

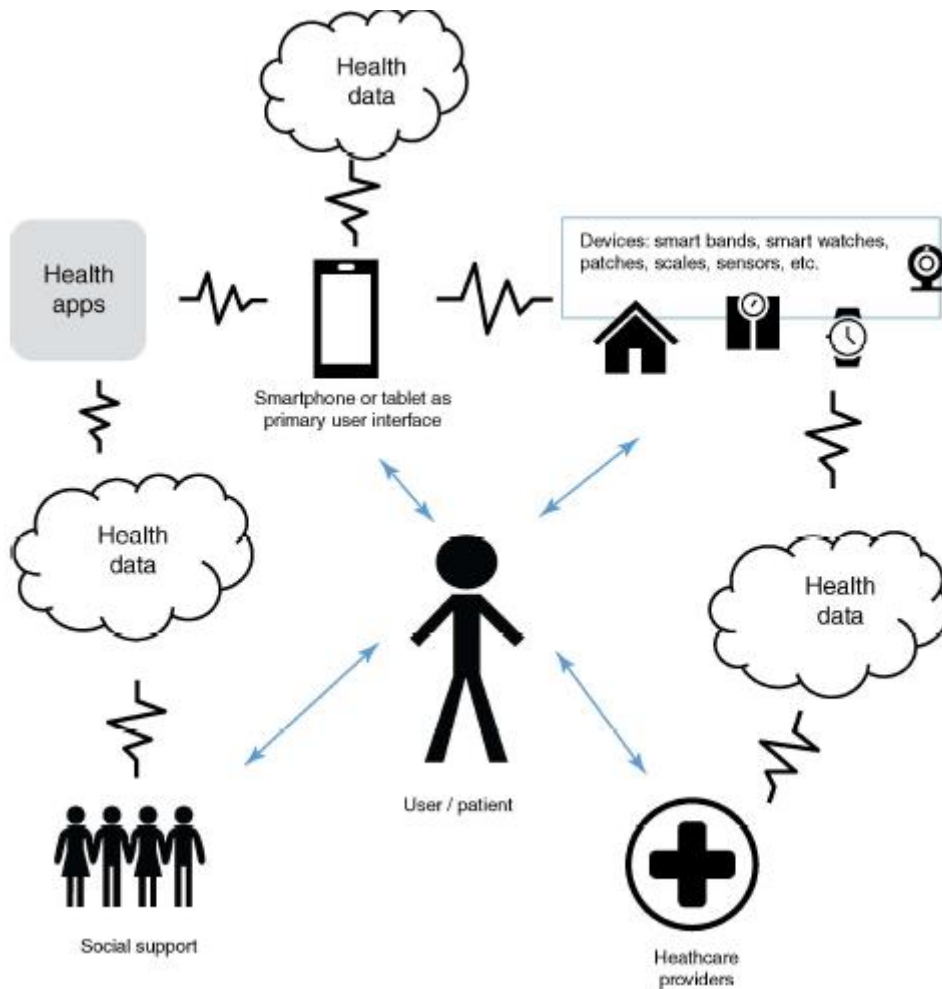
Internet rzeczy i ludzi w ochronie zdrowia

Technologia od dawna jest postrzegana jako sposób na poprawę świadczenia opieki zdrowotnej, począwszy od możliwości przechowywania i dostępu do cyfrowych danych zdrowotnych, po bardziej złożone aplikacje, takie jak stosowanie sztucznej inteligencji do diagnozowania chorób lub wykorzystywanie robotów do przeprowadzania operacji. Technologia może pomóc w przewycięzeniu ograniczeń w zasobach (finansowych i kadrowych), może dotrzeć do pacjentów mieszkających daleko od specjalistów opieki zdrowotnej i może pomóc społecznościom radzić sobie ze starzejącymi się populacjami. Zarówno Organizacja Narodów Zjednoczonych, jak i Światowa Organizacja Zdrowia zidentyfikowały potrzebę i potencjał technologii wspierającej świadczenie usług opieki zdrowotnej dla populacji niedocenianych (UN, 2010; WHO, 2010). Możliwość przechwytywania, przechowywania, analizowania i rozpowszechniania informacji o zdrowiu za pomocą technologii może zmniejszyć zasoby ludzkie potrzebne do zarządzania tym procesem i poprawić dokładność danych. Możliwość przeprowadzenia szybkiej analizy tych danych dotyczących zdrowia może zapewnić, że ograniczone zasoby opieki zdrowotnej zostaną przydzielone tam, gdzie są najbardziej potrzebne. Na odległych obszarach wiejskich wielu części świata dostawcy i usługi opieki zdrowotnej często nie są dostępne lokalnie, co wymaga od pacjentów podróżowania na duże odległości w celu uzyskania opieki. Technologie, takie jak wideokonferencje na urządzeniach mobilnych, umożliwiają diagnozowanie pacjentów i potencjalne leczenie na odległość przez lekarzy i innych pracowników służby zdrowia. Technologia może wspierać społeczności, które mają do czynienia z opieką nad rosnącą liczbą starszych pacjentów, zapewniając możliwość monitorowania parametrów życiowych pacjentów, łatwego śledzenia harmonogramów posiłków, ćwiczeń i leków, a także zapewniania przypomnień oraz wzmacniania zaangażowania społecznego między starszymi pacjentami a innymi osobami. członkowie społeczności. Wszystkie te usługi wspomagane technologią mogą zmniejszyć wymagania stawiane pracownikom służby zdrowia i innym opiekunom oraz podnieść jakość życia pacjentów. Internet rzeczy (IoT) rozszerza możliwości wykorzystania technologii aby wspierać opiekę zdrowotną, łącząc nie tylko ludzi, aplikacje i dane, ale także czujniki i urządzenia gromadzące dane biometryczne i kontekstowe. Te ekosystemy opieki zdrowotnej mogą obejmować inteligentne urządzenia, które są w stanie wykorzystać te dane do podejmowania działań, takich jak wysyłanie alertów lub wysyłanie powiadomień, gdy zmierzona wartość osiągnie określony poziom docelowy, dostarczanie zaleceń pacjentom lub pracownikom służby zdrowia na podstawie analizy danych i potencjalnie dostarczanie leków na podstawie monitorowanych danych pacjentów i wytycznych medycznych. Systemy oparte na IoT mogą być wykorzystywane do rozwiązywania szerokiego zakresu problemów zdrowotnych, od dobrego samopoczucia po choroby, zdrowie fizyczne po psychiczne, profilaktykę, leczenie lub rehabilitację, od czasowej niepełnosprawności po choroby przewlekłe. Smartfony, zegarki i inne urządzenia inteligentne, a także dodatkowe czujniki, urządzenia i sprzęt można podłączyć do sieci IoT w celu dostarczania informacji o pacjencie, jego aktywnościach oraz kontekście lub środowisku pacjenta. Wykorzystując technologie IoT do wychwytywania miar fizjologicznych i kinezyologicznych danych, a także innych danych kontekstowych, inteligentne systemy opieki zdrowotnej mogą umożliwić ludziom proaktywne angażowanie się w swoje zdrowie, a także zarządzanie powrotem do zdrowia po chorobie lub urazie. Ponadto inteligentne zdrowie można wykorzystać w placówkach opieki zdrowotnej, aby zaangażować pacjentów w ich leczenie i udostępniać dane dotyczące takich rzeczy, jak skuteczność leczenia. Pacjent, pracownicy służby zdrowia i opiekunowie oraz inni interesariusze, tacy jak członkowie rodziny i przyjaciele pacjenta, również mogą być częścią ekosystemu Internetu Rzeczy. Ta integracja czynników ludzkich i technologicznych oraz udostępnianie ogromnych ilości danych możliwe dzięki Internetowi Rzeczy, wraz z aplikacjami, które zapewniają zaawansowaną analizę danych, wspierają lepsze decyzje dotyczące zdrowia pacjenta i ostatecznie lepsze wyniki zdrowotne. W tym rozdziale skupimy się na aplikacjach IoT, które wspierają zdrowie pacjentów. Mogą one

stanowić część szerszego systemu opieki zdrowotnej, ale są wykorzystywane głównie poza szpitalem do gromadzenia i wykorzystywania danych w codziennym życiu pacjenta. W niniejszym rozdziale nie omówiono systemów opieki zdrowotnej, które są wykorzystywane wyłącznie w warunkach klinicznych, chirurgicznych lub laboratoryjnych, podobnie jak systemy opieki zdrowotnej, które mają głównie charakter administracyjny lub logistyczny.

Ekosystem inteligentnej opieki zdrowotnej

Model na rysunku przedstawia przegląd komponentów, które mogą być zawarte w ekosystemie inteligentnego zdrowia opartego na IoT.



Nazywa się to ekosystemem reprezentującym złożoną i wzajemnie powiązaną naturę relacji między ludzkimi uczestnikami, autonomicznymi i podporządkowanymi urządzeniami oraz aplikacjami, interfejsami i danymi. Ten rodzaj systemu lub ekosystemu różni się od wczesnych systemów e-zdrowia, które umożliwiały cyfrowe przechowywanie danych dotyczących opieki zdrowotnej pacjenta i zdalny dostęp przez Internet i urządzenia mobilne (często nazywane m-zdrowiem) lub możliwość posiadania dostępu online konsultacja z lekarzem (telezdrowie). Teraz za pośrednictwem IoT podłączone urządzenia przechowują, uzyskują dostęp i udostępniają dane innym elementom ekosystemu. Działając samodzielnie lub w połączeniu z innymi komponentami, niektórzy niebędący ludźmi członkowie (inteligentne urządzenia lub agenci) ekosystemu mają zdolność do podejmowania decyzji i podejmowania działań; z tego powodu ekosystem uważany jest za „inteligentny”.

Pacjent w Ośrodku

Pacjent jest przedstawiony w centrum tego ekosystemu, ponieważ głównym celem inteligentnego ekosystemu opieki zdrowotnej jest wspieranie pacjenta w zrozumieniu, monitorowaniu i zarządzaniu problemem związanym z opieką zdrowotną. Trendy w korzystaniu przez konsumentów z aplikacji i witryn internetowych wskazują na coraz częstsze wykorzystywanie aplikacji i witryn internetowych do pozyskiwania informacji o zdrowiu, monitorowania stanu zdrowia i szybszej interakcji z dostawcami usług medycznych. Jest to spowodowane zarówno wzrostem świadomości zdrowotnej konsumentów, jak i coraz większą znajomością codziennego korzystania z produktów komputerowych. Osoby są proszone i umożliwiają im odgrywanie bardziej aktywnej roli w ich opiece. Ponadto globalne wyzwania gospodarcze doprowadziły do redukcji zasobów na opiekę zdrowotną, co skutkuje tym, że pracownicy służby zdrowia mają mniej czasu na spędzenie z każdym pacjentem, co ogranicza możliwość odpowiadania na pytania lub omawiania leczenia. Pacjenci spędzają mniej czasu w szpitalu, a więcej na rekonwalescencji w warunkach ambulatoryjnych. Dlatego pacjenci mają większą potrzebę zdobywania informacji dotyczących ich własnego zdrowia i muszą odgrywać bardziej aktywną rolę w zarządzaniu wszystkimi aspektami ich zdrowia, od podstawowej sprawności i dobrego samopoczucia po powrót do zdrowia po chorobie lub urazie, a także zarządzanie chorobami przewlekłymi. Dzięki IoT pacjenci mogą być łatwo połączeni z innymi komponentami ekosystemu, w tym z dostawcami opieki zdrowotnej, siecią wsparcia społecznego, różnymi rodzajami urządzeń i czujników oraz aplikacjami działającymi zarówno lokalnie, jak i zdalnie, a także mogą mieć dostęp do danych i usług za pośrednictwem znajome interfejsy na smartfonach, tabletach i komputerach. Każdy z tych elementów zostanie szczegółowo opisany poniżej.

Dostawcy opieki zdrowotnej

Do dostawców opieki zdrowotnej wchodzących w interakcje z systemem opieki zdrowotnej opartym na IoT należą lekarze i inni specjaliści medyczni, farmaceuci, pielęgniarki, terapeuci (na przykład terapeuci fizyczni, behawioralni lub terapeuci zajęciowi), technicy laboratoryjni i inni opiekunowie. Świadczeniodawcy opieki zdrowotnej wchodzi w interakcję z inteligentnym systemem opieki zdrowotnej na wiele różnych sposobów, takich jak monitorowanie, diagnozowanie, leczenie, zalecanie działań lub komunikowanie się z pacjentem, członkami rodziny pacjenta lub innymi świadczeniodawcami opieki zdrowotnej. Inteligentny ekosystem opieki zdrowotnej zapewnia dostawcom opieki zdrowotnej dostęp do ciągłych pomiarów stanu pacjentów, prawdopodobnie na podstawie wielu wskaźników, w czasie. Ponadto, częścią ekosystemu mogą być również zaawansowane narzędzia diagnostyczne (aplikacje i urządzenia). W porównaniu z okresowymi wizytami pacjenta w gabinecie lekarskim lub badaniami na przykład pielęgniarki wizytującej, taka ilość danych może umożliwić świadczeniodawcy opieki zdrowotnej szybsze rozpoznawanie problemów i szybsze reagowanie na problemy, a także bezpośrednie interwencje, aby zapobiec poważniejszym konsekwencjom. Specjaliści medyczni mogą bardziej bezpośrednio zarządzać opieką nad pacjentem, zmieniając zalecane terapie lub poziomy leków na podstawie analizy działań patentu, pomiarów fizjologicznych i innych danych. W zarządzaniu zachowaniami zdrowotnymi pacjentów, takimi jak zaprzestanie palenia lub zmniejszenie masy ciała, pracownicy służby zdrowia mogą komunikować się z pacjentami, aby ustalać cele, monitorować przestrzeganie zaleceń oraz przekazywać informacje zwrotne i zalecenia, aby pomóc pacjentowi w zmianie zachowania.

Urządzenia i czujniki

Liczba urządzeń i czujników, które można podłączyć do IoT, szybko rośnie. Niektóre urządzenia i czujniki są podłączone do pacjenta w celu pomiaru aktywności serca (EKG), prądów elektrycznych w mózgu (EEG), aktywności siatkówki (EOG), stresu emocjonalnego poprzez reakcję skóry galwanicznej (GSR),

ciśnienia krwi, poziomu tlenu we krwi i tętno. Wiele z tych wskaźników fizjologicznych można teraz mierzyć za pomocą czujników do noszenia, które mogą być wbudowane w urządzenie typu zegarka lub czujniki wbudowane w smartfony. Urządzenia do noszenia mogą również śledzić lokalizację (za pomocą GPS), wzorce snu i poziomy aktywności, zwykle za pomocą wielu kroków. Żyroskopy i akcelerometry w urządzeniach do noszenia mierzą orientację i prędkość. Inne rodzaje urządzeń do noszenia obejmują kamizelkę, która mierzy rytm serca i może wykonywać defibrylację, gdy wykryte zostaną nieprawidłowe rytmy, oraz buciki monitorujące rytm serca i oddech dziecka. Inne urządzenia i czujniki podłączone do Internetu Rzeczy obejmują urządzenia gospodarstwa domowego, które mogą udostępniać dane, oraz czujniki wykrywające ruch, jakość powietrza, temperaturę i wilgotność. Można podłączyć takie urządzenia, jak wagi, aparaty fotograficzne, ciśnieniomierze, urządzenia do śledzenia wzroku, monitory glukozy i pompy insulinowe. Nawet specjalistyczna odzież i meble może zawierać czujniki połączone z Internetem Rzeczy, które monitorują pomiary fizjologiczne i kinezyologiczne, takie jak inteligentne łóżko szpitalne, które śledzi funkcje życiowe pacjenta. Każde urządzenie, które może wytwarzać lub odbierać dane, może potencjalnie stać się częścią ekosystemu IoT opieki zdrowotnej.

Aplikacje i interfejsy

Aby dane przechwycone przez urządzenia podłączone do Internetu Rzeczy były użyteczne, potrzebne są aplikacje do przetwarzania danych i prezentowania ich użytkownikom (ludziom, aplikacjom lub innym urządzeniom) w sensowny sposób przy użyciu dobrze zaprojektowanych interfejsów. Większość pacjentów, pracowników służby zdrowia, a inni interesariusze wchodzi w interakcję z aplikacjami opieki zdrowotnej za pośrednictwem smartfona, tabletu lub komputera. Chociaż najpopularniejsze interfejsy są wizualne (dane są wyświetlane na ekranie, a użytkownicy wchodzi w interakcję z ekranem bezpośrednio lub za pomocą klawiatury i myszy), interakcje mogą być również werbalne, sterowane ruchem, dotykowe lub bezpośrednio z urządzenia do urządzenia lub aplikacji do aplikacji. Niektóre interfejsy aplikacji zapewniają standardowy zestaw surowych metryk bez interpretacji lub analizy i bez funkcji dostosowywania. Inne interfejsy aplikacji dostarczają dane, które są dostosowane do konkretnych użytkowników, a inne pozwalają użytkownikom na personalizację sposobu raportowania, a nawet zbierania danych. Aplikacja może porównywać dane z danymi reprezentatywnej populacji lub z medycznie akceptowanymi standardami. Aplikacje pozwalają urządzeniom podłączonym do inteligentnego ekosystemu opieki zdrowotnej mieć różne poziomy autonomii. Niektóre aplikacje są pasywne, ponieważ rejestrują i raportują dane, ale nie podejmują żadnych działań na podstawie tych danych. Aplikacje autonomiczne można zaprogramować tak, aby wysyłały alerty w przypadku przekroczenia określonych progów, samoczynnie podejmowały działania, a nawet nakazywały innym urządzeniom podjęcie pewnych działań. Sekcja 16.4 omówi przykłady zastosowań IoT w opiece zdrowotnej.

Inni interesariusze: wsparcie społeczne

Model inteligentnego ekosystemu opieki zdrowotnej pokazuje trzy typy ludzkich uczestników: pacjenta, świadczeniodawców i wsparcie społeczne. Osoby objęte wsparciem społecznym mogą być członkami rodziny, przyjaciółmi, współpracownikami i członkami innych sieci społecznych, do których należy pacjent, takich jak grupy wsparcia dla pacjentów. Możliwe jest również, że pracownicy socjalni, zarządcy domów, kierowcy i inni usługodawcy również mogliby zostać uwzględnieni. Wiele sytuacji związanych z opieką zdrowotną może skorzystać na możliwości powiadomienia niektórych członków sieci wsparcia społecznego pacjenta. Na przykład, jeśli poziom glukozy u dziecka spadnie w nocy poniżej dopuszczalnego poziomu, rodzic może obudzić alarm lub jeśli pacjent monitorowany pod kątem depresji nie brał pryszniców od kilku dni (określa to czujnik mierzący poziom wilgotności w łazience), a przyjaciel lub członek rodziny może zostać poproszony o sprawdzenie pacjenta. Pacjenci korzystający z aplikacji modyfikującej zachowanie, aby próbować schudnąć, mogą zdecydować się na

powiadomienie przyjaciół i rodziny o swoim celu odchudzania i powiadamianie ich o postępach. Niektóre badania wykazały, że mówienie innym o celu i otrzymywanie wsparcia przyjaciół i rodziny przyczynia się do większego sukcesu.

Podłączanie komponentów

Aby umożliwić współdzielenie danych leżących u podstaw IoT, różne urządzenia, czujniki, komputery i aplikacje muszą być połączone. W większości przypadków połączenie jest bezprzewodowe, ale nie zawsze przez Internet. Łączność może również zapewniać sieci komórkowe (2G-5G lub LTE), sieci rozległe lub protokoły Bluetooth lub NFC (komunikacja bliskiego zasięgu). W niektórych systemach, w których stosunkowo niewielkie ilości danych muszą być przesyłane na krótkich dystansach, WPAN (bezprzewodowe sieci osobiste), takie jak ZigBee, zapewniają kanał komunikacyjny, który jest bardzo wydajny pod względem zużycia energii. Ekosystem opieki zdrowotnej IoT może wykorzystywać wiele kanałów komunikacji.

Podsumowanie ekosystemu inteligentnej opieki zdrowotnej

Jako przykład ilustrujący interakcje wszystkich elementów ekosystemu założmy, że pacjent wraca do zdrowia po operacji, aby naprawić złamane biodro. Pacjent nosi na nadgarstku urządzenie, które monitoruje aktywność (np. chodzenie) i wykrywa upadek pacjenta, a czujnik w butcie mierzy chód i prędkość chodzenia. Dane wyjściowe z tych urządzeń są przechowywane w chmurze. Aplikacja monitoruje te dane i udostępnia je do okresowego sprawdzania przez dostawcę opieki zdrowotnej. Jeśli pacjent nie przeszedł liczby kroków „przepisanej” przez lekarza, na telefon komórkowy wysyłane jest przypomnienie. Jeśli chód i prędkość chodzenia pacjenta wskazują na słabą równowagę, pracownik służby zdrowia jest powiadamiany o konieczności podjęcia interwencji, takiej jak umówienie wizyty u fizjoterapeuty lub wizyta kontrolna u pielęgniarki odwiedzającej. W przypadku wykrycia upadku do członka rodziny pacjenta lub innego lokalnego opiekuna wysyłane jest pilne powiadomienie SMS-em, a także świadczeniodawca. Możliwe jest również skontaktowanie się ze służbami ratunkowymi. Wszystkie dane dotyczące tych zdarzeń byłyby dostępne dla świadczeniodawcy, wraz z innymi danymi, takimi jak historia leczenia, do wykorzystania podczas okresowej oceny planów leczenia pacjentów. Nie każdy inteligentny system opieki zdrowotnej obejmuje wszystkie elementy. Wszyscy jednak wykorzystują Internet Rzeczy jako podstawę do udostępniania danych. Chociaż ekosystem identyfikuje podstawowe elementy składowe systemów IoT dla opieki zdrowotnej, konieczne jest głębsze przyjrzenie się aplikacjom w celu zbadania wielu różnych sposobów wykorzystania Internetu Rzeczy w kontekście opieki zdrowotnej skoncentrowanej na pacjencie. Poniższa sekcja opisuje aplikacje inteligentnej opieki zdrowotnej wspierane przez Internet Rzeczy, oceniając problem i przestrzeń rozwiązania objętą tymi aplikacjami pod kątem siedmiu różnych cech, zwanych wymiarami.

Wymiary aplikacji Internetu rzeczy w opiece zdrowotnej

Jak już wspomniano, inteligentne aplikacje opieki zdrowotnej, które koncentrują się na pacjencie, zajmują się obecnie szerokim zakresem kontekstów. Te aplikacje opieki zdrowotnej można opisać według tego, w jaki sposób odnoszą się do aspektów sytuacji w opiece zdrowotnej:

- 1) Rodzaj problemu opieki zdrowotnej. Ogólne utrzymanie zdrowia lub dobrego samopoczucia lub określonej choroby lub urazu lub innego zdarzenia związanego z opieką zdrowotną.
- 2) Locus problemu opieki zdrowotnej. Fizyczne (ciała) lub psychiczne (związane z funkcjonowaniem umysłu).
- 3) Wymiar czasu. Jednorazowe lub tymczasowe w porównaniu z ciągłym lub przewlekłym.

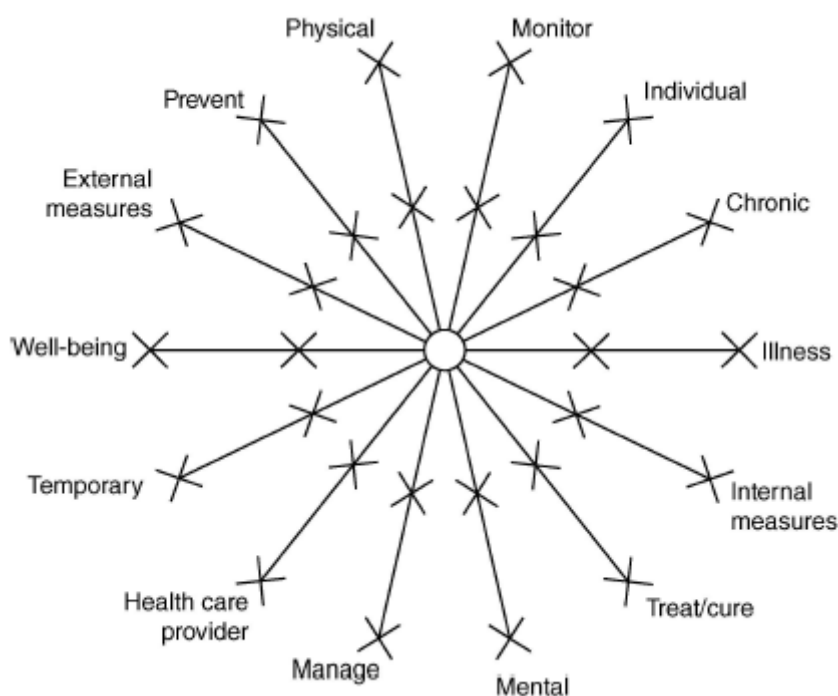
4) Cel aplikacji. Aby zapobiec stanowi lub zapobiec pogorszeniu się stanu lub leczyć stan w celu jego wyleczenia.

5) Stopień działania zapewniany przez aplikację. Monitorowanie danych o sytuacji lub dostarczanie danych, aby umożliwić użytkownikom monitorowanie danych, w przeciwieństwie do podejmowania działań lub wspierania użytkownika lub innego interesariusza w podejmowaniu działań w celu zarządzania sytuacją.

6) Źródło danych. Środki wewnętrzne związane ze stanem pacjenta (generowane przez pacjenta) lub środki zewnętrzne w stosunku do pacjenta, ale istotne dla sytuacji opieki zdrowotnej.

7) Główny Użytkownik Aplikacji. Wykorzystywane na poziomie indywidualnym przez pacjenta do samoopieki lub przez członków rodziny pacjenta do monitorowania pacjenta w porównaniu z aplikacjami używanymi przez pracowników służby zdrowia lub innych opiekunów do monitorowania lub wspomagania pacjenta lub oceny leczenia. Zakłada się, że nieformalne wsparcie społeczne może być stosowane z dowolną aplikacją i dlatego nie jest pokazywane jako osobny wymiar.

Aby stworzyć wizualną reprezentację inteligentnej aplikacji opieki zdrowotnej, wymiary można połączyć w jeden diagram (rysunek 16.2). Na tym schemacie, który przypomina płatek śniegu, można wskazać, jak silnie poszczególne wymiary są reprezentowane w aplikacji. Każdy wymiar reprezentuje zakres lub kontinuum między jedną wartością punktu końcowego a drugą. Poszczególne aplikacje mogą znajdować się w dowolnym miejscu w zakresie, ale ponieważ to pozycjonowanie nie jest wartością bezwzględną, pokazane są po prostu dwa stany: niektóre lub wszystkie. W związku z tym wymiar, który jest częściowo lub w pewnym stopniu uwzględniony w aplikacji, zostanie oznaczony do pierwszego „X” na wymiarze płatka śniegu. Wymiar, który jest identyfikowany jako główny przedmiot aplikacji, a zatem w pełni uwzględniony przez aplikację, zostanie oznaczony jako „X” na końcu zakresu wymiarów. Ta identyfikacja stopnia, w jakim aplikacje odnoszą się do wymiarów, umożliwia kategoryzację i porównanie różnych aplikacji w różnych wymiarach. Każdy z tych siedmiu wymiarów został szczegółowo opisany poniżej. Aby stworzyć wizualną reprezentację inteligentnej aplikacji opieki zdrowotnej, wymiary można połączyć w jeden diagram.



Na tym schemacie, który przypomina płatek śniegu, można wskazać, jak silnie poszczególne wymiary są reprezentowane w aplikacji. Każdy wymiar reprezentuje zakres lub continuum między jedną wartością punktu końcowego a drugą. Poszczególne aplikacje mogą znajdować się w dowolnym miejscu w zakresie, ale ponieważ to pozycjonowanie nie jest wartością bezwzględną, pokazane są po prostu dwa stany: niektóre lub wszystkie. W związku z tym wymiar, który jest częściowo lub w pewnym stopniu uwzględniony w aplikacji, zostanie oznaczony do pierwszego „X” na wymiarze płatka śniegu. Wymiar, który jest identyfikowany jako główny przedmiot aplikacji, a zatem w pełni uwzględniony przez aplikację, zostanie oznaczony jako „X” na końcu zakresu wymiarów. Ta identyfikacja stopnia, w jakim aplikacje odnoszą się do wymiarów, umożliwia kategoryzację i porównanie różnych aplikacji w różnych wymiarach. Każdy z tych siedmiu wymiarów został szczegółowo opisany poniżej. Aby powiązać ten model z modelem inteligentnego ekosystemu zdrowia na rysunku 16.1, należy zauważyć, że w tym rozdziale skupiono się na systemach zorientowanych na pacjenta, więc wszystkie zastosowania modelu obejmują dane o pacjencie. Kilka wymiarów opisuje aspekty danych: ich źródło, głównego użytkownika i rodzaj problemów zdrowotnych, do których są stosowane. Element wsparcia społecznego ekosystemu nie jest pokazany jako osobny wymiar, ponieważ wyniki dowolnej aplikacji mogą potencjalnie być udostępniane innym za pośrednictwem mediów społecznościowych (a czasami bezpośrednio z samej aplikacji), a osoby udzielające wsparcia społecznego, choć są ważne, są drugorzędne w stosunku do pacjenta i świadczeniodawców w zakresie zarządzania zdrowiem pacjenta.

Wymiar dobrostan-choroba

Określony ilościowo ruch własny reprezentuje skrajną manifestację samośledzenia w celu utrzymania dobrego samopoczucia lub zdrowia. W dzisiejszych czasach aplikacje na smartfony i opaski do monitorowania kondycji automatycznie śledzą dane, takie jak kroki, sen i tętno. Niektóre aplikacje mogą również mierzyć poziom stresu i inne rodzaje ćwiczeń. Wiele aplikacji umożliwia użytkownikom wprowadzanie informacji o spożyciu żywności, stanie emocjonalnym, wadze i wszelkich innych metrykach, które użytkownik może chcieć śledzić. Ponieważ aplikacje te są połączone z Internetem Rzeczy, mogą również wymieniać informacje z innymi urządzeniami, takimi jak inteligentne wagi. Tego typu aplikacje w większości uważa się za związane z ogólnym zdrowiem i sprawnością użytkownika. Do tej kategorii należą również aplikacje poprawiające wydajność, takie jak te używane przez biegaczy do śledzenia ich szybkości i wytrzymałości. Na drugim końcu tego wymiaru znajdują się aplikacje, które dotyczą konkretnej choroby lub stanu, takiego jak angina, cukrzyca, astma lub POChP (przewlekła obturacyjna choroba płuc), urazy, takie jak złamana kość lub zwichnięta rzepka lub inne incydenty zdrowotne, takie jak udar. Aplikacje, które zajmują się konkretnym problemem zdrowotnym, mogą wykorzystywać specjalistyczny sprzęt, a także wiele takich samych czujników, które są używane w aplikacjach wellness, ale w połączeniu ze specjalistycznymi programami do analizy metryk i określania odpowiedniej reakcji.

Wymiar fizyczno-mentalny

Opiekę zdrowotną można podzielić na dwie szerokie kategorie: zdrowie fizyczne i zdrowie psychiczne. Zdrowie fizyczne obejmuje kwestie związane z ciałem. Problemy ze zdrowiem fizycznym mogą być związane z funkcjonowaniem różnych układów (oddechowego, naczyniowego itp.) lub z narządami lub komunikacją między nimi; na kości, mięśnie i tkankę łączną oraz ich funkcjonowanie; oraz zdolności jednostki do wykonywania zadań związanych z życiem, pracą i wypoczynkiem. Zdrowie psychiczne obejmuje zdrowie intelektualne, poznawcze i emocjonalne. Stany związane z chorobami psychicznymi, takimi jak depresja, schizofrenia i zaburzenia obsesyjno-kompulsywne, a także uzależnienia, problemy z zarządzaniem gniewem i zaburzenia poznawcze, takie jak utrata pamięci, zostałyby sklasyfikowane jako problemy ze zdrowiem psychicznym.

Tymczasowy - Wymiar przewlekły

Niektóre problemy zdrowotne mają charakter przejściowy – złamana kość musi się zagoić lub przez określoną liczbę dni należy przyjmować leki, aby zwalczyć infekcję. Inne problemy zdrowotne mają charakter przewlekły, ponieważ istnieją przez długi czas, być może przez całe życie. Chociaż można przypuszczać, że czasowe związane ze zdrowiem kwestie to takie, które zostaną załatwione w ustalonym czasie, oczywiście jest możliwe, że nie da się go łatwo określić. Niektóre problemy, takie jak utrata określonej masy ciała, mogą być uważane za tymczasowe, ale mogą wymagać monitorowania przez całe życie. W związku z tym zastosowania odchudzające byłyby klasyfikowane jako tymczasowe, podczas gdy aplikacje utrzymujące wagę byłyby klasyfikowane jako zajmujące się stanem przewlekłym.

Wymiar zapobieganie-utwardzanie

Inteligentne aplikacje zdrowotne, które pozwalają użytkownikom monitorować swoją wagę, spożycie pokarmu i poziom aktywności, mogą być postrzegane jako aplikacje, których można używać w celu zapobiegania wystąpieniu choroby, takiej jak cukrzyca typu 2. Aplikacje mogą być również wykorzystywane do zapobiegania poważnym powikłaniom choroby, takim jak ataki astmy lub niekontrolowane krwawienia z powodu braku koagulantów we krwi. Inne systemy opieki zdrowotnej oparte na IoT mogą być wykorzystywane do leczenia chorób lub wspomagania powrotu do zdrowia po urazie, chorobie lub innym zdarzeniu zdrowotnym. Aplikacje monitorujące przestrzeganie przepisanych schematów leczenia mogą zwiększyć prawdopodobieństwo skutecznego leczenia malarii, gruźlicy lub infekcji pęcherza moczowego. Systemy IoT mogą pomóc w rehabilitacji osób, które wracają do zdrowia po operacji lub przeszły na przykład udar lub złamaną kość i potrzebują przetrenowania mięśni lub odzyskania siły i wytrzymałości poprzez zalecane ćwiczenia. Aplikacje mogą dostarczać informacji o tym, jakie ruchy lub ćwiczenia należy wykonywać (i tych, których należy unikać) i mogą śledzić, czy zostały one wykonane autonomicznie za pomocą czujników lub za pośrednictwem danych zgłaszanych przez użytkownika. Oprócz zachęcania pacjenta do wykonywania ćwiczeń lub przyjmowania przepisanych leków, aplikacje te mogą również informować pracowników służby zdrowia i członków sieci wsparcia społecznego pacjenta, jeśli pacjent nie przestrzega planu opieki.

Wymiar Monitoruj-zarządzaj

Systemy IoT mogą być używane zarówno do monitorowania, jak i aktywnego zarządzania stanami związanymi ze zdrowiem. Systemy monitorowania zapewniają dostęp do danych pacjentowi, pracownikom służby zdrowia i/lub innym opiekunom. Podczas gdy niektóre systemy służą wyłącznie do osobistego monitorowania, inne śledzą dane i porównują je z większą populacją lub poprzednimi wynikami dla danej osoby (lub obu) i umożliwiają udostępnianie danych innym. Systemy monitorowania osobistego pomagają pacjentom w zrozumieniu wpływu różnych czynności lub sytuacji na ich zdrowie. Niektóre systemy monitorowania umożliwiają pracownikom służby zdrowia i innym opiekunom zdalne monitorowanie określonych wskaźników. Może to mieć na celu umożliwienie pracownikom służby zdrowia oceny skuteczności leczenia u wielu różnych pacjentów w czasie lub monitorowanie postępów w rehabilitacji pacjenta. W innych zastosowaniach intencją może być umożliwienie szybszych interwencji ze strony pracownika służby zdrowia, jeśli pomiary pacjenta wykraczają poza pożądane zakresy. Aplikacje, które zarządzają problemami opieki zdrowotnej, częściej obejmują interakcję z pracownikami służby zdrowia, chociaż nie zawsze tak jest. Aplikacje, które pomagają pacjentom radzić sobie z depresją lub lękiem, mogą obejmować aktywny udział terapeutów lub psychiatrów, szczególnie jeśli choroba jest ciężka i stosowane są leki. Jako skrajny przykład pacjentów bezpośrednio zarządzających własną opieką zdrowotną, niektórzy pacjenci z cukrzycą typu 1, sfrustrowani powolnym tempem wprowadzania przez placówki medyczne systemów zarządzania cukrzycą, które zarówno śledzą poziom glukozy, jak i podają insulinę, ominęli personel medyczny i

organy regulacyjne oraz budowali własne systemy. Te sztuczne systemy trzustki łączą urządzenie do ciągłego monitorowania glukozy pacjenta z pompą insulinową za pośrednictwem Internetu Rzeczy za pomocą niedrogiego komputera (Raspberry Pi). Instrukcje dotyczące programowania aplikacji są dostępne online¹. Podczas gdy system nadal wymaga od pacjentów monitorowania poziomu glukozy i dokonania ostatecznego określenia dawki insuliny, system może podawać dawkę po zatwierdzeniu przez pacjenta.

Wymiar miary wewnętrzne–zewnętrzne

Niektóre systemy związane ze zdrowiem opierają się wyłącznie na danych pochodzących z pomiarów jednostki, często generowanych przez czujniki, w smartfonach lub urządzeniach do noszenia lub innych urządzeniach, które mierzą funkcje indywidualnego użytkownika. Dane te mogą być wykorzystane bezpośrednio w postaci surowej lub mogą być wykorzystane jako dane wejściowe do bardziej złożonych obliczeń. Przykłady pomiarów fizjologicznych, które pochodzą bezpośrednio z pomiarów pacjenta, obejmują częstość akcji serca, liczbę kroków, temperaturę ciała, wagę, wielkość źrenic, aktywność mózgu (EEG) i poziom glukozy. Inne dane istotne dla aplikacji związanej z opieką zdrowotną mogą pochodzić z kontekstu środowiska indywidualnego użytkownika, takie jak dane o lokalizacji, wilgotności, temperaturze i wysokości lub o wydarzeniach w kalendarzu użytkownika, inne aplikacje, z których korzystał, dostęp do mediów społecznościowych i korzystanie z telefonu. Inne dane powszechnie używane w aplikacjach opieki zdrowotnej obejmują dane zgłaszane przez pacjenta, takie jak spożycie pokarmu, jakość snu, poziom energii, nastrojów, poziom stresu i inne informacje związane z celem aplikacji. Aby określić, czy kategoryzować dane jako wewnętrzne czy zewnętrzne, brane jest pod uwagę miejsce generowania danych. Jeśli jest generowany przez ciało pacjenta, jest uważany za wewnętrzny. Jeśli dane są generowane poza ciałem pacjenta, uważa się je za zewnętrzne.

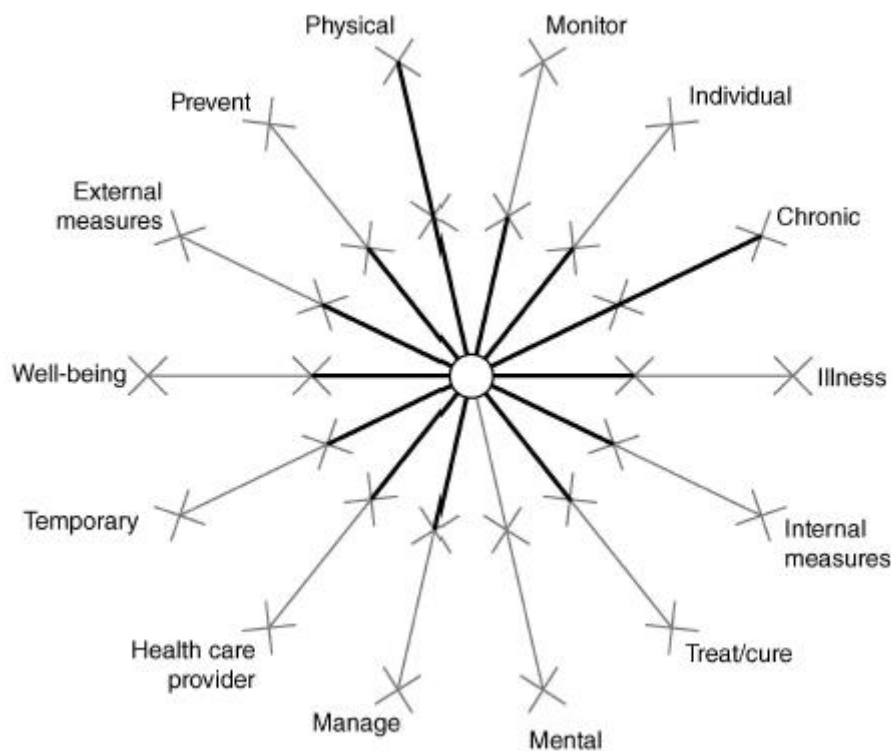
Dostawca opieki zdrowotnej – wymiar indywidualny

Ten ostatni wymiar dotyczy głównego użytkownika aplikacji związanej ze zdrowiem (w szczególności danych). Wiele aplikacji jest używanych głównie przez pacjentów do monitorowania lub zarządzania problemami zdrowotnymi. Na tym końcu spektrum pacjenci dostarczaliby dane do systemu za pomocą czujników, urządzeń lub samodzielnego raportowania, a pacjenci byłiby również głównymi odbiorcami danych do wykorzystania we własnej samoopiece. Na drugim końcu spektrum znalazłyby się aplikacje, które są wykorzystywane głównie przez pracowników służby zdrowia (lekarze, pielęgniarki i inni specjaliści) do monitorowania pacjentów lub pozyskiwania informacji do wykorzystania w ocenie planów leczenia. Chociaż możliwe jest, że niektóre aplikacje skupiające się na świadczeniodawcach opieki zdrowotnej, które gromadzą dane od pacjentów za pomocą czujników, urządzeń lub samodzielnego raportowania, nie dostarczyłyby pacjentowi żadnych danych, jest bardziej prawdopodobne, że pacjent będzie w stanie zobaczyć danych, chociaż pacjent nie jest docelowym odbiorcą. Większość inteligentnych aplikacji opieki zdrowotnej dostarcza dane zarówno pacjentowi, jak i dostawcy opieki zdrowotnej. Gdy dane są udostępniane członkom rodziny, znajomym lub innym członkom sieci wsparcia społecznego, byłoby to uważane za rozszerzenie wymiaru indywidualnego.

Przykłady aplikacji opieki zdrowotnej związanych z IoT i ich wymiary

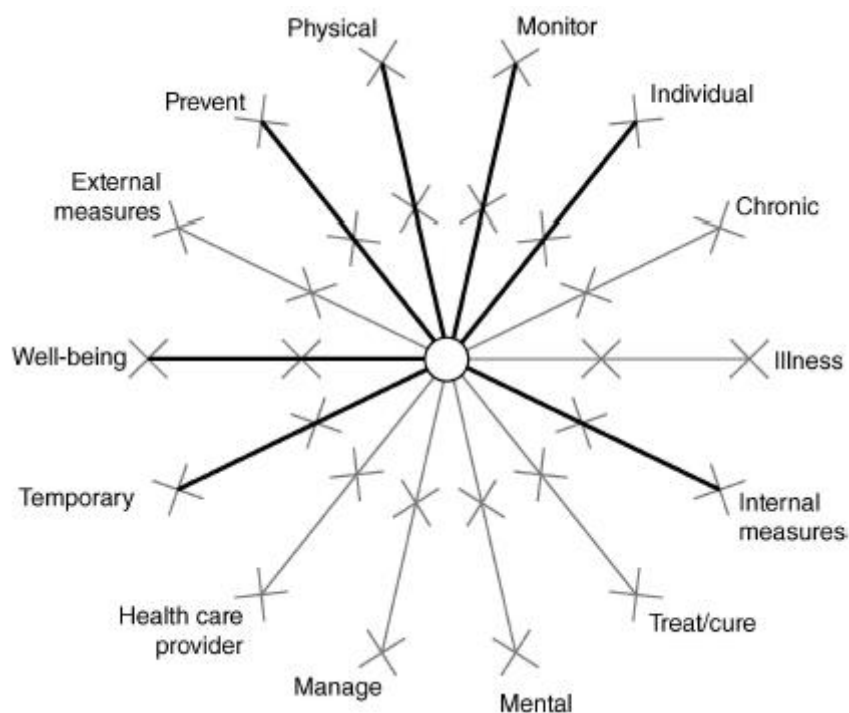
Niemożliwe byłoby zidentyfikowanie wszystkich aplikacji inteligentnej opieki zdrowotnej, które są obecnie opracowywane lub są dostępne, dlatego w tej sekcji zostanie opisana próbka tych aplikacji. Nacisk kładziony jest na aplikacje, które koncentrują się na pacjencie, a nie na aplikacjach obsługujących funkcje administracyjne lub logistyczne, takie jak śledzenie lokalizacji sprzętu medycznego w szpitalu. Czasami panuje błędne przekonanie, że wszystkie aplikacje IoT skoncentrowane na pacjencie to aplikacje na smartfony, które wykorzystują Internet do udostępniania danych. Chociaż są one dość powszechne, nie są to jedyne rodzaje aplikacji opieki zdrowotnej IoT

ukierunkowanych na pacjenta. Niektóre systemy wykorzystują wyspecjalizowane wyjścia do innych urządzeń, takich jak pompa infuzyjna do podawania leków. Dane mogą być udostępniane na przykład przez sieci Bluetooth lub RFID. W tej sekcji niektóre z różnorodności występujących w aplikacjach opieki zdrowotnej IoT zostaną zilustrowane przykładami kilku produktów, które są obecnie w użyciu lub na późnych etapach testowania w ramach przygotowań do wdrożenia. Te przykłady służą celom edukacyjnym, a dyskusja nie ma służyć jako aprobata produktów. Dla każdej z tych aplikacji dostępna jest strona internetowa (aktywna w momencie publikacji). Każda aplikacja zostanie opisana za pomocą modelu płatka śniegu wymiarów aplikacji opieki zdrowotnej, który został wprowadzony w poprzedniej sekcji. Zakres, w jakim aplikacja odnosi się do konkretnego wymiaru, jest wskazany za pomocą pogrubionej linii: pogrubiona linia przechodząca do połowy oznacza, że aplikacja dotyczy tylko częściowo tego aspektu, a pogrubiona linia całkowicie zakrywająca jeden koniec wymiaru wskazuje, że dany aspekt jest centralną częścią aplikacji. W opisie tekstowym aplikacji kursywa służy do podkreślenia poszczególnych aspektów każdego wymiaru, do którego odnosi się aplikacja. EpiWatch2 to aplikacja Apple Watch, która umożliwi użytkownikom cierpiącym na epilepsję śledzenie napadów, codziennego stosowania leków i możliwych interakcji z lekami oraz udostępnianie tych informacji naukowcom medycznym. Te dane, w połączeniu z akcelerometrem i czujnikiem tętna, mogą ostatecznie umożliwić przewidywanie napadów. Na rysunku wymiary EpiWatch są pokazane w modelu płatka śniegu.



EpiWatch jest przeznaczony do fizycznej choroby przewlekłej, epilepsji. Padaczka może być spowodowana urazem mózgu lub udarem lub może być zaburzeniem genetycznym. W obu przypadkach wynikiem jest nieprawidłowe funkcjonowanie aktywności komórek mózgowych, które prowadzi do drgawek. Jeśli osoba zachoruje na padaczkę przed dziesiątym rokiem życia, choroba jest często przejściowa, ponieważ mózg dziecka może się wyleczyć i powrócić do normalnego funkcjonowania, ale wiele osób musi żyć z chorobą przez całe życie. Aplikacja EpiWatch umożliwia indywidualnym pacjentom monitorowanie ich napadów, a monitorowanie umożliwia naukowcom i

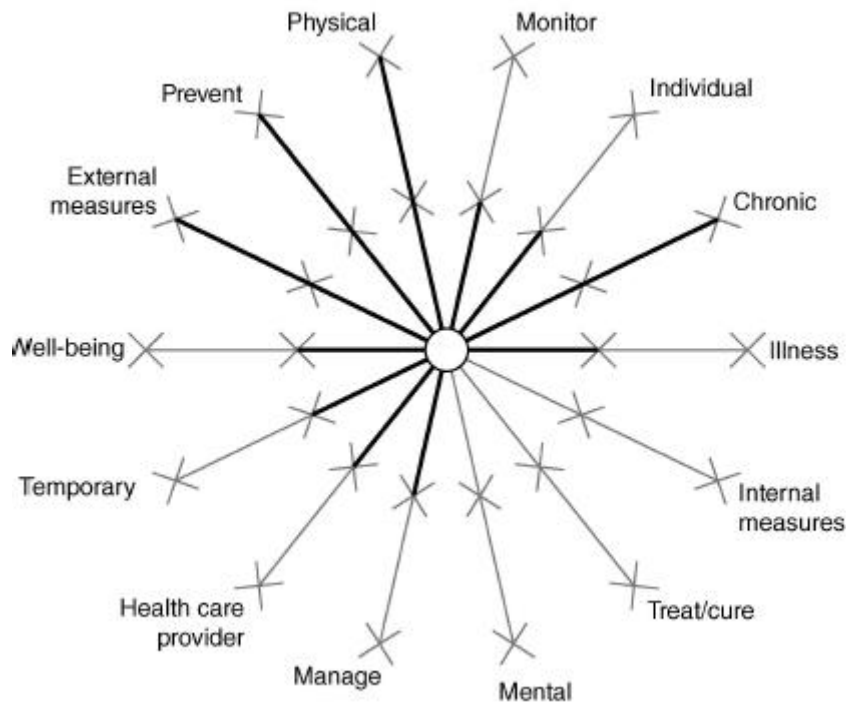
pracownikom służby zdrowia lepsze zrozumienie padaczki w celu lepszego leczenia, a także w przyszłości wykrywanie napadów i zapobieganie im. Padaczka jest rodzajem choroby mózgu, ale celem EpiWatch jest umożliwienie ludziom dobrego życia bez martwienia się o ich kolejny atak, a tym samym o ich dobre samopoczucie, a nie tylko o leczenie choroby. Czujniki w zegarku mierzą pomiary wewnętrzne, czyli dane automatycznie generowane przez ciało użytkownika, ponieważ mierzy tętno i ruchy użytkownika podczas napadu. Aplikacja zbiera również dane zewnętrzne, ponieważ użytkownicy mogą wprowadzać dane o jakości swojego życia. Owlet Smart Sock 2 to bucik niemowlęcia, który wykorzystuje pulsoksymetrię do pomiaru tętna niemowlęcia i poziomu tlenu podczas snu. Skarpetkę lub bucik nosi się na stopie niemowlęcia i przytrzymuje na miejscu za pomocą paska na rzep. Czujnik jest osadzony w skarpetce. Dane dotyczące tętna i poziomu tlenu zebrane przez czujnik można wyświetlić na smartfonie za pośrednictwem aplikacji. Jeśli tętno lub poziom tlenu wykraczają poza określone granice, alarm używa światła i dźwięku, aby powiadomić rodzica. Na rysunku wymiary Smart Sock 2 przedstawiono w modelu płata śniegu.



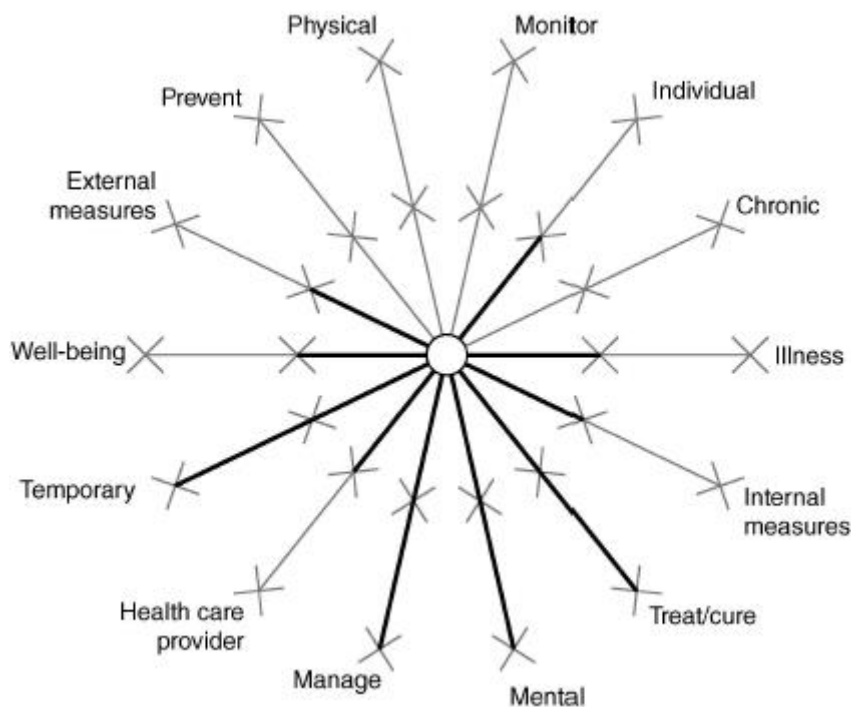
Smart Sock jest przeznaczona dla niemowląt i ich rodziców. Jest przeznaczony dla osób fizycznych i świadczeniodawcy opieki zdrowotnej nie są w ogóle zaangażowani. Skarpetki są w całości zaprojektowane z myślą o dobrym samopoczuciu dziecka i rodziców, zapobiegając dolegliwościom fizycznym, wczesnej śmierci niemowląt (zwanej również SIDS lub syndromem nagłej śmierci niemowląt), ostrzegając rodziców, aby mogli podjąć działania. Smart Sock nie leczy ani nie leczy dolegliwości. Dzięki Smart Sock rodzice mogą monitorować swoje nowo narodzone dziecko i mieć pewność, że skarpetka wyśle alarm, jeśli oddech dziecka odbiegnie od normalnego. Monitorowanie jest tylko chwilowo potrzebne, ponieważ ryzyko przedwczesnej śmierci niemowląt zmniejszy się z czasem, a ostatecznie ryzyko zniknie. Czujniki w skarpetce zbierają dane wewnętrzne, takie jak tętno i tlen we krwi.

Propeller to inhalator stosowany przez pacjentów z astmą lub przewlekłą obturacyjną chorobą płuc (POChP). W obu przypadkach pacjenci często używają inhalatora, aby wprowadzić lek do płuc w celu

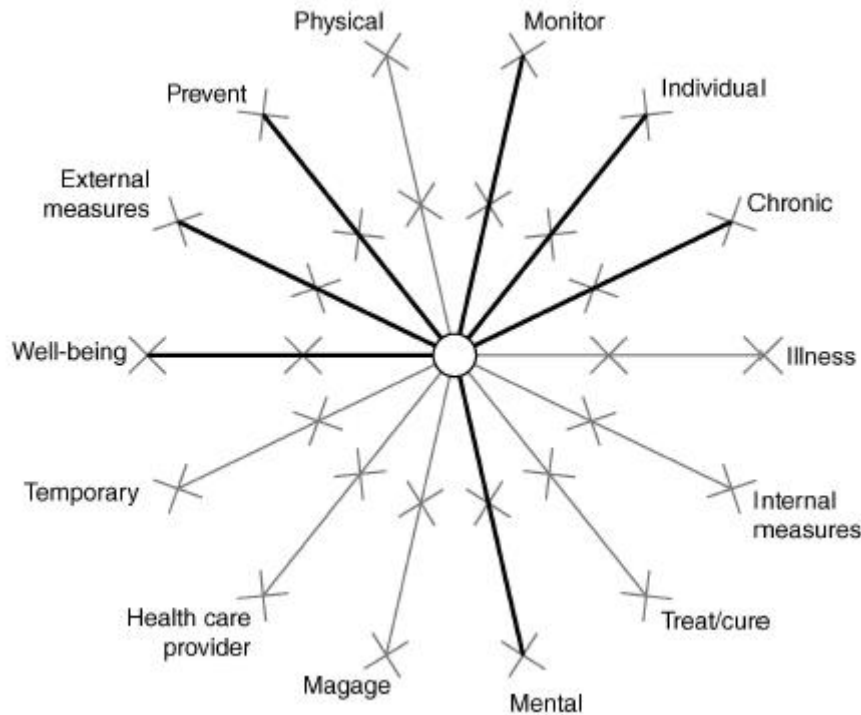
ułatwienia oddychania. Dzięki Propeller użytkownik podłącza czujnik do swojego inhalatora i używa leku jak zwykle. Czujnik rejestruje, kiedy inhalator był używany. Inne dane przechwycone przez aplikację (takie jak lokalizacja, pora dnia, jakość powietrza) pozwalają użytkownikowi uzyskać wgląd w czynniki wywołujące trudności w oddychaniu. Aplikacja może dostarczać wyniki rodzinie i świadczeniodawcom opieki zdrowotnej. Na rysunku wymiary urządzenia Propeller są odwzorowane w modelu płatka śniegu.



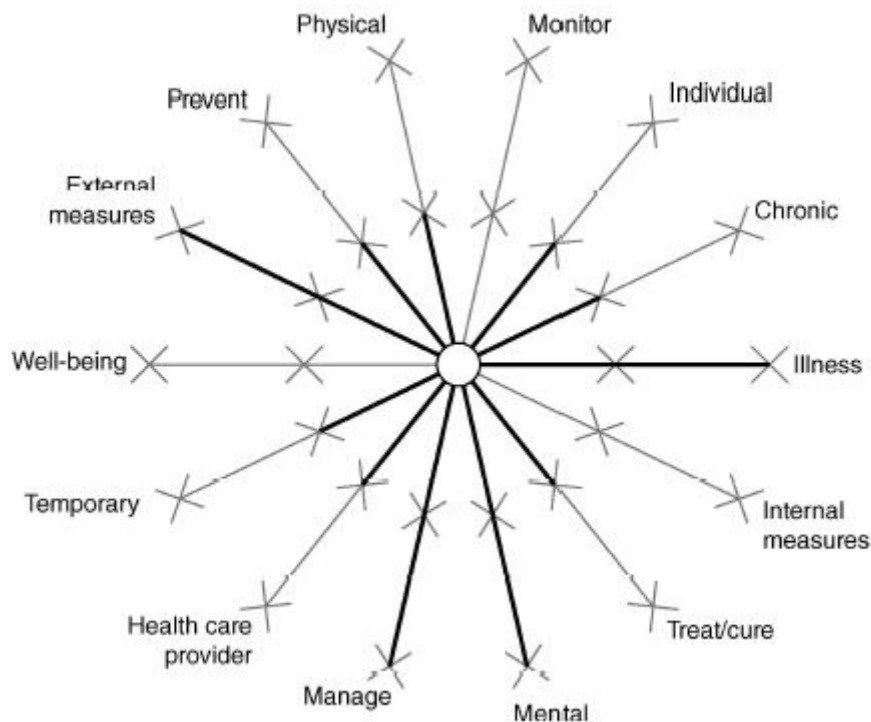
Astma i POChP to choroby fizyczne. Większość osób cierpiących na astmę ma mniej ciężką postać, ale niektórzy pacjenci cierpią na przewlekłą astmę z drgawkami. POChP jest również czymś, z czym musisz żyć przez całe życie. Urządzenie zbiera tylko dane zewnętrzne, takie jak zanieczyszczenie powietrza i dane kontekstowe użycia inhalatora. Aplikacja może informować użytkownika o jakości powietrza, a użytkownik może w ten sposób zapobiegać napadom poprzez przyjmowanie leków lub unikanie zanieczyszczonego obszaru. W ten sposób użytkownik może nie tylko monitorować środowisko i przyjmowane leki, ale także radzić sobie z chorobą, dowiadując się, co wywołuje napad i w ten sposób mieć swobodniejszą i lepszą jakość życia, zwiększając w ten sposób ich samopoczucie. Urządzenie oczywiście przynosi korzyści użytkownikowi, ale dane są również dostępne dla świadczeniodawców, którzy mogą poprawić relacje między jednostką a świadczeniodawcą, ponieważ obaj dzielą się wiedzą o tym, jak choroba wpływa na codzienne życie pacjenta. Ginger.io to aplikacja na telefony komórkowe połączona z usługą subskrypcji do radzenia sobie z depresją, stresem i lękiem przy wsparciu licencjonowanych terapeutów i psychiatrów. Aplikacja pozwala użytkownikom śledzić ich nastroje i gromadzić dane z czujników dotyczące poziomu aktywności, korzystania z aplikacji społecznościowych i korzystania z telefonu. Indywidualizowane doradztwo zapewniane jest za pośrednictwem tekstu i interaktywnego wideo. Na rysunku wymiary Ginger.io są pokazane w modelu płatka śniegu.



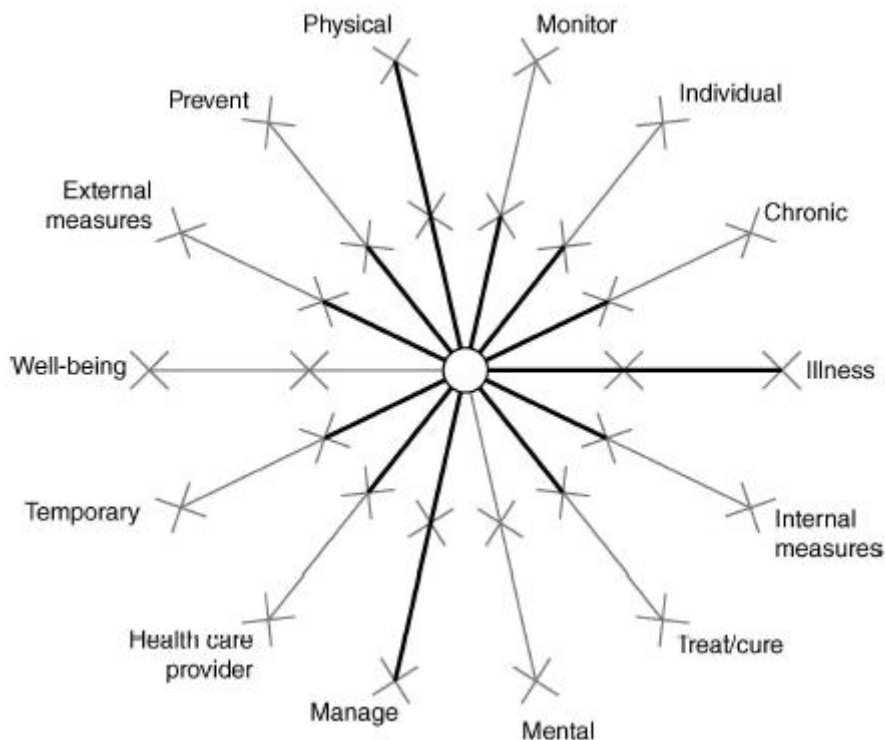
Ginger.io to aplikacja do chorób psychicznych. Depresja, lęk i stres są tymczasowe, ale mają tendencję do nawracania, jeśli dana osoba nie radzi sobie ze swoim samopoczuciem, nawet gdy nie ma objawów. Aplikacja w połączeniu ze wsparciem świadczeniodawców pomaga ludziom radzić sobie ze stresem, lękiem i depresją oraz leczyć je. Czujniki automatycznie zbierają dane o aktywności generowane przez daną osobę. W związku z tym aplikacja zbiera wewnętrzne pomiary, ale zbiera również dane zewnętrzne, takie jak zgłaszany nastrój, rozmowy telefoniczne i działania w mediach społecznościowych. Ponadto za pośrednictwem aplikacji użytkownicy mogą komunikować się z pracownikami służby zdrowia na temat zarejestrowanych danych. GPS SmartSole umożliwia opiekunom śledzenie ruchów pacjentów ze smartfonami lub komputerami, którzy są podatni na błądzenie lub gubienie się z powodu choroby Alzheimera, demencji, uszkodzenia mózgu lub innych problemów poznawczych. SmartSole wygląda jak zwykła wkładka do buta (taka jak te powszechnie używane w celu zapewnienia dodatkowej amortyzacji lub podparcia łuku stopy), którą można umieścić w butcie pacjenta. Czujniki wbudowane we wkładkę umożliwiają śledzenie GPS. Na rysunku wymiary SmartSole są pokazane w modelu płatka śniegu.



GPS SmartSole został zaprojektowany, aby wzmocnić osoby z zaburzeniami poznawczymi, dając im większą niezależność, ponieważ można im zapewnić większą swobodę ruchu, a jednocześnie zapewniać im większe bezpieczeństwo, ponieważ opiekunowie mogą śledzić ich lokalizację. Upośledzenie funkcji poznawczych jest przewlekłą chorobą psychiczną, a GPS SmartSole wspiera osoby cierpiące na takie schorzenia, aby zapobiec psychicznej udręce zagubienia i potencjalnej krzywdy. Osoby z problemami poznawczymi są często bardzo zależne od bliskich osób, a GPS SmartSole umożliwia osobom znaczącym monitorowanie i śledzenie ruchów osoby na odległość i upewnianie się, że wszystko jest tak, jak powinno. Mogą upewnić się, że użytkownik nie wyszedł poza „bezpieczną strefę”. GPS SafeSole może w ten sposób promować dobre samopoczucie zarówno osób z zaburzeniami poznawczymi, jak i ich opiekunów. Podeszwa zbiera dane zewnętrzne, ponieważ jest wyposażona w czujnik GPS. Usługa automatycznego dozownika leków firmy Philips wykorzystuje inteligentny pojemnik na pigułki, który jest zaprogramowany zgodnie z harmonogramem przyjmowania leków przez pacjenta i załadowany odpowiednim lekiem przez opiekuna. Alarm ostrzega pacjentów, że nadszedł czas na przyjęcie leku. W tym czasie pojemnik odblokuje się i udostępni odpowiednie pigułki. Jeśli tabletki nie są przyjmowane zgodnie z harmonogramem, będą przechowywane w dozowniku. Jeśli pigułki są wielokrotnie pominięte, opiekun otrzymuje powiadomienie. Na rysunku wymiary automatycznego dozownika medycznego pokazano w modelu płatka śniegu.

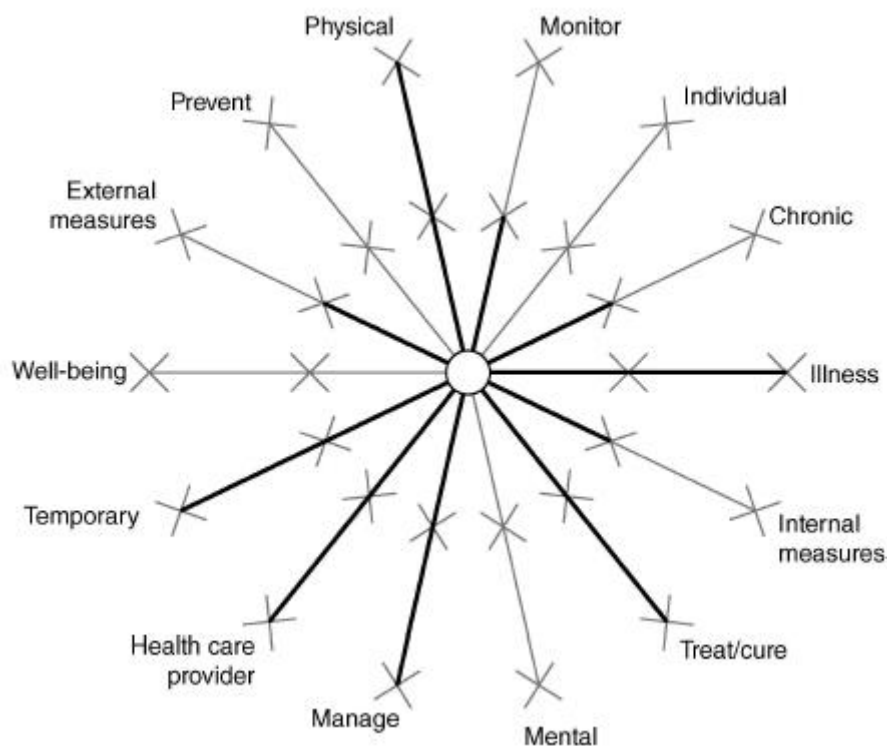


Automatyczny dozownik leków jest przeznaczony dla osób, które mogą zapomnieć o zażyciu leku. Chociaż wydawane leki mogą leczyć zarówno choroby fizyczne, jak i psychiczne, ich głównym celem jest wspomaganie pamięci, a tym samym rozwiązywanie problemów psychicznych. Dozownik ma na celu pomóc zarówno indywidualnemu pacjentowi, jak i świadczeniodawcy opieki zdrowotnej w zarządzaniu przyjmowaniem leków. Urządzenie można traktować zarówno jako profilaktykę, jak i leczenie, ponieważ przypomnienia zapobiegają zapomnieniu przez pacjentów o zażyciu leku, który jest niezbędny do leczenia. Urządzenie zapobiega również przyjmowaniu przez pacjenta większej ilości leków niż przepisane. Może się zdarzyć, że pacjentka nie pamięta, że zażyła lek i dlatego bierze go dwa razy lub więcej, z potencjalnie poważnymi konsekwencjami. Aby tego uniknąć, dozownik blokuje przegródki do czasu przyjęcia nowej dawki. Z dozownika mogą korzystać osoby ze schorzeniami zarówno przejściowymi, jak i przewlekłymi. Samo zapomnienie może być tymczasowe lub trwałe, chociaż prawdopodobne jest, że pacjent ma stały problem z zapominaniem, jeśli dozownik został przepisany przez lekarza. Automatyczny dozownik medyczny jest korzystny nie tylko dla jednostki, ale także dla pracownika służby zdrowia, ponieważ pielęgniarka zajmująca się lekiem wie, czy lek jest zażywany, czy nie i dostarcza cennych informacji na temat dalszego leczenia. Dozownik medyczny jest urządzeniem samodzielnym, w ogóle niepodłączonym do użytkownika, co oznacza, że obejmuje tylko pomiar zewnętrzny. Komunikuje się jednak z innymi elementami ekosystemu opieki zdrowotnej IoT. Ostrzega pacjenta zgodnie z harmonogramem, kiedy nadszedł czas na zażycie pigułki, i ostrzega lekarza, gdy pacjent nie wziął pigułki, dawki leku. CoaguChek monitoruje poziom krzepnięcia krwi u pacjentów przyjmujących leki rozrzedzające krew, takie jak warfaryna, i wysyła wyniki do pracowników służby zdrowia. Urządzenie jest zasilane kroplą krwi, a wyświetlacz pokazuje wartość INR (International Normalized Ratio), która wskazuje na skłonność krwi do krzepnięcia. Aplikacja zbiera również komentarze użytkowników dotyczące np. zmiany diety, choroby, pominiętych leków czy podróży, a pacjenci mogą ustawiać przypomnienia o badaniu krwi. Dane otrzymane przez pacjentów wskazują trendy i czy poziom krzepnięcia krwi mieszczą się w docelowym zakresie. Na rysunku wymiary CoaguCheck są pokazane w modelu płatka śniegu.

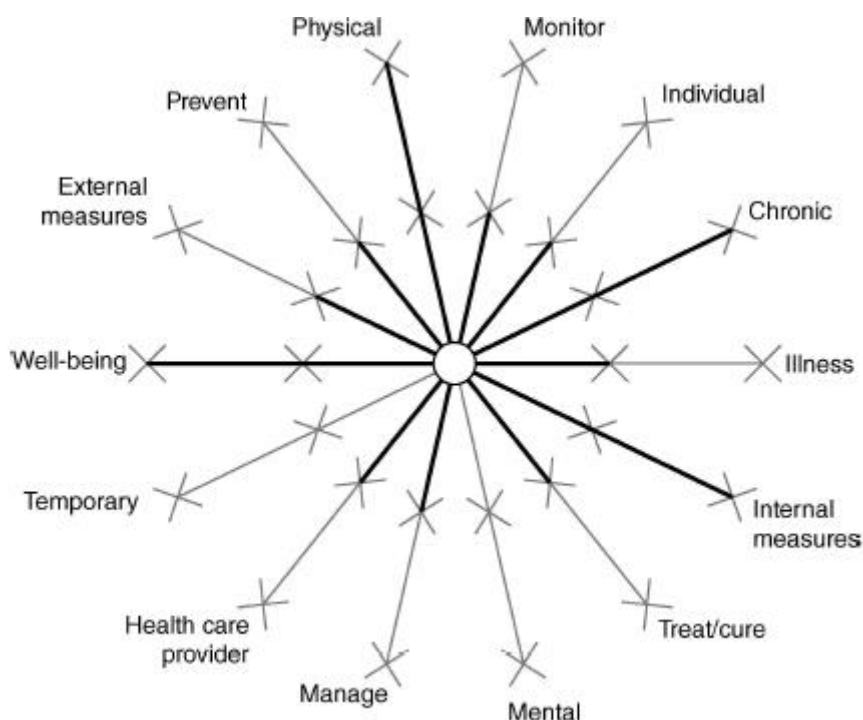


CoaguCheck jest przeznaczony dla osób ze zwiększonym ryzykiem powstawania zakrzepów krwi, które przyjmują warfarynę, aby utrzymać lepkość krwi w pożądanym zakresie. Dokładną dawkę ustala się, mierząc czas potrzebny na zakrzepnięcie krwi. Głównym celem urządzenia jest umożliwienie pacjentom samodzielnego monitorowania wartości INR bez konieczności wizyty w szpitalu w celu pobrania próbki krwi. Zamiast tracić czas na podróż do szpitala, pacjent może zadzwonić do pracownika służby zdrowia i podać wartość INR, a pracownik służby zdrowia może następnie w razie potrzeby zmienić dawkę.

Samodzielne pomiary wartości INR mogą również pomóc pacjentowi zarządzać swoją wartością, ponieważ mogą dowiedzieć się, jak jedzenie i styl życia wpływają na wartość INR. Pomiar wartości INR często pozwala lepiej dostosować leczenie, a także zapobiec zbyt niskim lub zbyt wysokim wartościom, ponieważ dawkę można zmieniać częściej. Powody przyjmowania warfaryny mogą być różne. Warfarynę można zażywać, ponieważ u pacjenta wystąpił zakrzep krwi. Dopiero gdy i jeśli pacjent nie ma zwiększonego ryzyka wystąpienia większej liczby zakrzepów, przestaje przyjmować lek. W takim przypadku warfaryna jest przyjmowana tylko tymczasowo, a zatem CoaguCheck byłby używany tylko tymczasowo. Ale pacjenci, którzy mają medyczne wymiany zastawek serca, muszą być przez resztę życia leczeni lekami rozrzedzającymi krew, takimi jak warfaryna. CoaguCheck zbiera nie tylko wewnętrzne pomiary, takie jak INR, ale także zewnętrzne wartości, o których zgłaszają użytkownicy, takie jak ich dieta. Monitor aktywności w leczeniu onkologicznym (współpraca między Medidata i Memorial Sloan Kettering Cancer Center) wykorzystuje zwykłe monitory aktywności na rynku, aby umożliwić pracownikom służby zdrowia pomiar skuteczności leczenia farmakologicznego szpiczaka mnogiego (raka krwi). Urządzenia do noszenia na ciele i dane zgłaszane przez pacjentów dotyczące stanu zdrowia umożliwiają naukowcom medycznym ocenę wpływu leczenia farmakologicznego na pacjentów. Na rysunku wymiary modułu do śledzenia aktywności w leczeniu onkologicznym są pokazane w modelu płatka śniegu.



Obecnie szpiczaka mnogiego nie da się wyleczyć, ale wskaźnik przeżycia wzrósł w ciągu ostatniej dekady dzięki ulepszonemu leczeniu. Choroba ma charakter fizyczny i pacjent musi z nią żyć do końca życia, ale choroba nie jest klasyfikowana jako przewlekła i dlatego w modelu płatka śniegu jest pokazana jako przede wszystkim przejściowa. Monitor aktywności jest używany przez dostawcę opieki zdrowotnej do zarządzania leczeniem i monitorowania jakości leczenia, a także jakości życia pacjenta w celu lepszego dostosowania leczenia. Podobnie jak w przypadku zwykłego korzystania z trackerów aktywności, rejestrowane są wewnętrzne pomiary, takie jak poziom aktywności i częstość tętna. Ponadto pacjenci zgłaszają swój stan zdrowia, więc rejestrowane są również wartości zewnętrzne. Systemy ciągłego monitorowania glukozy firmy Eversense¹¹ umożliwiają diabetykom ciągły pomiar poziomu cukru we krwi. Mały czujnik w kształcie cylindra osadzony pod skórą mierzy poziom cukru we krwi w płynach w tkankach. Podłączony nadajnik zasila czujnik i przesyła odczyty bezprzewodowo do smartfona. Czujnik odczytuje poziom glukozy co 5 minut, a aplikacja może wysyłać predykcyjne alerty przed osiągnięciem zbyt niskiego lub wysokiego poziomu glukozy. Aplikacja umożliwia również ręczne śledzenie zdarzeń, takich jak posiłki, treningi i zastrzyki insuliny. Wyniki można udostępnić lekarzowi. Na rysunku wymiary ciągłego monitorowania glikemii są pokazane w modelu płatka śniegu.



System ciągłego monitorowania glikemii jest przeznaczony do choroby przewlekłej, cukrzycy. Jest to choroba fizyczna, z którą dana osoba musi żyć przez całe życie. Dla osób z cukrzycą ważne jest zarówno monitorowanie, jak i kontrolowanie poziomu glukozy we krwi. Pacjent musi monitorować wartość glukozy, aby upewnić się, że wartość nie jest zbyt niska lub zbyt wysoka. Jeśli wartości nie mieszczą się w pożądanym zakresie, pacjent musi w różny sposób zarządzać poziomem glukozy we krwi. Jeśli wartość jest zbyt niska, osoba musi coś zjeść, a jeśli jest zbyt wysoka, musi wstrzyknąć trochę insuliny. Aby to zrobić, pacjent musi zrozumieć monitorowane wartości, a także wiedzieć, jakie działania należy podjąć. System monitorowania stężenia glukozy we krwi zajmuje się chorobą, ale służy głównie do umożliwienia ludziom dobrego życia, dla ich dobrego samopoczucia. Chociaż cukrzyca nie można jeszcze wyleczyć, osoby z cukrzycą typu 2 nadal mają pewną produkcję insuliny we własnym zakresie, a monitorując i zarządzając wartościami glukozy we krwi oraz podejmując dodatkowe działania, mogą faktycznie leczyć cukrzycę i zapobiegać jej pogorszeniu. Osoby z cukrzycą typu 1 mogą próbować zapobiegać poważnym powikłaniom w późniejszym życiu (na przykład uszkodzeniom innych narządów i wzroku), utrzymując poziom glukozy w normalnym zakresie. Sam czujnik mierzy tylko dane wewnętrzne - wartość glukozy we krwi - ale użytkownik może ręcznie zbierać dane zewnętrzne, takie jak posiłki i zastrzyki z insuliny. Urządzenie jest skierowane głównie do osoby, ale jest również korzystne dla pracowników służby zdrowia, ponieważ pomiary i trendy w pomiarach mogą pomóc im wesprzeć pacjenta, zalecając dawki insuliny i działania w celu kontrolowania poziomu glukozy we krwi.

Podsumowując, rodzaje aplikacji opieki zdrowotnej wykorzystujące IoT obejmują szerokie spektrum. Wyżej wymienione aplikacje koncentrują się na pacjencie, chociaż metryki i inne dane gromadzone przez niektóre aplikacje są bardziej bezpośrednio wykorzystywane przez świadczeniodawców, członków rodziny lub innych opiekunów do monitorowania pacjenta. Niektóre aplikacje są dość obszerne, ponieważ gromadzą zarówno dane biometryczne z ciała pacjenta, jak i dane kontekstowe dotyczące środowiska, czynności i uczuć pacjenta, podczas gdy inne skupiają się na bardzo małym zestawie metryk. Aplikacje mogą pomóc w zarządzaniu lub leczeniu choroby lub stanu, lub mogą po prostu umożliwiać monitorowanie stanu pacjenta na podstawie określonych wskaźników. Istnieją aplikacje wspierające dobre samopoczucie oraz takie, które pomagają zapobiegać chorobom lub

powikłaniom. Dzięki zbadaniu tych przykładów staje się jasny ogromny potencjał technologii, zwłaszcza IoT, w zakresie poprawy jakości życia wielu pacjentów.

Wyzwania

Ekosystemy inteligentnej opieki zdrowotnej to wielowymiarowe systemy ludzi, sprzętu, oprogramowania i sieci działające w złożonym środowisku prawnym i regulacyjnym, które mogą mieć konsekwencje dla życia lub śmierci. Ten kontekst komplikują kwestie heterogeniczności danych i platform, brak kompleksowych standardów oraz obawy dotyczące prywatności, bezpieczeństwa i dokładności danych. Systemy te mogą zmienić relacje między pacjentami a ich świadczeniodawcami, ponieważ wpływają na sposób, w jaki świadczeniodawcy wykonują swoje obowiązki oraz na zakres odpowiedzialności, jaką pacjenci mogą ponosić za zarządzanie własnym zdrowiem. Każda z tych kwestii jest dalej omawiana.

Brak norm

Korzystanie z urządzeń osobistych, takich jak smartfony i inteligentne zegarki, czujniki i aplikacje, które dostarczają dane, z których mogą korzystać zarówno indywidualni pacjenci, jak i świadczeniodawcy opieki zdrowotnej, to stosunkowo nowe osiągnięcia w dziedzinie technologii i opieki zdrowotnej. Nie zawsze jest całkowicie jasne, które organy regulacyjne i agencje sprawują jurysdykcję nad tymi wnioskami, i do tej pory (co jest powszechne) przepisy nie nadążają za rozwojem technologicznym (Vincent i in., 2015). Chociaż Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO) opublikowała międzynarodowe normy dotyczące sprzętu medycznego, dotyczą one bezpieczeństwa i użyteczności. Obecnie trwają prace nad normami dotyczącymi podłączonych urządzeń medycznych i oprogramowania do obsługi zdrowia. Brakuje również norm zapewniających zgodność danych i uniwersalnych przepisów dotyczących sposobu przechowywania, przesyłania i wykorzystywania danych. Obecnie są one adresowane regionalnie. W Stanach Zjednoczonych informacje zdrowotne powierzono Panelowi Standardów Technologicznych. Podobny organ, Agencja Regulacji Produktów Medycznych i Opieki Zdrowotnej (MHRA) istnieje w Wielkiej Brytanii. Jednak, aby inteligentne aplikacje IoT w opiece zdrowotnej zyskały szerokie zastosowanie, potrzebne są globalne standardy. Bez standardów dla platform, funkcjonalności, interfejsów komunikacyjnych i danych trudno jest zapewnić kompatybilność różnych urządzeń, czujników i aplikacji, szczególnie w kontekście globalnym. Może to spowolnić zarówno innowacje, ponieważ programiści czekają na ustalenie standardów, jak i ich przyjęcie, ponieważ niektóre aplikacje mogą nie być funkcjonalne lub legalne w określonych lokalizacjach. Ponadto może nie być możliwe zintegrowanie danych generowanych przez te inteligentne aplikacje zdrowotne z istniejącą cyfrową dokumentacją medyczną lub wykorzystanie ich jako danych wejściowych do systemów szpitalnych lub klinicznych.

Problemy z danymi

Poza brakiem standardów istnieją dodatkowe problemy z danymi, które stanowią wyzwania w środowisku opieki zdrowotnej. Rodzaje danych wykorzystywanych przez inteligentne systemy opieki zdrowotnej mogą obejmować informacje umożliwiające identyfikację osoby (PII) oraz dane dotyczące zdrowia, które niektórzy pacjenci mogą uznać za dość wrażliwe. Jak omówiono w poprzednich rozdziałach, ogólnie wiadomo, że systemy IoT mają wiele luk w zabezpieczeniach, które dotyczą również ekosystemu inteligentnej opieki zdrowotnej IoT. Urządzenia medyczne i technologie konsumenckie często mają niższy poziom ochrony niż typowe urządzenia sieci komputerowych. Istnieje wiele przykładów włamań do urządzeń medycznych i konsumenckich podłączonych do Internetu (np. Reel i Robertson, 2015), a kwestie te należy rozwiązać, aby zabezpieczyć dane osobowe i medyczne zapisywane i przekazywane za pośrednictwem Internetu Rzeczy. Innym problemem związanym z danymi jest poziom dokładności wskaźników generowanych przez smartfony i czujniki do

noszenia. Porównania urządzeń konsumenckich, takich jak trackery kroków, wykazały spore różnice w danych przechwyconych przez różne urządzenia. Dane, które nie są do końca dokładne, mogą nie mieć znaczącego wpływu na osoby, które śledzą swoje kroki, ale jeśli niedokładny czujnik mierzy poziom glukozy we krwi, na przykład, nieprawidłowe wyniki mogą prowadzić do poważnych konsekwencji, łącznie ze śmiercią pacjenta. Aby to uwzględnić, większość urządzeń do monitorowania stężenia glukozy we krwi wymaga częstej (do wielu razy dziennie) kalibracji. Brak dokładności powoduje, że niektórzy pracownicy służby zdrowia sprzeciwiają się korzystaniu z inteligentnych aplikacji zdrowotnych, chociaż odnotowano przykłady danych z osobistych urządzeń monitorujących kondycję, które są wykorzystywane do wspomaganego diagnozy medycznej. W jednym przykładzie lekarze z izby przyjęć wykorzystali dane z Fitbit pacjenta, aby określić odpowiednie leczenie arytmii serca (Rudner i wsp., 2016). Kolejnym wyzwaniem jest udostępnienie pacjentom danych w sposób użyteczny. Pacjenci mają różny poziom wiedzy technologicznej i medycznej, a ich zdolność do zrozumienia znaczenia wskaźników zdrowia będzie różna. Sposób, w jaki dane są filtrowane, podsumowywane i wyświetlane, może mieć wpływ na łatwość ich zrozumienia. Pacjenci mogą mieć różne preferencje dotyczące tego, ile danych otrzymują lub jak często je otrzymują. Dlatego aplikacje Smart Health powinny uwzględnić te indywidualne różnice i powinny umożliwić pewien poziom dostosowania systemu.

Zmiana ról dostawca opieki zdrowotnej-pacjent

Inteligentne systemy opieki zdrowotnej nie powinny być postrzegane wyłącznie z perspektywy technologicznej lub medycznej, ale z szerszej perspektywy socjotechnicznej, która obejmuje wpływ tych systemów na role, relacje, organizacje i ogół społeczeństwa. Budowanie tych aplikacji wymaga nie tylko kompetencji technologicznych, ale także wiedzy medycznej związanej z konkretnym obszarem specjalizacji, którego dotyczy aplikacja. Potrzebne jest zrozumienie ludzkiego zachowania, psychologii i motywacji, aby stworzyć systemy, które mogą pomóc pacjentom w zmianie ich zachowania. Inteligentne systemy opieki zdrowotnej oferują pacjentom możliwość uzyskania większej kontroli nad ich opieką zdrowotną wiąże się z dodatkową odpowiedzialnością. Ponieważ pacjenci odgrywają bardziej aktywną rolę w zarządzaniu swoim zdrowiem, mają więcej obowiązków w zakresie monitorowania różnych wskaźników, uczenia się, co oznaczają liczby i inne wizualizacje i jakie działania należy podjąć, a także, być może, samodzielnego rejestrowania danych wymaganych przez aplikację. Dla niektórych pacjentów może to być pożądana zmiana, ale dla innych może to być niepożądane obciążenie. Te inteligentne systemy opieki zdrowotnej mogą również wpływać na rolę pracownika służby zdrowia. Lekarze i pielęgniarki mogą spędzać mniej czasu na spotkaniach z pacjentami twarzą w twarz, a więcej na monitorowaniu danych wyjściowych z urządzeń i czujników pacjenta. Chociaż powinno to umożliwić pracownikom służby zdrowia zapewnienie lepszej opieki większej liczbie pacjentów, może to wymagać większego wysiłku i oferować mniej osobistej satysfakcji dla niektórych lekarzy. Podobnie jak Internet doprowadził do autodiagnozy pacjenta (i często błędnej), ilość danych dostępnych dla pacjentów może również prowadzić do tego, że niektórzy pacjenci będą zużywać więcej czasu pracowników służby zdrowia, ponieważ proszą o pomoc w interpretacji danych lub szukają leczenia z powodu niepoważnych zagadnienia.

Wniosek

Zarówno postęp technologiczny, jak i rosnąca presja na skuteczniejsze i wydajniejsze metody rozwiązywania problemów opieki zdrowotnej przyczyniły się do wzrostu liczby zastosowań IoT w opiece zdrowotnej. Dzięki IoT dane przechwycone przez różne czujniki i urządzenia mogą być udostępniane aplikacjom używanym przez pacjentów i świadczeniodawców do monitorowania wskaźników fizjologicznych i innych danych, które można wykorzystać w zarządzaniu, leczeniu lub zapobieganiu różnym chorobom lub innym stanom medycznym. Systemy te zajmują się zarówno warunkami fizycznymi, jak i psychicznymi. Niektóre systemy koncentrują się również na kwestiach

dobrostanu i jakości życia. Przedstawiono skoncentrowany na ludziach pogląd na IoT, przedstawiając przegląd komponentów, które mogą być zawarte w ekosystemie inteligentnego zdrowia opartego na IoT, oraz wprowadzono zestaw wymiarów, które należy wziąć pod uwagę w aplikacjach inteligentnej opieki zdrowotnej. Podsumowując, istnieje wiele wyzwań stojących przed powszechnym przyjęciem inteligentnych aplikacji opieki zdrowotnej IoT. Jednak w przypadku wielu z tych zastosowań korzyści przewyższają ryzyko, dlatego oczekuje się, że obszar ten będzie nadal szybko się rozwijał. Przyszły rozwój będzie obejmował integrację elementów sztucznej inteligencji w celu uzupełnienia lub zastąpienia pracownika służby zdrowia lub innego opiekuna lub agentów pomocy społecznej. Miniaturyzacja (nanotechnologia) umożliwi upowszechnienie czujników do wstrzykiwania. Zaczynają być używane urządzenia do wstrzykiwania i wszczepiane – wbudowane chipy i inne czujniki do monitorowania stanu fizjologicznego – podobnie jak łątki elektroniczne i elektroniczne tatuaże, które służą jako czujniki. Rzeczywistość rozszerzona będzie również wykorzystywana w inteligentnych aplikacjach opieki zdrowotnej, zarówno w celu pomocy pracownikom służby zdrowia w integrowaniu danych dotyczących pacjentów, schorzeń i leczenia, jak i pomocy pacjentom w wykorzystywaniu danych gromadzonych przez te systemy do zarządzania ich zdrowiem. Innowacje w zakresie zużycia energii (na przykład zwiększenie żywotności baterii i generowanie energii poprzez ruchy użytkownika) oraz zwiększona przepustowość pozwolą urządzeniom noszonym na sobie działać dłużej i szybciej przesyłać więcej danych. Oprócz postępów w technologii czujników, interfejsach użytkownika i mocy obliczeniowej, możemy również spodziewać się większej integracji między platformami, aby pacjenci mogli jednocześnie monitorować wiele aspektów swojego zdrowia, umożliwiając w ten sposób bardziej holistyczną perspektywę nie tylko odnosząc się do jednego stanu lub objawu, ale zamiast tego dotyczy szerszego kontekstu pacjentów borykających się z wieloma kwestiami związanymi ze zdrowiem. Ponieważ inteligentne systemy IoT dla zdrowia staną się dokładniejsze, wydajniejsze i bardziej niezawodne, a systemy prawne i regulacyjne zostaną zaktualizowane w celu uwzględnienia tych systemów, zostaną one zintegrowane z infrastrukturą opieki zdrowotnej.