).

Instrukcje obsługi

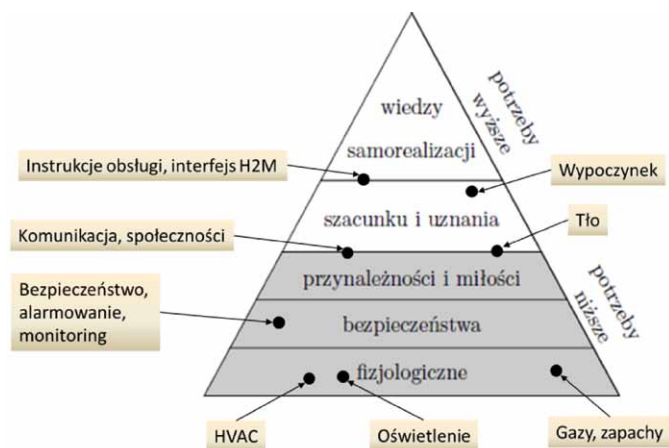
Ważny aspekt akceptacji nowych technologii to umiejętność ich kontroli, która jest związana z zapoznaniem się z instrukcją obsługi. Każdy z nas czuje się niekomfortowo, jeśli nie potrafi sobie poradzić z obsługą nowego urządzenia czy też systemu. Paradoksalnie im więcej „inteligencji” i „nowości” w danym urządzeniu, tym trudniej w pełni to urządzenie wykorzystać. Ten trend należy odwrócić i poświęcić część wspomnianej „inteligencji” na usprawnienie kontaktu z człowiekiem, które zastąpi analizę instrukcji obsługi. Czyli – albo to urządzenie uczy się, jak porozumieć się z człowiekiem, dopasowując się do jego zachowania, albo urządzenie podpowiada człowiekowi, co w danej sytuacji może zrobić. W tym drugim przypadku niezbędny jest naturalny interfejs komunikacji (na przykład głosowy). Komfortowe będą dla nas tylko te urządzenia, których obsługi nie trzeba się będzie uczyć. Choć ten trend nie zdobył jeszcze większej popularności, wydaje się, że prędzej czy później (raczej jednak prędzej) stanie się on nieodłącznym atrybutem systemów „inteligentnych”. Wydaje się też, że w pierwszej kolejności będzie dominować podejście związane z uczeniem człowieka przez urządzenie, ale stopniowo coraz większego znaczenia będzie nabierać uczenie maszynowe (w szczególności rozpoznawanie zwyczajów użytkowników). Tym niemniej jesteśmy obecnie w posiadaniu technologii, która to umożliwia. Także miniaturyzacja urządzeń i zwiększanie poziomu ich „inteligencji”, która już teraz czasami w dużej mierze pozostaje niewykorzystana, może się przyczynić do zmiany stanowiska producentów w tym zakresie. Jednakże na inteligentnego robota-asystenta typu Robby z *Zakazanej Planety* musimy trochę jeszcze poczekać.

Ekonomia

Stabilna i dobra sytuacja ekonomiczna niewątpliwie wpływa na komfort każdego z nas. „Stabilność” i „dobroć” są jednak pojęciami bardzo ogólnymi i rozmytymi, które ciężko powiązać z urządzeniami i ich „inteligencją”. Jednakże same urządzenia mogą informować człowieka, jak bardzo ich działanie jest kosztowne – najczęściej przez sygnalizację zużycia przez nie energii, za którą to energię trzeba zapłacić. Monitoring zużycia energii może dotyczyć poszczególnych urządzeń lub wszystkich systemów w ramach danej lokalizacji. W tym pierwszym przypadku wykorzystuje się najczęściej proste metody interakcji (np. sygnalizacja dźwiękowa w momencie przeciążenia lub sygnalizacja optyczna stopnia konsumpcji energii), natomiast w drugim przypadku – aplikację działającą na komputerze/tablecie/smartfonie, która zbiorczo informuje o statusie energetycznym (i zarazem ekonomicznym) systemu.

2.4. Urządzenia e-komfortu – podsumowanie

Po lekturze poprzedniego rozdziału możemy zauważyć, że im niższy poziom piramidy Masłowa, tym potrzeba może być bardziej skonkretyzowana i uśredniona dla większej liczby osób, a także – w większym stopniu zautomatyzowana (rys. 2). Zgodnie z teorią Masłowa w pierwszej kolejności powinniśmy się skupić na automatyzacji potrzeb niższych poziomów, a dopiero potem przejść do zaspokajania potrzeb wyższego poziomu. Odpowiada to z grubsza aktualnemu stanowi techniki w dziedzinie domów i instalacji „inteligentnych” – większość z nich jest wyposażona w sprawne systemy HVAC/kontroli oświetlenia i bezpieczeństwa, natomiast potrzeby komunikacyjne, społeczne i środowiskowe były do tej pory pomijane. Nastąpił zatem odpowiedni czas, żeby tę sytuację zmienić, z tym, że zmiana ta będzie mogła być przeprowadzona bardzo płynnie, z wykorzystaniem wszystkich możliwości nowoczesnych technologii.



Rys. 2. Umiejscowienie urządzeń, systemów i technologii w ramach piramidy potrzeb Masłowa

W Tabeli 1 zestawiono aktualny stan techniki oraz potrzeby niższego i wyższego rzędu, wyliczone we wcześniejszej analizie. Na podstawie lektury tych danych można zauważyć, że w zasadzie nic nie stoi na przeszkodzie, żeby już teraz zacząć realizację potrzeb e-komfortu na wyższych poziomach – co najmniej potrzeby komunikacji oraz przynależności społecznej, a także niemniej ważnej potrzeby efektywnego wypoczynku. Jednocześnie należy wyraźnie zaznaczyć, że, w odróżnieniu od potrzeb niskiego poziomu, potrzeby wyższe są bardzo spersonalizowane, zatem ogólne podejście do rozwiązania problemów z tym związanych, powszechnie stosowane do tej pory (czyli normy i standardy), jest ciężkie do wprowadzenia. W zamian należy przemyśleć modułową oraz rozszerzalną strukturę przyszłego „inteligentnego” systemu, w którym spersonalizowany e-komfort staje się głównym celem.

3. Pomiar stopnia e-komfortu

Jak wynika z lektury poprzednich rozdziałów, parametry związane z odczuciem komfortu można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej z nich zaliczamy te parametry, dla których można podać konkretne wartości liczbowe, na przykład

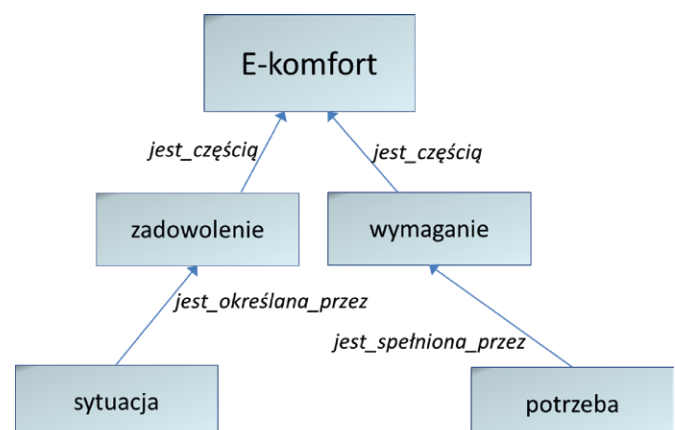
Tabela 1. Powiązanie urządzeń z potrzebami piramidy Masłowa

		Urządzenie/technologia	Normy i standardy
Parametry fizyczne	Komfort termiczny	Sensory: termometry, stacje pogodowe. Aktuatory: grzejniki, wentylatory.	☑
	Wentylacja i klimatyzacja	Systemy HVAC (sensory/aktuatory).	☑
	Wilgotność	Sensory analogowe i cyfrowe. Aktuatory: nawilżacze.	☑
	Gazy i zapachy	Sensory CO i CO ₂ , detektory siarkowodoru, alkoholu, amoniaku, metanu, propanu/butanu i innych gazów palnych, tlenu (sondy lambda) itp.	☑
	Oświetlenie	Sensory: czujniki i przełączniki światła, mierniki natężenia i barwy światła, spektrofotometry, kolorymetry. Aktuatory: przełączniki, ściemniacze, kontrolery RGB, sceny świetlne etc.	☑
	Szum i cisza	Sensory: mierniki natężenia dźwięku, detektory i mierniki szumu, audiospektrometry, czujki zbitcia szkła itp. Aktuatory: odtwarzacze muzyki i wideo, generatory szumu i odgłosów naturalnych, aplikacje na komputer.	☑
Parametry psychologiczno-społeczne	Tło i otoczenie	Systemy komunikacji pośredniej i bezpośredniej. Lokalizatory osób i zwierząt. Tło dźwiękowe (muzyka, radio, TV). Komunikacja naturalna (głos, gesty).	
	Akceptacja społeczna	Systemy komunikacji, serwisy społecznościowe i Web 2.0.	
	Komunikacja	Systemy komunikacji JIT w trybie H2H i H2M.	☑ Nowe propozycje dla komunikacji H2M
	Wypoczynek	J.w., z dodatkiem urządzeń wykrywania nastroju i kondycji fizycznej.	
	Instrukcje obsługi i interfejs H2M	Pomoc JIT ze strony urządzeń. Uczenie maszynowe.	
Warunki ekonomiczne		Pomiar zużycia energii.	☑ (w zakresie wyliczania kosztów energii oraz opomiarowania)
Bezpieczeństwo i ochrona prywatności		Sensory: ruchu i obecności (PIR, dualne, indukcyjne i pojemnościowe, dotykowe itp.), CCTV, RFID, kontaktrony, większość urządzeń wymienionych wcześniej w niniejszej tabeli. Aktuatory: systemy kablowe oraz wykorzystujące komunikację radiową np. w paśmie 433 MHz (automatyczne drzwi, okna, rolety itp.), syreny i inne urządzenia alarmowe, synteza głosu, wyświetlacze LCD i LED, zdalny dostęp (smartfon/Android) itp.	☑ Wiele standardów przemysłowych, choć większość systemów trudna do połączenia bezpośrednio z systemem komputerowym

optymalną temperaturę lub poziom wilgotności powietrza. Do drugiej grupy zaliczymy te parametry, dla których można tylko ogólnie określić, czy w wystarczającej mierze spełniają wymagania. Przynależność danego parametru do danej grupy zależy od oceniającego stopień komfortu. Dla przykładu, ktoś może zadeklarować, że optymalna dla niego temperatura w pomieszczeniu to 21°C. Jednocześnie ktoś inny będzie tylko w stanie określić, czy jest mu zimno, czy gorąco. Zatem modelowanie komfortu należy rozpocząć od (indywidualnego) podziału parametrów na dwie grupy (rys. 3):

- związane z zadowoleniem (czyli niewyliczalne, a tylko oceniane przez człowieka);
- związane ze spełnieniem wymagań (wliczalne, z podaniem konkretnych wartości).

Podział parametrów komfortu na grupy zadowolenia oraz spełnienia wymagań jest na pierwszy rzut oka dość dziwny, jed-



Rys. 3. Dwutorowe modelowanie e-komfortu

Tabela 2. Parametry komfortu w typowym podziale na zadowolenie i spełnienie wymagań

		Zadowolenie	Spełnienie wymagań
Parametry fizyczne	Komfort termiczny		☑
	Wentylacja i klimatyzacja		☑
	Wilgotność		☑
	Gazy i zapachy		☑
	Oświetlenie		☑
	Cisza i szумы otoczenia	☑	☑
Parametry psychologiczno-społeczne	Tło: akustyczne, towarzyskie (społecznościowe), towarzystwo przedmiotów i zwierząt	☑	
	Samo-akceptacja, akceptacja społecznościowa	☑	
	Komunikacja	☑	☑
	Wypoczynek	☑	
	Nauka	☑	
Warunki ekonomiczne		☑	☑
Bezpieczeństwo		☑	☑

nak po głębszym zastanowieniu staje się dość naturalny. W pewnych sytuacjach jesteśmy w stanie dość precyzyjnie określić, dlaczego pewien aspekt komfortu nam odpowiada (lub nie), podając optymalną dla nas wartość związanego z tym aspektem parametru i oczekując jej ustalenia. Wracając do przykładu z temperaturą, w pomieszczeniu większość z nas wybiera wartość ok. 21°C, nawet się głębiej nad tym nie zastanawiając. Natomiast po wyjściu z domu, wystawieni na wiatr, deszcz czy śnieg, mamy duże kłopoty z ustaleniem takiej wartości – najczęściej robimy to metodą prób i błędów, na bieżąco oceniając, czy jest nam za zimno, czy też za gorąco. Po pewnym czasie i kilku oscylacjach wokół wartości średniej nasze preferencje zostaną skonkretyzowane i pozostaną niezmiennie tak długo, aż nie zmienią się warunki. Zatem podejście typu „lubię/nie lubię” ma szansę być po pewnym czasie „szkolenia” zmienione na podejście „chcę dokładnie tak”. Czyli, posługując się opisem z rys. 3, przechodzimy od fazy „zadowolenia” do „spełnienia wymagań”. Należy jednak jeszcze raz wyraźnie powtórzyć – zarówno sam podział, jak i jego ewolucja bardzo silnie zależą od indywidualnych preferencji i możliwości danej osoby, a także pewnego ogólnego kontekstu. W tabeli 2 zobrazowano taki podział dla przeciętnego użytkownika.

Z punktu widzenia systemu komputerowego znacznie łatwiej nadzorować spełnienie wymagań (czyli porównywać określone wartości parametrów z wymaganiami), niż modelować zadowolenie za pomocą bardzo rozmytych kryteriów. Zatem system powinien zachęcać użytkowników do ścisłego określania wymagań, sugerując (na podstawie wcześniejszych ocen dokonywanych przez użytkownika i własnych pomiarów) optymalne wartości danych parametrów. System powinien też nadzorować kontekst, który możemy określić jako zbiór tych parametrów

otoczenia, na które użytkownik nie ma wpływu i musi je przyjąć takie, jakie są⁵.

Podział między zadowolenie i spełnienie wymagań jest też dość naturalny w kontekście wcześniejszych prac związanych ze standaryzacją komfortu. Na przykład standard ISO 7730:2005 [ISO7730] określa komfort termiczny jako „zespół odczuć człowieka związanych z ogólnym balansem termicznym ciała, na który mają wpływ m.in. ubranie i aktywność fizyczna oraz mierzalne parametry otoczenia, takie jak temperatura powietrza, jego wilgotność, przepływ itp.”

3.1. Miara komfortu

Zadowolenie, stanowiące pierwszą grupę parametrów e-komfortu, może być mierzone jako suma wartości wszystkich parametrów (aspektów), które się na nie składają i które odpowiadają kolejnym „rozmytym” potrzebom piramidy Masłowa:

$$L_c = \text{ocena_aspektu}_1 + \text{ocena_aspektu}_2 + \text{ocena_aspektu}_3 + \dots$$

Wartości parametrów należy znormalizować, na przykład przyjąć skalę 0–100%, gdzie 0% oznacza całkowite niezadowolenie z wartości dla danego parametru, natomiast 100% zadowolenie maksymalne.

Ponieważ ocena każdego parametru jest indywidualna, w celu personalizacji oceny ogólnej komfortu wprowadzmy wagi poszczególnych parametrów, które odzwierciedlają, na ile dany parametr jest istotny dla każdej osoby:

$$L_{cw} = (\text{ocena_aspektu}_{c1} * \text{waga}_{c1} + \text{ocena_aspektu}_{c2} * \text{waga}_{c2} + \dots + \text{ocena_aspektu}_{c3} * \text{waga}_{c3} + \dots)$$

Wagi też są wyrażane w skali procentowej, przy czym ich wartości mogą być zerowe (co oznacza, że dany parametr nie jest brany pod uwagę w obliczeniach) oraz mogą wykroczyć poza skalę 0–100% (co oznacza, że dany parametr jest szczególnie istotny w porównaniu z innymi).

Podobnie możemy modelować spełnienie wymagań (podobnie wyrażając spełnienie danego wymagania w skali procentowej⁶):

$$L_s = \text{spełnienie_wymagania}_{s1} + \text{spełnienie_wymagania}_{s2} + \dots + \text{spełnienie_wymagania}_{s3} + \dots$$

$$L_{sw} = (\text{spełnienie_wymagania}_{s1} * \text{waga}_{s1} + \text{spełnienie_wymagania}_{s2} * \text{waga}_{s2} + \dots)$$

Poziom komfortu jest sumą zadowolenia i spełnienia wymagań:

$$L_{com} = L_{cw} + L_{sw}$$

Przyjmując skalę procentową oraz wartość 100% jako całkowity poziom zadowolenia/spełnienia dla danego parametru, możemy określić maksymalny poziom komfortu jako sumę wszystkich wag:

$$L_{cmax} = (100\% * \text{waga}_{c1} + 100\% * \text{waga}_{c2} + 100\% * \text{waga}_{c3} + \dots) = (\text{waga}_{c1} + \text{waga}_{c2} + \text{waga}_{c3} + \dots)$$

$$L_{smax} = (100\% * waga_{s1} + 100\% * waga_{s2} + 100\% * waga_{s3} + \dots)$$

$$L_{commax} = L_{cmax} + L_{smax}$$

Na podstawie maksymalnego poziomu możemy teraz określić stopień dyskomfortu, czyli powiedzieć, jak daleko jest do osiągnięcia parametrów optymalnych:

$$L_d = L_{commax} - L_{com}$$

Możemy także wyrazić stopień dyskomfortu w naturalnej dla większości ludzi skali procentowej 0–100%:

$$L_{d\%} = 100\% * (L_{commax} - L_{com}) / L_{commax} [\%]$$

3.2. Modelowanie wzajemnych zależności między parametrami e-komfortu

Pojawia się pytanie, czy poszczególne parametry komfortu są wzajemnie niezależne, czy też zmiana jednego z nich wpływa na pozostałe. Na przykład czy zwiększając temperaturę powietrza w pomieszczeniu, powinniśmy też podnieść poziom wilgotności i zwiększyć przepływ powietrza? Każdy, kto był na wakacjach w tak zwanych „ciepłych” krajach lub odwiedził fińską saunę, powie: „oczywiście tak”. Dla wielu parametrów komfortu możemy określić parametry stowarzyszone, dla których zmiany wartości trzeba w pewnym sensie synchronizować. Podobnie, jeśli zmieni się kontekst – niektóre parametry zaczynają nabierać większego znaczenia, a niektóre stają się mniej istotne. Na przykład (jak już wcześniej wspomniano), niezbyt dbamy o optymalną temperaturę w pubie, w dobrym towarzystwie, natomiast po powrocie do domu nawet drobne odchylenie od normy zaczyna nam przeszkadzać.

Już pobieżna analiza korelacji potrzeb pokazuje, że im niższy poziom piramidy Masłowa, tym większa szansa, że dana potrzeba jest skorelowana z inną. Jednocześnie potrzeby niższego rzędu są najczęściej wyrażane konkretnymi wymaganiami, a nie poziomem zadowolenia. Zatem do modelowania tych korelacji możemy wykorzystać dobrze znany mechanizm „zdarzenie – warunek – akcja” (ang. *event-condition-action*, ECA), gdzie warunki są określane przez aktualne wartości parametrów, a akcje są związane z manipulowaniem wagami tych parametrów:

IF <warunek> THEN <akcja>

gdzie:

- <warunek> określa operację arytmetyczno-logiczną na aktualnych wartościach parametrów, np. „IF spełnienie_wymagania_{s1} > 50 THEN ...”, „IF kontekst_{c1} == „dom” THEN ...”, natomiast
- <akcja> jest odpowiednikiem klasycznej instrukcji przypisania wartości, znanej z imperatywnych języków programowania, w której można zmienić wartość określonej wagi, np. „... THEN waga_{c1} = 2 * waga_{c1}”.

Zbiór reguł ECA jest interpretowany, reguła po regule, podczas każdego obliczenia stopnia (dys)komfortu. Zbiór ten jest indywidualny dla każdej osoby, w szczególności może być pusty

(czyli dana osoba nie chce uwzględniać wzajemnych zależności między parametrami). Dopiero po interpretacji wszystkich reguł i określeniu wartości wszystkich wag parametrów następuje obliczenie wartości stopnia (dys)komfortu (por. rozdział poprzedni).

Zbiór reguł może być także wykorzystany do uwzględnienia kontekstu – rozpatrywane warunki mogą mieć odniesienie do zewnętrznych parametrów otoczenia.

3.3. Komfort grupowy

Do tej pory zakładaliśmy, że komfort jest określany dla każdej osoby niezależnie. Co jednak w sytuacji, gdy w danym pomieszczeniu przebywa większa grupa osób? Osoby te powinny między sobą uzgodnić wypadkowe parametry komfortu, będące średnią ich indywidualnych wymagań. W ten sposób z punktu widzenia każdej z tych osób sytuacja nie będzie optymalna, ale z punktu widzenia grupy zostanie zminimalizowany stopień dyskomfortu dla wszystkich zainteresowanych osób.

W celu określenia wypadowych wartości poszczególnych parametrów komfortu dla grupy osób wystarczy uśrednić wagi określone przez każdą z osób dla danego parametru:

$$waga_{avc1} = (waga_{c1} \cdot osoba_1 + waga_{c1} \cdot osoba_2 + \dots + waga_{c1} \cdot osoba_n) / n$$

gdzie sufiks *osoba_i* jest wskazaniem na wartość parametru określoną przez tę osobę, a *n* jest liczbą osób zaangażowanych w negocjacje.

W podany powyżej sposób określane są średnie wagi wszystkich parametrów. Jeśli dla danej osoby jakiś parametr nie jest ważny (czyli nie zadeklarowała ona wagi tego parametru), osoba ta nie jest brana pod uwagę w tym fragmencie obliczeń (*n* jest zmniejszana o jeden).

W podobny sposób można ewaluować zbiór reguł ECA zadeklarowanych przez każdą z negocjujących osób⁷.

4. Przykłady kompleksowego modelowania e-komfortu

Podstawowym przesłaniem dla przedstawionej w artykule idei e-komfortu jest użycie otaczających nas urządzeń i instalacji Internetu Rzeczy do polepszenia warunków życia. Chcemy, żeby każda osoba czuła się komfortowo, choć niekoniecznie, żeby wykonywała w tym celu jakiegokolwiek czynności. Urządzenia mają pełnić rolę „dobrego służącego” Marka Weisera – służyć ludziom wtedy, gdy jest to potrzebne, ale gdy nie jest – pozostać w cieniu, niezauważone. Urządzenia mają uwolnić człowieka od wykonywania czynności związanych z komfortem, do których jesteśmy przyzwyczajeni – włączania lampy, gdy jest zbyt ciemno, uruchomienia grzejnika, gdy zbyt zimno itp. W efekcie uzyskujemy „bezobsługowy” lub „bezdotykowy” (ang. *switchless* lub *hands free*) dom lub miejsce pracy, w którym urządzenia inicjują odpowiednie akcje w odpowiedzi na wymagania zmierzające do zwiększenia komfortu użytkowników.

Idea domu „bezdotykowego” nie jest nowa. Niemal od początku rozwoju elektroniki ludzie marzyli o domu, w którym światło zapala się samo, gdy ktoś wejdzie do ciemnego pomieszczenia, temperatura reguluje się sama, gdy zaczyna być za zimno/gorąco, rolety opuszczają/podnoszą się same, niwelując efekt

nadmiernego (lub braku) oświetlenia słonecznego itp. W ostatnich latach, wraz ze znaczną obniżką cen urządzeń automatyki domowej oraz komputerów przenośnych i smartfonów, pojawiło się szereg propozycji takiego domu. Na przykład w systemie Savant [Savant], który zdobył prestiżową nagrodę „Home of the Year” w roku 2012, system automatyki, pobierając dane z sensorów warunków otoczenia oraz ruchu/obecności, steruje otwieraniem oraz zamykaniem drzwi i okien, poziomem oświetlenia w pokojach, ogrzewaniem, roletami słonecznymi, a nawet odgrywaniem muzyki, która „wędruje” po domu wraz ze słuchaczem, wjeżdżający na podjazd samochód jest identyfikowany, a na kierowcę czeka już w kuchni jego ulubiona kawa itd.

Wraz ze wzrastającą wśród amatorów elektroniki popularnością systemu Arduino (i mikrosterowników firmy Atmel) pojawiło się szereg amatorskich i półprofesjonalnych systemów kompleksowego zarządzania automatyką domową, z myślą o większym komforcie użytkowników. Niektóre z tych systemów, w miarę skromnego budżetu, także są projektowane z myślą o eliminacji wyłączników światła, regulatorów grzejników itp. Szczególnie popularne stają się rozwiązania bezprzewodowe [Switchless home], wykorzystujące łączność Bluetooth oraz jej ostatnie usprawnienia, w tym tak zwane boje identyfikacyjne (ang. *beacons*), np. propozycja polskiej firmy Estimote [Estimote]. Identyfikacja w połączeniu z typowymi sensorami automatyki domowej pozwala na bardzo dużą personalizację zachowania systemu, a jednocześnie zapewnia duży poziom bezpieczeństwa i ochrony prywatności.

Do głosu dochodzą też alternatywne formy komunikacji, które mają zastąpić naciskanie przycisków: komunikacja głosowa oraz sterowanie gestami. W systemie VoicePod [Voicepod] wykorzystano analizę i syntezę mowy w celu wydawania poleceń urządzeniom przez ludzi. Urządzenia VoicePod, komunikujące się ze sobą za pomocą łączności Zigbee, pozwalają na sterowanie np. oświetleniem i ogrzewaniem, a także odpowiadają za bezpieczeństwo domu. Urządzenia te komunikują się z ludźmi głosowo, za pomocą ograniczonego słownika i przy uproszczonej gramatyce zdań, która jednak w zupełności wystarcza do wydawania prostych poleceń typu „włącz/wyłącz” lub „zmień wartość”.

Idea „bezobsługowego” domu przybiera czasem dość niespodziewane formy. W systemie IDEABuilder, wykorzystując urządzenie Microsoft Kinect do analizy gestów, można wirtualnie umeblować pusty pokój, wskazując rękami miejsca, gdzie mają stać meble [Hands-free home]. Jednakże sterowanie tak zaprojektowanym budynkiem odbywa się już w tradycyjny sposób.

Jak widzimy, idea „bezdotykowego” domu zdobyła już pewną popularność. Jednakże brakuje w tym obszarze głębszych przemyśleń, a także opracowania pewnej ogólnej teorii i standardów. Przedstawione powyżej propozycje to w dużej mierze rozwiązania prototypowe, amatorskie i hobbistyczne, a nie rzeczywista oferta rynku. Ten ciągle pozostaje bardzo tradycyjny, nawet jeśli ścienne regulatory próbuje się zastąpić aplikacją działającą na smartfonie lub wzbogaca się konkretne urządzenia o interfejs naturalny (np. sterowanie głosowe i gestami w telewizorach Samsunga). Jednak są to dopiero próby – aplikacja na smartfonie nie działa dłużej niż kilka godzin (bo Java szybko wyczerpuje energię baterii), a postawienie obok siebie dwóch urządzeń

z interfejsem głosowym powoduje niepożądane, choć czasami dość zabawne efekty (np. próby „rozmowy” asystentki Siri z telewizorem Samsung, stanowiące temat wielu filmów udostępnianych przez YouTube). Jest widoczne, że należy pójść znacznie dalej – podejście całościowe do modelowania e-komfortu, które jest opisane w niniejszym artykule, jest propozycją w tym kierunku. Wymaga to jednak fundamentalnych zmian nie tylko w projektowaniu automatyki domowej, ale także masowego wprowadzenia wspomnianych wyżej interfejsów naturalnych (mowa i gesty) oraz systemów pokrewnych, na przykład detektorów nastroju, aktywności, śledzenia linii wzroku itp. Poniżej przedstawiono trzy propozycje w tym zakresie: komfortowego domu (jako miejsca prywatnego, do osobistego użytku), miejsca pracy oraz muzeum (jako miejsca publicznego).

4.1. Komfortowy dom

Głównym celem komfortowego domu jest zapewnienie wypoczynku po pracy oraz uwolnienie mieszkańców od uciążliwych codziennych czynności, nawet tak prostych, jak zapalenie światła lub wybranie ulubionego programu w telewizorze. Bezobsługowy, komfortowy dom powinien zatem:

- **identyfikować osoby przy wejściu** do każdego pomieszczenia, na przykład za pomocą znaczników RFID/NFC noszonych w kieszeni, za pomocą rozpoznawania twarzy/syłwetki/dłoni przez kamery monitoringowe, za pomocą analizy głosu lub parametrów ciała (puls, temperatura, oddychanie itp.); należy w tym miejscu zakładać minimalny poziom interakcji ze strony mieszkańców, a nawet nieświadomość poddawania się procedurze identyfikacji;
- **zbierać i pamiętać osobiste preferencje mieszkańców** albo jawnie zadeklarowane przez daną osobę, albo wydedukowane z jej zachowania i reakcji; w systemie powinna być także możliwość sygnalizacji, że dana sytuacja nie jest komfortowa („Jest zbyt gorąco, zrób coś z tym”);
- **umożliwić „rozmowę” w języku zbliżonym do naturalnego** z obiektami i instalacjami domu, połączoną z identyfikacją tych obiektów za pomocą dotyku, śledzenia linii wzroku, nazw/słów kluczowych itp. [Rykowski];
- **umożliwić interakcję i wydawanie poleceń** za pomocą naturalnych gestów (np. ręka w dół – zmniejszenie poziomu, palec na ustach – wyciszenie itp.) i wskazywania (najlepiej palcem);
- **zastąpić wszystkie przełączniki i włączniki** (światło, ogrzewanie, rolety itp.) automatycznymi akcjami, wywoływanymi na podstawie kontekstu i preferencji mieszkańców („gdy poziom oświetlenia spadnie poniżej 100 lx i jestem w pomieszczeniu, zaświeć górną lampę i ustaw jej temperaturę barwową na 3000°K”);
- **zapewnić odpowiedni poziom ochrony prywatności oraz bezpieczeństwa**, połączony z powiadamianiem o sytuacjach alarmowych i wymagających interwencji człowieka (włączając automatyczne otwieranie drzwi dla znanych osób, ale także informacje o wycieku wody, nadchodzącej burzy itp.).

Typowy scenariusz wykorzystania możliwości komfortowego domu jest następujący:

- gdy pod wieczór wracamy do domu, samochód, na podstawie danych GPS i szacunkowego czasu przyjazdu) wysyła infor-

mację o zbliżaniu się do domu, który tym samym może się przygotować: oświetlić podjazd, otworzyć drzwi do garażu, ale także włączyć odpowiednio wcześniej wentylację i ogrzewanie, a nawet przygotować kawę;

- podczas wchodzenia do domu system identyfikuje osobę, która przekracza próg (na przykład za pomocą czytnika RFID we framudze drzwi lub czytnika odcisków palców w klamce), automatycznie zwalniając blokadę drzwi, a nawet otwierając drzwi za pomocą siłownika;
- w każdym pokoju, w którym dana osoba aktualnie się znajduje, system włącza odpowiednie tło dźwiękowe (radio, telewizja, muzyka), „przechodząc” z tym tłem z pokoju do pokoju, w miarę jak osoba porusza się po budynku;
- w zależności od potrzeb i zewnętrznych zgłoszeń, system umożliwia komunikację głosową i/lub wizualną z osobami z zewnątrz, za pomocą wbudowanych kamer i mikrofonów, czyli bez potrzeby noszenia przy sobie telefonu;
- w momencie pojawienia się nieoczekiwanego zdarzenia, system powiadamia o tym domownika i pyta o wytyczne; może to dotyczyć zarówno ostrzeżenia o przelewaniu się wody w wannie, jak i pytania o przełączenie programu telewizyjnego na inny kanał, na którym właśnie zaczyna się film z gatunku „ulubionych”; powiadamianie i interakcja są realizowane za pomocą interfejsów naturalnych (głos i gesty);
- późnym wieczorem system, w zależności od nastroju i aktywności domownika (które może ocenić na podstawie barwy i natężenia głosu, wyrazu twarzy, uśmiechu itp.), proponuje formę wypoczynku i przygotowania do snu (relaksująca muzyka, film, rozmowa itp.);
- po zaśnięciu domownika system wyłącza wszystkie zbędne urządzenia i instalacje (światło, ogrzewanie), a także uzbraja system alarmowy;
- nad ranem – system budzi domownika zgodnie z jego kalendarzem zajęć/spotkań, podczas porannej kawy przypominając mu plan dnia;
- po wyjeździe domowników do pracy system wykonuje rutynowe czynności – sprzątanie, konfiguracja (w tym uaktualnienie wersji i poprawki bezpieczeństwa) itp., a także przełącza dom w stan czuwania, wyłączając zbędne urządzenia dla celów oszczędności energii.

Pomimo szeregu niewątpliwych zalet, bezobsługowy dom ma także wady – należy wymienić co najmniej trzy⁸. Po pierwsze, dom jest bezużyteczny w przypadku przerwy w dopływie energii elektrycznej – aby temu przeciwdziałać, należy wyposażyć instalację w zasilanie awaryjne (akumulatorowe lub z generatora), co jest regułą w dzisiejszych systemach automatyki, ale mocno komplikuje instalację oraz podnosi jej koszt. Po drugie, nieustanny podgląd czynności domowników może być dla niektórych osób dość denerwujący, szczególnie w takich krępujących sytuacjach, jak np. wizyta w toalecie (system musi monitorować obecność wszędzie, także i tam, chociażby po to, żeby włączać i wyłączać oświetlenie). Po trzecie, zgodnie z zasadą, że nieużywane organy zanikają, system może powodować „wyłączenie myślenia” u niektórych osób, a raczej tak je do siebie przyzwyczaić, że osoby takie nie będą potrafiły sobie radzić w sytuacjach kryzysowych (na przykład w razie braku zasilania).

Oczywiście powyższy scenariusz to tylko przykład, a pomoc systemu każdy może ograniczyć do takiego zakresu, który dla niego (niej) jest komfortowy. Jeśli ktoś będzie stawiał wygodę i komfort we własnym domu na pierwszym planie, powyższe wady nie będą stanowiły większego problemu.

4.2. Komfortowe miejsce pracy

Głównym celem komfortowego miejsca pracy jest podniesienie efektywności pracownika przez zapewnienie mu optymalnych warunków pracy. Można to zrealizować przez uwolnienie pracownika od rutynowych czynności, zapewniając:

- automatyczną identyfikację przy wejściu do budynku i pomieszczenia;
- automatyczne ustalenie parametrów działania instalacji HVAC w najbliższym otoczeniu;
- automatyczną weryfikację uprawnień;
- automatyczne zawiadamianie o zdarzeniach oraz przypomnienie o konieczności wypełniania obowiązków (np. pilnowanie porządku spotkań),

a także pomagając w innych obowiązkach. Ponieważ w budynku zawsze przebywa więcej osób, niektóre także zmieniają miejsce pracy, należy położyć większy nacisk na negocjacje warunków komfortu, czyli uzgadnianie jego parametrów w ramach grupy, najlepiej w pełni zautomatyzowane.

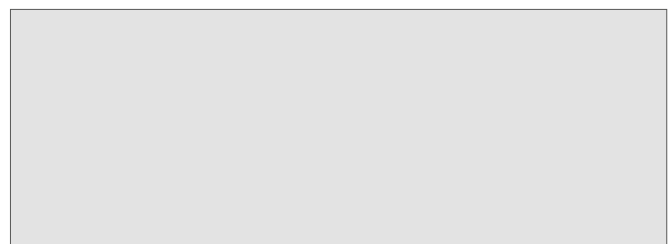
Podobnie jak w poprzednim przypadku, główną wadą proponowanego rozwiązania jest konieczność nieustannego śledzenia pracowników (nie tylko ich lokalizacji, także stopnia wypełniania obowiązków służbowych itp.) przez system. Z drugiej strony takie informacje mogą być potem użyte przez kadrę zarządzającą do oceny pracowników lub usprawnienia działania przedsiębiorstwa, prowadząc nawet do natychmiastowej oceny i karanie pracowników niewywiązujących się ze swoich obowiązków (koszmar dla pracowników, ale idealny system dla pracodawców).

4.3. Komfortowe zwiedzanie muzeum

Jaki jest najczęstszy problem w nowo odwiedzanym miejscu? Dla większości z nas będzie to uczucie zagubienia. Zatem, aby poprawić komfort w takim miejscu, należy zwiększyć dostęp do informacji oraz dobrze dopasować tę informację do kontekstu (miejsca, czasu, sytuacji, potrzeb). Kontekstowy informator w takich publicznych miejscach, jak muzeum lub dworzec kolejowy, nie wspominając o galerii handlowej, umożliwia:

- **automatyczne kupno i sprawdzanie biletów**, połączone z identyfikacją/autoryzacją jego posiadacza (np. przy wejściu do muzeum – osoby bez biletów są proszone o ich zakup drogą tradycyjną, w kasie, pozostali mogą swobodnie wchodzić i wychodzić);

reklama



- **dotatkowe wyjaśnienia** uruchamiane faktem zatrzymania się w danym, „interesującym” miejscu, w języku i trybie dopasowanym do możliwości i wymagań słuchacza;
- **automatyczna obsługa** wielu języków narodowych (w tym autotranslacja opisów artefaktów w muzeum lub towarów na półce sklepowej);
- **kontekstowe odpowiedzi na najczęściej zadawane pytania;**
- **automatyczne sugestie** co do drogi zwiedzania (w muzeum), kolejności odwiedzenia sklepów (centrum handlowe – personalne przypomnienie o „interesujących” promocjach, kontaktu do urzędnika/kasjera itp.; sugestie mogą uwzględniać potrzeby tłumu chętnych, rozkładając odwiedziny danego miejsca w czasie;
- **automatyczne wyszukiwanie osób** nieuprawnionych oraz zagubionych (na przykład dzieci).

Dodatkowo można pomyśleć np. o „inteligentnym” systemie HVAC, który uwzględni życzenia gości, dbając przy tym o stan miejsca (np. odpowiednią temperaturę dla obrazów w muzeum), dynamiczne tworzenie grup dyskusyjnych (np. anonimowa wymiana opinii na temat właśnie oglądanego artefaktu lub sugestie co do obejrzenia „ciekawych” eksponatów) itp.

Podobnie jak w poprzednich przykładach, największą wadą proponowanego rozwiązania jest konieczność poddawania się nieustannemu śledzeniu. Wadę tę można jednak przemienić w zaletę – jeśli będziemy śledzić nie położenie ludzi, a lokalizację ich telefonów komórkowych, to taki telefon może być jednocześnie biletem, podawać w miarę potrzeby dodatkowe informacje, dokonywać przekładu na inny język itp., pełniąc rolę indywidualnego przewodnika. Jest to rozwiązanie dla większości osób bardziej komfortowe (bo korzystają ze znanego sobie sprzętu), a przy tym ekonomicznie bardziej uzasadnione (muzeum lub sklep nie muszą inwestować w drogie systemy interakcji z ludźmi – wystarczy ekran, klawiatura, a także mikrofon i głośnik smartfonu).

5. Wnioski końcowe

Niniejszy artykuł został poświęcony zagadnieniu zapewnienia e-komfortu za pomocą wszechobecnych urządzeń elektronicznych, czyli Internetu Rzeczy. Przedstawiono analizę typowych potrzeb człowieka na podstawie piramidy potrzeb Abrahama Masłowa oraz dokonano przyporządkowania tych potrzeb do konkretnych urządzeń automatyki. Pokazano sposób modelowania e-komfortu w przeliczeniu na wartości liczbowe, w podziale na zadowolenie oraz spełnienie wymagań. Pokazano także, jak uwzględnić kontekst przy modelowaniu e-komfortu oraz jak negocjować parametry e-komfortu dla grupy ludzi znajdujących się w tym samym miejscu i czasie. Pokazano też podstawowe trendy w wykorzystaniu e-komfortu do spełniania potrzeb użytkowników w „inteligentnym” domu, miejscu pracy oraz miejscu publicznym (szpital, muzeum, dworzec itp.).

Zawarta w artykule analiza e-komfortu prowadzi do pewnych ogólnych wniosków, które wymieniono poniżej.

1. Nie możemy budować systemów automatyki bez uwzględnienia złożonych zależności między poszczególnymi parametrami e-komfortu – należy kompleksowo podejść do

systemów „inteligentnych”, czego wyrazem jest niniejszy artykuł.

2. Należy położyć znacznie większy nacisk na personalizację (punkt widzenia jednego użytkownika) oraz negocjacje (punkt widzenia tłumu).
3. Należy konstruować systemy samouczące, które będą użytkownikom sugerować optymalne (z ich punktów widzenia) parametry komfortu, w miarę jak będą się uczyć zwyczajów użytkowników, analizując ich zachowanie i zgłaszane potrzeby.
4. Przy powszechnie stosowanej kontroli parametrów związanych z najniższym poziomem hierarchii Masłowa (potrzeb „fizjologicznych” – głównie systemy HVAC) należy uwzględnić także wyższe poziomy tej hierarchii, czyli psychologiczny i społeczny, oraz globalny kontekst.
5. Pełna automatyka nie będzie męcząca tylko wtedy, gdy dobrze dopasuje się (kompleksowo) do wymagań użytkowników; w przeciwnym razie użytkownicy będą dążyć do odzyskania kontroli nad środowiskiem kosztem np. wyłączenia automatyki i przejścia na sterowanie manualne.
6. Należy położyć znacznie większy nacisk na naturalne metody komunikacji między człowiekiem i systemem, przede wszystkim interfejs głosowy, sterowanie gestami, śledzenie linii wzroku, rozpoznawanie nastroju na podstawie np. mimiki twarzy i natężenia głosu itp.

W niniejszym artykule skoncentrowano się na tych parametrach komfortu, które są związane z potrzebami przypisanymi do poziomów piramidy Masłowa. Jednakże można sobie wyobrazić szereg potrzeb, których Masłow nie przewidział, na przykład potrzebę ciągłego monitorowania stanu zdrowia (organizmu) przez osoby chore, konieczność udzielania pomocy osobom niepełnosprawnym (np. w postaci specjalizowanych interfejsów komunikacyjnych) itp. Proponowane w artykule podejście można w stosunkowo łatwy sposób rozbudować o modelowanie dowolnych potrzeb tego typu, także tych, które dopiero pojawiają się w przyszłości, na przykład na skutek postępu technologicznego.

Podziękowanie

Niniejsza praca została sfinansowana w ramach projektu GOLIATH, finansowanego wspólnie przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR) oraz Narodową Agencję Badań Luksemburga (FNR) – grant NCBR numer 200021E-136316/1 oraz Luxembourg National Research Fund (FNR) grant numer INTER/SNSF/10/02.

Przypisy

- 1 Nie jest jasne, ile człowiek ma zmysłów. Arystoteles wymienił pięć, ostatnio badacze wprowadzają kolejne: zmysł równowagi, zmysł percepcji (poczucie własnego ciała i jego stanu), zmysł głodu, zmysł pola elektrycznego lub elektromagnetycznego (głównie w przypadku ptaków) itd. – niektórzy wymieniają więcej niż dwadzieścia zmysłów.
- 2 Nie tylko – na światło reaguje także nasza skóra, niektóre rośliny i zwierzęta mają też inne zmysły i narządy wykorzystujące światło lub niesioną przez nie energię.

- 3 Mówimy tutaj o sterowaniu człowiekiem, a nie przez człowieka – interfejsy wykorzystujące np. fale mózgowo są już dobrze rozpoznane, aczkolwiek ciągle ich użyteczność w ogólnym ujęciu jest bardzo dyskusyjna.
- 4 W znanej ekranizacji tej książki, autorstwa Ridleya Scotta, z H. Fordem w roli łowcy Deckarta, wątek elektronicznych zwierząt domowych został niestety prawie w całości pominięty.
- 5 Pojęcie kontekstu daleko wykracza poza ramy takiej prostej definicji. Jest to zagadnienie na tyle szerokie, że wymaga do pełnego opisu osobnej publikacji – w niniejszym artykule poprzestaniemy na uproszczonej, intuicyjnej definicji, zaniebując także np. modelowanie historii, nabieranie doświadczenia itp.
- 6 Dla parametrów o wartościach zerojedynkowych (typu „jest/nie ma”) oznacza to wybór jednej z dwóch skrajnych wartości: 0 lub 100%.
- 7 W rzeczywistości należy w tym miejscu określić priorytety, gdyż reguły różnych osób mogą być sprzeczne. Zagadnienie priorytutowania (czyli określenia ważności osób) wykracza jednak poza ramy tego artykułu.
- 8 Pomijamy tu kwestie czysto ekonomiczne, czyli koszt realizacji i użytkowania takiego systemu.

Literatura

- [Masłow] Hierarchia potrzeb wg Masłowa, http://pl.wikipedia.org/wiki/Hierarchia_potrzeb
- [Fanger] Ole Fanger bio, from http://en.wikipedia.org/wiki/P._Ole_Fanger
- [McDowall] McDOWALL R.: *Fundamentals of HVAC Systems*. Elsevier, San Diego 2006.
- [CO₂] CO₂ in buildings, www.energy.wsu.edu/Documents/CO2inbuildings.pdf
- [CO₂ position paper] www.eesinc.cc/downloads/CO2positionpaper.pdf
- [Estimote] What are Estimote Beacons?, <http://estimote.com/>
- [ISO7730] Ergonomics of the thermal environment, International Standard ISO 7730:2005, http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=39155
- [Rykowski] *Interakcja ludzi z inteligentnymi instalacjami i budynkami – główne problemy i kierunki rozwoju*. „Napędy i Sterowanie” 12/2013, s. 56–64, http://nis.com.pl/nis/dane_nis/pl/pliki/artykuly_naukowe/artn_213.pdf
- [Savant] Savant home control system, http://www.electronichouse.com/article/control_systems_turn_house_into_hands_free_home/
- [Switchless home] Switchless home, http://stab-iitb.org/wiki/1RE29_Switchless_Home
- [VoicePod] VoicePod, <http://vimeo.com/63362122>
- [Hands-free home] Hands-free home, <http://www.smartplanet.com/blog/decoding-design/hands-free-home-design/>
- [Weiser] WEISER M.: *The Computer for the 21st Century* – Scientific American Special Issue on Communications, Computers, and Networks, 1991.