Jarosław Domaszewicz[1]
Spyros Lalis[2]
Manos Koutsoubelias[2]
Tomasz Tajmajer [1]
Aleksander Pruszkowski[1]
Nasos Grigoropoulos[2]
[1]Instytut Telekomunikacji, Politechnika Warszawska,
{domaszew, t.tajmajer, apruszko}@tele.pw.edu.pl
[2]IRETETH/CERTH & University of Thessaly, Grecja
{lalis, emkouts, athgrigo}@inf.uth.gr

PROJEKT SACCOM: WALIDACJA "MIĘKKIEGO STEROWANIA" W ŚRODOWISKU BIUROWYM

Streszczenie: **SACCOM jest częścią projektu SmartSantander i przeprowadza dwa eksperymenty z sieciami sensorów i elementów wykonawczych (SAN). Eksperyment opisywany w referacie ma na celu walidację tzw. „miękkiego sterowania". Aplikacja kontekstowa z miękkim sterowaniem nie wpływa na otoczenie za pomocą elementów wykonawczych. Zamiast tego, na podstawie danych z sensorów, aplikacja sugeruje użytkownikowi, aby ten wykonał proste czynności sterujące, np. obniżenie nastawy termostatu. Użytkownik akceptuje lub odrzuca sugestię, zachowując kontrolę nad swoim środowiskiem. Sugestie są przekazywane nienatarczywie, z poszanowaniem uwagi użytkownika. Opisywany eksperyment był realizowany z użyciem sieci SAN SmartCampus w pomieszczeniach biurowych w University of Surrey. Wstępna analiza wyników zebranych od uczestników wskazuje na ich pozytywną reakcję na system z miękkim sterowaniem.**

1. WSTĘP

Niniejszy referat przedstawia „miękkie sterowanie" – uniwersalną technikę interakcji systemu inteligencji otoczenia (*ambient intelligence*) z użytkownikiem, w warunkach domowych i biurowych. Ponadto, referat omawia eksperyment mający na celu walidację miękkiego sterowania z udziałem użytkowników, w ich naturalnym środowisku.

Omawiane zagadnienia były przedmiotem projektu europejskiego SmartSantander/SACCOM. We wstępie podano podstawowe informacje o tym projekcie, z uwzględnieniem jego genezy. Niedawno zakończony projekt SmartSantander/SACCOM[1] polegał na przeprowadzeniu eksperymentów wykorzystujących dużą sieć sensorów i elementów wykonawczych (*Sensor/Actuator Network*, SAN) w środowisku biurowym. SACCOM („*Soft Actuation over Cooperating Objects Middleware*") był wynikiem zgłoszenia wniosku do otwartego konkursu *First Open Call for Experiments* ogłoszonego przez projekt europejski SmartSantander. Prace projektu SACCOM trwały od lutego 2012 do maja 2013 (w założeniu był to projekt jednoroczny). Na czas przygotowania i przeprowadzenia eksperymentów, partnerzy „konsorcjum" SACCOM (Instytut Telekomunikacji Politechniki Warszawskiej oraz Institute of Research and Technology Thessaly/Center for Research and Technology Hellas z Grecji) weszli do konsorcjum SmartSantander. W sensie formalno-prawnym, SACCOM nie był oddzielnym projektem, a jedynie częścią projektu SmartSantander.

SmartSantander [1], zaplanowany do realizacji w okresie 2009-2013, należy do inicjatywy FIRE (*Future Internet Research & Experimentation*) [2], polegającej na tworzeniu innowacyjnych instalacji sieciowych, ogólnie dostępnych dla badaczy i wykorzystywanych do testowania koncepcji związanych z rozwojem Internetu. SmartSantander jest projektem IP 7. Programu Ramowego (FP7) i koncentruje się na Internecie Rzeczy (IoT), ze szczególnym uwzględnieniem inteligentnych miast i inteligentnych budynków. W ramach projektu budowanych jest kilka dużych sieci SAN. Przykładowo, w hiszpańskim mieście Santander tworzy się miejską sieć mającą docelowo zawierać ok. 12000 węzłów, głównie na otwartej przestrzeni. W University of Surrey w Guildford (Wielka Brytania), miejscu, w którym przeprowadzono eksperymenty SACCOM, jest stopniowo tworzona sieć SmartCampus [3] z ok. 3000 węzłów, zarówno w budynkach, jak i na otwartej przestrzeni. SmartSantander jest rozpoznawalny. W 2011 r. projekt otrzymał Future Internet Award; jest także omawiany w prasie popularnej, np. [4].

W skład projektu SACCOM weszły dwa eksperymenty, nazywane dalej eksperymentem warstwy pośredniej i eksperymentem warstwy aplikacji. Pierwszy polegał na walidacji warstwy pośredniej (*middleware*) dla sieci SAN. Drugi, będący przedmiotem niniejszego referatu, wykorzystywał warstwę pośrednią z pierwszego eksperymentu i dotyczył, jak wspomniano, walidacji techniki miękkiego sterowania w aplikacjach inteligencji otoczenia.

Eksperyment warstwy pośredniej [5] był kontynuacją prac nad platformą POBICOS, powstałą w projekcie FP7 STREP realizowanym w latach 2008-2011, przy bardzo znaczącym udziale Instytutu Telekomunikacji PW oraz IRETETH/CERTH. Celem projektu POBICOS było uproszczenie programowania aplikacji dla inteligentnych, kooperujących obiektów. Zestaw takich obiektów, dysponując łącznie zdolnością do wykonywania aplikacji oraz zróżnicowanymi sensorami i elementami wykonawczymi, może dostarczyć użytkownikowi funkcjonalności typowej dla inteligencji otoczenia czy automatyki domowej.

Kluczowym wynikiem projektu POBICOS jest API warstwy pośredniej. Jednym z kierunków rozwoju platformy POBICOS było umożliwienie korzystania z

[1] Dla uproszczenia, w dalszym ciągu będzie używana nazwa „SACCOM", a nie bardziej poprawna „SmartSantander/SACCOM".

POBICOS API nie tylko dla „natywnych” węzłów POBICOS, ale także uprzednio istniejących (*legacy*) sieci SAN. Cel ten zrealizowano przekształcając zdecentralizowaną warstwę pośrednią POBICOS w scentralizowane środowisko wykonawcze, zwane POBICOS Proxy Environment (PPE), bez zmiany API dostępnego dla warstwy aplikacji. Każdy węzeł istniejącej sieci SAN jest reprezentowany w PPE za pomocą procesu proxy, który udostępnia zasoby węzła warstwie aplikacji w ten sam sposób, jak w przypadku natywnego węzła POBICOS. System wielowęzłowy jest reprezentowany za pomocą wielu procesów proxy.

Celem eksperymentu warstwy pośredniej była weryfikacja środowiska PPE, w zakresie jego wydajności i skalowalności. W tym celu podłączono środowisko PPE do około 200 węzłów sieci SmartCampus w University of Surrey, a następnie obciążono tak powstały system aplikacjami testującymi. Eksperyment zakończył się potwierdzeniem wydajności i skalowalności środowiska PPE.

Jak wspomniano, celem drugiego eksperymentu SACCOM, eksperymentu warstwy aplikacji, jest walidacja miękkiego sterowania. Cel ten został osiągnięty poprzez (a) stworzenie i uruchomienie (na platformie PPE osadzonej nad siecią SmartCampus) aplikacji wykorzystujących miękkie sterowanie oraz (b) rejestrowanie i analizę reakcji użytkowników. Dalsza część referatu jest poświęcona wyłącznie technice miękkiego sterowania i jej walidacji.

Treść referatu przedstawia się następująco. W rozdziale 2. przedstawiono koncepcję miękkiego sterowania. W rozdziale 3. przedstawiono warunki i procedurę eksperymentu walidującego. W rozdziale 4. zawarto przykładowe wyniki. Rozdział 5. zawiera podsumowanie.

2. MIĘKKIE STEROWANIE

Rozpatrzmy tzw. pro-aktywną aplikację kontekstową działającą w środowisku domowym lub biurowym. Aplikacja tego typu realizuje pełną funkcjonalność regulatora pracującego w pętli sterowania: (a) pobieranie informacji o otoczeniu za pomocą sensorów, (b) syntezę wysoko-poziomowej informacji kontekstowej, (c) wypracowanie decyzji o sterowaniu, oraz (d) realizację akcji sterującej za pomocą elementów wykonawczych. Prostym przykładem jest aplikacja samoczynnie zasuwająca żaluzje i włączająca światło po stwierdzeniu, że nastąpił zmierzch.

Z jednej strony można twierdzić, że taka automatyczna praca aplikacji kontekstowej daje maksimum wygody użytkownikowi, który nie musi nic robić sam (np. nie musi zasuwać żaluzji i włączać światła). Z drugiej strony zauważono, że pozostawienie użytkownika „poza pętlą” prowadzi do problemów [6][7][8][9]. Po pierwsze, akcja sterująca zastosowana przez aplikację może być niezgodna z bieżącymi preferencjami użytkownika. Niezależnie od złożoności algorytmu określającego aktualny stan środowiska i to, czego w danej chwili życzy sobie użytkownik, nieuniknione są błędy i nietrafione decyzje. Po drugie, akcja sterująca, nawet jeśli jest zgodna z preferencjami, może wywoływać niemiłe zaskoczenie. Po trzecie, samoczynne podejmowanie przez aplikację decyzji i akcji sterujących może odbierać użytkownikowi poczucie, że ma kontrolę nad swoim środowiskiem.

Powyższe problemy doprowadziły do sformułowania postulatu, aby aplikacje kontekstowe pozwalały użytkownikowi decydować [7][8]. Aplikacja powinna nadal pobierać dane z sensorów i na ich podstawie wyznaczać wysoko-poziomową informację kontekstową. Zamiast jednak realizować akcje sterujące, aplikacja powinna jedynie określać, zgodnie ze swoim „rozumieniem” kontekstu, jaka czynność byłaby sensowna z punktu widzenia pewnego kryterium (np. oszczędności energii), a następnie sugerować tę czynność użytkownikowi. Decyzję o tym, czy czynność tę wykonać, powinien podejmować użytkownik.

Powyższy postulat pojawił się około dekady temu. Jednak, według wiedzy autorów, systemy kontekstowe dla domu i biura, sugerujące użytkownikowi wykonywanie prostych czynności „sterujących” dla poprawy komfortu pracy, oszczędzania energii, lub osiągania tym podobnych, racjonalnych celów, nie doczekały się systematycznych badań. Systemy takie wykazują pewne podobieństwo do popularnych tzw. aplikacji perswadujących (*persuasive technologies*) [10], które także starają się wpłynąć na zachowanie człowieka. W aplikacjach perswadujących celem jest jednak na ogół zmiana zakorzenionego, niepożądanego nawyku przez zmotywowanego użytkownika, a nie proste, niekluczowe (choć pożyteczne) czynności.

We wcześniejszej pracy [11], autorzy niniejszego referatu systematycznie opisali: (a) technikę z zakresu HCI (*Human-Computer Interaction*) dla systemów kontekstowych sugerujących proste czynności, (b) istniejące produkty i prace badawcze mające z nią związek, oraz (c) zagadnienia które należałoby podjąć, aby technikę tę zoptymalizować. Technika interakcji została nazwana „miękkim sterowaniem” (*soft actuation*).

Rys. 1. Pętla regulacji z miękkim sterowaniem [11].

Zgodnie z powyższym, istotą miękkiego sterowania jest pozostawienie decyzji użytkownikowi. Aplikacja nie realizuje akcji sterującej; po stwierdzeniu, że wybrana akcja sterująca byłaby pożądana, aplikacja sugeruje użytkownikowi, aby wykonał odpowiednią czynność samodzielnie. Sugerowana czynność polega na prostej operacji wykonywanej na „zwyczajnym" obiekcie spotykanym w domu lub biurze (np. włączenie światła, zamknięcie okna, zmiana nastawy termostatu). Ogólnie zakłada się, że miękkie sterowanie dotyczy czynności (aplikacji), które nie są krytyczne dla zdrowia czy bezpieczeństwa. Użytkownik może postąpić według sugestii (tzn. wykonać czynność), ale może też sugestię odrzucić lub zignorować (np. dlatego, że uznaje ją za niezgodną z bieżącymi preferencjami lub dlatego, że jest zbyt zajęty czymś innym). W systemie takim użytkownik staje się aktywną częścią pętli regulacji (rys. 1), pełniąc rolę uniwersalnego (choć „zawodnego") elementu wykonawczego. Jak pokazano na rys. 1, przepływ informacji między aplikacją a użytkownikiem jest jednokierunkowy: użytkownik nie wprowadza do aplikacji żadnej informacji zwrotnej.

Co istotne, w technice miękkiego sterowania postuluje się [11], żeby sugestie były użytkownikowi dostarczane w sposób możliwie nienatrętny, nienatarczywy, nierozpraszający. Sugestie nie powinny zmuszać go do nadmiernego skupiania uwagi na ich „obsłudze". W szczególności, zignorowanie sugestii (niezwrócenie uwagi pomimo jej zauważenia), lub nawet jej niezauważenie, jest traktowane jako całkowicie normalny wynik interakcji. Podejście takie wynika z poszanowania skupienia uwagi użytkownika na innych, ważniejszych dla niego sprawach.

Jako konsekwencję powyższego przyjmuje się, że sugestie nie powinny wymagać od użytkownika kontaktu z angażującym uwagę ekranem typowego urządzenia cyfrowego (telefonu, tabletu, laptopa, komputera). Co więcej, sugestie powinny być niewerbalne: wyświetlanie lub odtwarzanie komunikatów słownych byłoby zbyt natarczywe. Sugestie powinny być dostarczane przez obiekt, który jest postrzegany jako „zwykły" i nieprzyciągający uwagi; najlepiej, aby miały one postać abstrakcyjnych wzorców wizualnych lub dźwiękowych (*earcons*).

Miękkie sterowanie jest stosowane, w bardzo ograniczonej postaci, np. w pralkach (proste dźwiękowe sugestie opróżnienia pralki po zakończeniu cyklu prania). W ogólnej, postulowanej tu wersji, sugestie mogą być wypracowywane na podstawie analizy połączonych danych sensorowych z wielu różnych obiektów i niezależnych sensorów; ponadto, czynność sterująca odnosi się do obiektu innego niż dedykowany obiekt dostarczający sugestie.

Hipoteza motywująca autorów niniejszej pracy jest następująca: „Miękkie sterowanie może zapewnić użytkownikowi wygodę związaną z pozyskiwaniem przez system danych sensorowych i określaniem pożytecznych akcji sterujących, dzięki czemu użytkownik jest odciążony od zwracania uwagi na „nieistotne szczegóły" w swoim otoczeniu. Ponadto, obsługa sugestii jest prosta, nie wymaga istotnego zaangażowania uwagi, oraz zapewnia pełną autonomię użytkownika wobec systemu kontekstowego."

3. EKSPERYMENT WARSTWY APLIKACJI

Celem eksperymentu warstwy aplikacji projektu SACCOM było określenie reakcji użytkowników, funkcjonujących w swoim naturalnym otoczeniu, na technikę miękkiego sterowania. Uczestnicy pracujący w pomieszczeniach biurowych otrzymywali sugestie generowane przez aplikację kontekstową. W trakcie trwania eksperymentu, po otrzymaniu sugestii, uczestnicy rejestrowali swoją reakcję za pomocą specjalnie oznakowanej klawiatury numerycznej. Po zakończeniu eksperymentu, uczestnicy wypełnili kwestionariusz i udzielili wywiadu członkowi zespołu badawczego. W eksperymencie wzięło udział 15-stu pracowników Centre for Communication Systems Research (CCSR) w University of Surrey. Eksperyment trwał pięć tygodni. Warunkiem możliwości przeprowadzenia eksperymentu było zgłoszenie obszernego opisu proponowanej procedury do Komisji Etyki University of Surrey i uzyskanie od niej akceptacji. W niniejszym rozdziale przedstawiono najważniejsze informacje dotyczące organizacji eksperymentu.

3.1. Wyposażenie sensorowe biura

Aplikacja kontekstowa generująca sugestie miękkiego sterowania wykorzystywała następujące węzły z sensorami, dostępne w pokoju każdego uczestnika eksperymentu.

- Węzeł Crossbow TelosB [12] z wielosensoowym modułem zawierającym sensory temperatury, natężenia światła, ruchu oraz hałasu. Węzeł był umieszczony przy biurku użytkownika.
- Węzeł Advanticsys XM1000 [13] z sensorami temperatury i natężenia światła. Węzeł był umieszczony przy oknie i umożliwiał wykrycie otwarcia/zamknięcia okna (na podstawie zmian temperatury), a także określenie ilości światła słonecznego.
- Drugi węzeł Advanticsys XM1000. Węzeł był umieszczony przy kaloryferze (wyposażonym w termostat) i umożliwiał określenie jego bieżącego poziomu nagrzania.

TelosB oraz XM1000, konstrukcje typowe dla małych węzłów sensorowych, zawierają mikrokontrolery z serii MSP430; różnią się ilością dostępnej pamięci (odpowiednio 10KB i 8KB pamięci RAM, 48KB i 116KB pamięci Flash-ROM) oraz peryferiami. Węzeł TelosB jest „standardową" częścią sieci SmartCampus, a węzły XM1000 zostały zainstalowane przez zespół SACCOM specjalnie na potrzeby eksperymentu.

3.2. Aplikacja kontekstowa

Zespół SACCOM stworzył aplikację wykorzystującą dane ze wspomnianych wyżej węzłów sensorowych i wykonującą się w środowisku wykonawczym PPE. Na podstawie danych sensorowych, aplikacja wnioskowała o stanie otoczenia (kontekście), a następnie generowała sugestie zachęcające użytkownika do wykonania prostych operacji na obiektach znajdujących się w biurze. Sugerowane czynności miały związek z oszczędzaniem energii oraz ergonomicznym oświetleniem miejsca pracy. Tworząc aplikację założono, że wykonuje się ona w zimie; w szczególności, założono typowo zimowe temperatury zewnętrzne.

Pełna lista sugestii generowanych przez aplikację kontekstową jest podana w Tab. 1. Właściwa sugestia, przekazywana użytkownikowi, to para uporządkowana *(obiekt, operacja)*, jednoznacznie określająca sugerowaną czynność. W Tab. 1 podano także możliwe uzasadnienia dla poszczególnych sugestii. Przez „uzasadnienie" rozumiemy słowny opis warunku kontekstowego, którego wykrycie przez aplikację jest podstawą do wygenerowanie sugestii. Jak widać, jedna sugestia może mieć kilka uzasadnień.

Dla przykładu, rozpatrzmy dwie sugestie: (a) „obniż nastawę termostatu" z uzasadnieniem „okno zostało otwarte, energia cieplna będzie zmarnowana", oraz (b) „podwyższ nastawę termostatu" z uzasadnieniem „okno zostało zamknięte, można powrócić do normalnej temperatury". Razem wzięte, powyższe dwie sugestie odpowiadają łącznie „funkcji otwartego okna", wspieranej przez najnowsze termostaty [14] i służącej oszczędności energii. W tym przypadku, miękkie sterowanie pozwala uzyskać podobną funkcjonalność dla bardziej tradycyjnych termostatów, oczywiście o ile użytkownik zdecyduje się często stosować do wymienionych sugestii.

Inny przykład to sugestia „obniż nastawę termostatu" z uzasadnieniem „ogrzewanie powinno zostać wyłączone na noc". Warunek kontekstowy jest tu bardzo prosty: jest to godzina, w której większość pracowników kończy pracę. W tym przypadku, miękkie sterowanie pozwala uzyskać funkcjonalność podobną do oferowanej przez termostaty programowalne.

Oprócz wykrywania warunków kontekstowych, aplikacja monitorowała i ograniczała częstość generowania sugestii. Celem było tu uniknięcie natrętnego, irytującego działania systemu. Przykładowo, sugestie dotyczące tego samego obiektu nie były generowane częściej niż co dwie godziny, niezależnie od kontekstu.

Zebrane przez aplikację dane z sensorów oraz wypracowane decyzje o wygenerowanych sugestiach były zapamiętywane dla celów późniejszej analizy, a także dla bieżącego monitorowania poprawności pracy aplikacji.

3.3. Dostarczanie sugestii

Zgodnie z koncepcją miękkiego sterowania, sugestie powinny być dostarczane użytkownikowi w sposób niewerbalny i nieekranowy. Zespół SACCOM opracował specjalizowany obiekt służący do dostarczania sugestii, nazwany panelem LED (rys. 2).

Rys. 2. Panel LED do wyświetlania sugestii. Panel wyświetla sugestię „otwórz okno".

Jak widać, panel LED jest prostym wyświetlaczem, z matrycą diod LED o „rozdzielczości" 3x3. Każda sugestia ma przypisany abstrakcyjny, dedykowany wzorzec utworzony ze świecących diod. Przykładowo, wzorzec pokazany na rys. 2 odpowiada sugestii „otwórz okno". Przy braku sugestii, żadna dioda panelu LED nie świeci się. Podczas eksperymentu, dostarczenie jednej sugestii polegało na wyświetleniu odpowiadającego jej wzorca przez 10 minut. Panel LED danego uczestnika był podłączony do jego węzła TelosB i umieszczony na jego biurku.

Aby ułatwić rozpoznawanie wzorców, matrycę diod podzielono koncepcyjnie na dwie części. Pierwsza (od lewej) kolumna diod była używana do zakodowania sugerowanej operacji. Przykładowo, układ świecących diod w pierwszej kolumnie wzorca z rys. 2 reprezentował operacje "otwierania" ("otwórz", "podwyższ", "włącz"). Inny układ świecących diod w pierwszej kolumnie reprezentował operacje "zamykania" ("zamknij", "obniż", "wyłącz"). Pozostałe dwie kolumny matrycy były używane do zakodowania obiektu docelowego. Przykładowo, układ czterech świecących diod pokazany na rys. 2 reprezentował okno.

W omawianym eksperymencie, uzasadnienia sugestii (wymienione w Tab. 1) nie były dostępne dla uczestników; w innych implementacjach miękkiego sterowania, uzasadnienie mogłoby być dostarczane użytkownikowi razem z sugestią.

3.4. Rejestrowanie reakcji użytkowników

W trakcie eksperymentu uczestnicy podawali pewne informacje zwrotne. Należy tu powtórzyć, że miękkie sterowanie zakłada *jednokierunkowy* przepływ informa-

Tab. 1. Sugestie generowane przez aplikację kontekstową i ich uzasadnienia

Sugestia		Uzasadnienie
Obiekt	Operacja	
okno	otwórz	Pomieszczenie wymaga wietrzenia.
	zamknij	W pomieszczeniu jest za zimno.
		Okno powinno zostać zamknięte na noc.
termostat	podwyższ nastawę	Okno zostało zamknięte, można powrócić do normalnej temperatury.
		W pomieszczeniu jest za zimno.
	obniż nastawę	Okno jest otwarte, energia cieplna będzie zmarnowana.
		W pomieszczeniu jest za gorąco.
		Ogrzewanie powinno zostać wyłączone na noc.
oświetlenie	włącz	Praca w ciemności nie jest zdrowa dla oczu.
	wyłącz	Pomieszczenie jest wystarczająco oświetlone światłem dziennym.

cji: aplikacja kontekstowa generuje sugestie, ale użytkownik nie wprowadza do aplikacji żadnej odpowiedzi. Aplikacja może „wnioskować” o tym, czy użytkownik wykonał sugerowaną czynność czy nie, jedynie na podstawie zmian stanu otoczenia (rys. 1). Zgodnie z tym założeniem, informacje zwrotne podawane podczas eksperymentu nie miały żadnego wpływu na działanie aplikacji kontekstowej; były one zbierane oddzielnym kanałem i gromadzone dla celów późniejszej analizy.

Uczestnicy eksperymentu byli mianowicie proszeni o podawanie, jak zareagowali na każdą sugestię wyświetloną przez panel LED. Aby uprościć wprowadzanie reakcji na sugestię, na biurku uczestnika umieszczono podłączoną do sieci SAN, dedykowaną klawiaturę numeryczną. Klawiatura została nieznacznie zmodyfikowana poprzez zastosowanie naklejek do oznakowania klawiszy reprezentujących różne opcje (rys. 3).

Po zauważeniu, że panel LED wyświetla sugestię, uczestnik powinien był podawać jedną z czterech możliwych reakcji: (a) zignorowanie, (b) nierozpoznanie wzorca, (c) odrzucenie, oraz (d) akceptacja. Odpowiednie klawisze były oznakowano, odpowiednio, jako „X”, „?”, „NO”, oraz „YES”.

„Zignorowanie” oznacza, że użytkownik nawet nie próbował rozpoznać sugestii (będąc prawdopodobnie skupionym na swoim zadaniu). „Nierozpoznanie” oznacza, że użytkownik próbował rozpoznać sugestię (wzorzec), ale mu się to nie udało. „Odrzucenie” oznacza, że użytkownik rozpoznał sugestię, ale nie wykonał sugerowanej czynności. „Akceptacja” oznacza, że użytkownik rozpoznał sugestię i wykonał sugerowaną czynność.

Należy zauważyć, że możliwa (oraz w pełni zgodna z koncepcją miękkiego sterowania) była także piąta „reakcja”: niezauważenie sugestii (wzorca) przez użytkownika. Panel LED dostarczał sugestie w sposób mało natarczywy, co sprawiło, że niezauważenie stało się całkiem prawdopodobne. Oczywiście, w takim przypadku, żadna informacja zwrotna nie była wprowadzana ani rejestrowana.

Rys. 3. Zmodyfikowana klawiatura numeryczna do rejestrowania reakcji użytkownika na sugestię.

Jeśli uczestnik rozpoznał sugestię (a przynajmniej uważał, że rozpoznał), to oprócz wprowadzenia wybranej reakcji (odrzucenia lub akceptacji), powinien był podać, którą sugestię rozpoznał. Każda z sześciu możliwych sugestii było potwierdzana za pomocą klawisza z intuicyjnym piktogramem.

Po wprowadzeniu rodzaju reakcji i rozpoznanej sugestii, uczestnik otrzymywał potwierdzenie za pomocą komunikatora internetowego; odpowiednia wiadomość była wysyłana przez system na specjalne, przypisane mu konto Skype.

3.5. Edukowanie użytkowników

Przed rozpoczęciem eksperymentu, jego uczestnicy (pracownicy CCSR w Guildford) wzięli udział w sesji informacyjnej. Przedstawiona im prezentacja obejmowała: (a) koncepcję miękkiego sterowania, (b) cel eksperymentu, (c) procedury służące zachowaniu anonimowości, (d) zestaw sugestii wraz z możliwymi uzasadnieniami, (e) panel LED i wzorce służące do dostarczania sugestii, oraz (f) system do rejestrowania reakcji użytkowników.

W szczególności, uczestnikom udzielono wskazówek, co do ich postępowania w trakcie eksperymentu. Wskazówki te miały zapewnić przyswojenie sobie przez nich istoty miękkiego sterowania jako techniki interakcji. Najważniejsze z nich, podkreślające „opcjonalność” sugestii, są warte powtórzenia.

- Użytkownik nie powinien czuć się zobowiązany do zauważenia sugestii (obserwowania panelu LED); sugestie mogą pozostać niezauważone.
- Użytkownik nie powinien czuć się zobowiązany do rozpoznania sugestii; zauważone sugestie mogą pozostać całkowicie zignorowane.
- Użytkownik nie powinien czuć się zobowiązany do zaakceptowania sugestii (wykonania sugerowanej czynności); sugestie mogą być odrzucone – aplikacja kontekstowa działa nieidealnie i może generować sugestie sprzeczne ze stanem otoczenia lub niezgodne z preferencjami użytkownika w danym momencie.

Na czas trwania eksperymentu, każdy uczestnik otrzymał jednostronicową instrukcję, zawierającą słowniczek wzorców LED dla wszystkich sugestii, możliwe uzasadnienia dla każdej sugestii, zestaw możliwych reakcji, oraz wyjaśnienie sposobu rejestrowania reakcji na sugestie. Użytkownicy mogli skorzystać z instrukcji w każdej chwili w trakcie trwania eksperymentu.

3.6. Ankieta i wywiad

Zespół SACCOM opracował kwestionariusz ankiety poruszający zarówno szczegółowe zagadnienia (np. natarczywość dostarczania sugestii, łatwość decydowania jak zareagować na sugestię, rozproszenie uwagi wskutek „obsługi” sugestii), jak i sumaryczną ocenę miękkiego sterowania. Wstępna wersja kwestionariusza została sprawdzona przez specjalistę z zakresu psychologii eksperymentalnej.

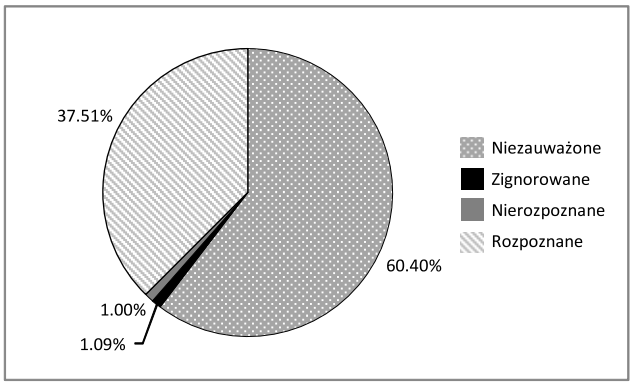
Oprócz wypełnienia kwestionariusza, każdy uczestnik miał możliwość swobodnego wyrażenia swojej opinii podczas wywiadu. Aby nie ograniczać uczestnika, pytania zadawane podczas wywiadu były odpowiednio ogólne. Wypełnianie kwestionariusza i udzielanie wywiadu odbyły się po zakończeniu eksperymentu.

4. WSTĘPNE WYNIKI EKSPERYMENTU

W chwili pisania niniejszego referatu wyniki są dostępne jedynie w postaci nieprzetworzonej (eksperyment zakończył się zaledwie kilka tygodni wcześniej). W rozdziale tym przedstawiono zatem próbki zebranych wyników. W eksperymencie zebrano dane czterech rodzajów: (a) odczyty z sensorów, (b) wygenerowane sugestie (typ sugestii i czas jej wystąpienia), (c) reakcje użytkowników wprowadzone za pomocą zmodyfikowanej klawiatury numerycznej, (d) oceny przez uczestników stwierdzeń zawartych w kwestionariuszu, oraz (e) odpowiedzi uczestników na pytania zadane podczas wywiadu.

Dane ze wszystkich dostępnych sensorów były pobierane i zapamiętywane przez cały czas trwania eksperymentu (ok. pięciu tygodni), dwadzieścia cztery godziny na dobę. Okres próbkowania wynosił 10 sekund. Dane z sensorów pomogą upewnić się, w których przypadkach użytkownik zareagował na sugestię (wykonał czynność sterującą). Przykładowo, na rys. 4 pokazano odczyty z okiennego sensora temperatury. Na rysunku zaznaczono też moment, w którym użytkownik otrzymał sugestię „zamknij okno". Jak widać, najpierw użytkownik otworzył okno (bez sugestii). Znaczący spadek temperatury spowodował, że po około 10 minutach aplikacja kontekstowa wygenerowała sugestię. Po ok. 1.5 minuty od wyświetlenia sugestii, użytkownik wykonał sugerowaną czynność, co poskutkowało wzrostem temperatury.

Rys. 4. Przebieg temperatury przy oknie, przed i po wystąpieniem sugestii "zamknij okno".



Rys. 5. Rozkład skuteczności dostarczania sugestii.

Przykład wyniku uzyskanego za pomocą systemu wprowadzania reakcji na sugestie pokazano na rys. 5. Jest to rozkład skuteczności dostarczania sugestii przez panel LED. Jak widać, bardzo dużo sugestii (ok. 60%) pozostało niezauważonych. Jakkolwiek niezauważenie sugestii jest całkowicie normalne, to jednak wynik ten wskazuje, że panel LED prawdopodobnie dostarcza sugestie w sposób zbyt delikatny. Z drugiej strony, prawie wszystkie zauważone sugestie zostały rozpoznane; świadczy to o tym, że ich abstrakcyjna reprezentacja za pomocą wzorców LED sprawdziła się.

Przykładowe wyniki uzyskane z danych z kwestionariusza ankiety zawiera Tab. 2. Są to odniesienia się uczestników do trzech stwierdzeń dotyczących akceptacji przez nich panelu LED jako dodatkowego wyposażenia biura. Jak widać, panel LED nie spowodował poczucia dyskomfortu u zdecydowanej większości uczestników. Uczestnicy potwierdzili, że panel LED jest dla większości obiektem „nienatarczywym", a zarazem wzbudzającym zainteresowanie.

Jeśli chodzi o wywiad, to odpowiedzi i komentarze są raczej zachęcające, choć za wcześnie jeszcze na całościową ocenę. Oto przykładowe wypowiedzi pozytywnie oceniające fakt, że przy miękkim sterowaniu decyzja należy do użytkownika: (a) "*I think it is a very promising concept and it gives you also the freedom to do things yourself and its more safe to have it delegate the tasks to you",* (b) "*I thought it was quite clever ... the concept. More so than the kind of hard actuation where your gonna think something else is gonna take over, something else is going to turn down the heating, which I might don't want it*".

W wywiadach, uczestnicy jeszcze raz potwierdzili małą (prawdopodobnie – zbyt małą) natarczywość dostarczania sugestii przez panel LED: (a) "*It is so non-intrusive that sometimes I really forgot to pay attention*

Tab. 2. Rozkład odpowiedzi na przykładowe pytanie z kwestionariusza: „Jak czułeś się mając na biurku panel LED?"

	Stanowczo nie zgadzam się	*Nie zgadzam się*	*Jest mi to obojętne*	*Zgadzam się*	*Stanowczo zgadzam się*
Czułem się niekomfortowo mając panel, który sporadycznie mógł coś wyświetlić.	42.9%	42.9%	7.1%	7.1%	0.0%
Przez większość czasu nie uświadamiałem sobie, że mam panel na biurku.	0.0%	14.3%	21.4%	50.0%	14.3%
Posiadanie panelu, który sporadycznie mógł coś wyświetlić, było dla mnie interesujące.	0.0%	7.1%	21.4%	64.3%	7.1%

to the LED panel ... I was so busy in my work that I totally forgot about the system being there", (b) "*I did not find it intrusive at all. I mean, I believe it was cute that I had the system in my office and I could see it if I wanted to, I could ignore it I did not want to pay attention to it*".

Przykładem mniej pozytywnej informacji zwrotnej jest wypowiedź uczestnika, który odrzucał niektóre sugestie, gdyż sugerowana czynność okazywała się dla niego zbyt angażująca: "*For rejecting it was mostly I didn't have the time, let's say for opening the window you have to stand up*".

W niedługim czasie zespół SACCOM przystąpi do systematycznej analizy uzyskanych wyników.

5. PODSUMOWANIE

W niniejszym referacie przedstawiono jeden z dwu eksperymentów zrealizowanych w ramach projektu europejskiego SmartSantander/SACCOM. Opisano technikę miękkiego sterowania, a następnie eksperyment mający na celu jej walidację. Przedstawiono próbki wyników uzyskanych w trakcie eksperymentu. Bardzo wstępne wnioski wskazują, że uczestnicy eksperymentu oceniają miękkie sterowanie raczej pozytywnie.

PODZIĘKOWANIA

Autorzy dziękują Alexowi Gluhakowi i Michele Nati (Centre for Communication Systems Research, CCSR, University of Surrey) za kluczową pomoc w przeprowadzeniu eksperymentu.

Autorzy dziękują także Jolancie Kowal z Instytutu Psychologii Uniwersytetu Wrocławskiego za konsultacje przy opracowywaniu kwestionariusza.

Przedstawione prace były częściowo finansowane przez projekt europejski SmartSantander, nr kontraktu FP7-ICT-257992.

SPIS LITERATURY

[1] SmartSantander, http://www.smartsantander.eu
[2] Future Internet Research & Experimentation (FIRE), http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire
[3] SmartSantander Testbeds, Guildford Testbed, http://smartsantander.eu/wiki/index.php/Testbeds/Guildford
[4] Carol Matlack, „Hiszpańskie miasto na sensorach", *Bloomberg Businessweek Polska*, 10–16 czerwca 2013
[5] J. Domaszewicz, T. Tajmajer, A. Pruszkowski, „Projekt SACCOM: od wielowęzłowej do scentralizowanej warstwy pośredniej dla sieci SAN", Krajowe Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki, KSTiT 2012, Warszawa, wrzesień 2012
[6] V. Bellotti, W. K. Edwards, „Intelligibility and Accountability: Human Considerations in Context-Aware Systems", *Human-Computer Interaction*, 16, 2, str.. 193-212, 2001
[7] S. S. Intille, „Designing a Home of the Future", *IEEE Pervasive Computing*, 1, (2), str. 76-82, 2002
[8] N. A. Streitz, C. Rocker, Th. Prante, D. van Alphen, R. Stenzel, C. Magerkurth, „Designing Smart Artifacts for Smart Environments", *IEEE Computer*, 38, 3, str. 41-49, 2005
[9] S. Makonin, L. Bartram, F. Popowich, „A Smarter Smart Home: Case Studies of Ambient Intelligence", *IEEE Pervasive Computing*, 12, 1, str. 58 – 66, 2013
[10] B. J. Fogg, „Persuasive Computers: Perspectives and Research Directions", ACM CHI, str. 225-232, 1998
[11] J. Domaszewicz, S. Lalis, „Soft Actuation for Home and Office", 9th Intl. Conference on Intelligent Environments, IE'13, Ateny (Grecja), lipiec 2013
[12] Crossbow Technology, „TelosB Mote Platform", http://bullseye.xbow.com:81/Products/Product_pdf_files/Wireless_pdf/TelosB_Datasheet.pdf
[13] Advanticsys, AS-XM100 802.15.4 Mote Module, http://www.advanticsys.com/shop/asxm1000-p-24.html
[14] Danfoss, „living eco® – niskie zużycie energii i wygoda użytkowania", http://pl.heating.consumers.danfoss.com/PCMFiles/7/COW/product%20leaflet_living%20eco%20PLv4-1.pdf