

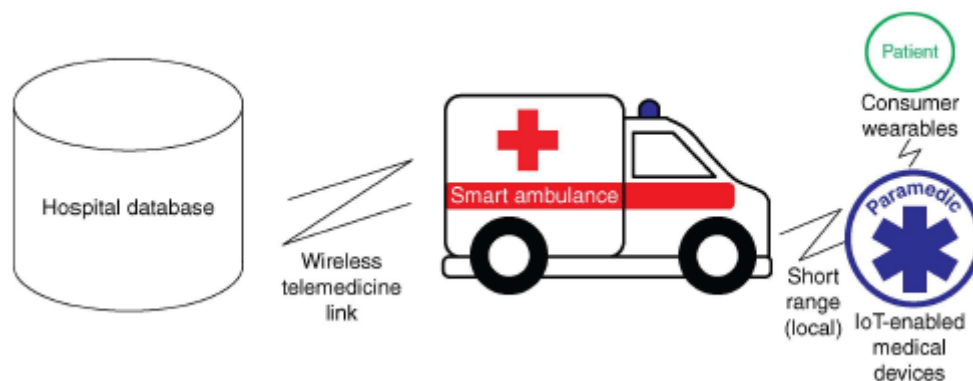
Internet rzeczy w inteligentnej karetkce pogotowia i medycynie ratunkowej

Niedawne postępy w zakresie urządzeń medycznych do noszenia na ciele, takich jak inteligentne zegarki i nieinwazyjne monitory zdrowia, wywołały zainteresowanie rozszerzeniem aplikacji zdrowotnych Internetu Rzeczy, aby stały się coraz ważniejszym elementem zdrowia publicznego. Różne dane zebrane przez biosensory o różnej objętości mogą być dalej analizowane w celu diagnozowania i prognozowania chorób przewlekłych. Ponieważ dostawcy usług opieki zdrowotnej stają się coraz bardziej uzależnieni od inteligentnych i wzajemnie połączonych urządzeń w każdym aspekcie wsparcia zdrowotnego, krytyczna niezawodność, integralność danych i interoperacyjność są ważnymi kwestiami, którymi należy się dokładnie zająć. Analityka danych i nadzór syndromiczny w celu zapewnienia skutecznego leczenia w ratownictwie zdalnym wymagają starannego rozważenia gromadzenia danych, selekcji, transmisji, eksploracji, analiza aż do manipulacji i przechowywania do aktualizacji elektroniczne rejestry pacjentów (EPR) oraz prowadzenie bazy danych o chorobach. W tym celu należy przezwyciężyć wyzwania związane ze wsparciem ratowników na miejscu zdarzenia poprzez dostarczanie im wszelkich niezbędnych informacji bez wpływu na sposób realizacji misji ratunkowej. Skuteczne leczenie na miejscu zdarzenia pomaga zminimalizować ryzyko wystąpienia powikłań medycznych, są pewne przypadki, jak w przypadku leczenia pacjentów z astmą, w rzeczywistości możliwe jest wyeliminowanie konieczności transportu pacjenta do szpitala po udzieleniu niezbędnej ulgi, a tym samym zmniejszenie zapotrzebowanie na personel pogotowia ratunkowego (A&E) w szpitalach. Jednym z kluczowych wyzwań przy projektowaniu inteligentnej karetki jest ograniczenie przestrzeni samego pojazdu, bardzo ograniczona przestrzeń jest dostępna dla dodatkowego wyposażenia. Ponadto należy wziąć pod uwagę ograniczenia ergonomii, kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) i łatwości czyszczenia w przypadku takiego dodatkowego wyposażenia instalowanego w karetkce pogotowia. Obecnie nie ma standardu specyfikacji karetki pogotowia takie, że teoretycznie każda inteligentna i wspomagająca technologia może być włączona do platformy pogotowia. Biorąc za przykład Stany Zjednoczone, istnieje pilna potrzeba inteligentnych karetek pogotowia z obsługą IoT, aby wspierać operacje odzyskiwania na masową skalę. Jak zaobserwowano podczas niedawnych huraganów na południowym wschodzie do intensywnych pożarów w dużej części zachodniego zachodu, ogromny ruch ludzi między stanami wynikający z ewakuacji stanowił ogromne wyzwanie dla służb ratowniczych w dużej części Ameryki. Ważną lekcją wyciągniętą z huraganu Katrina na temat rosnącego ryzyka pandemii w Teksasie jest pilna potrzeba szybkiego wykrywania epidemii i skutecznej analizy symulacji rozprzestrzeniania się choroby, aby umożliwić zarządzanie zasobami zdrowotnymi w przypadku wybuchów pandemii. Obecnie dostępne są niektóre systemy nadzoru, takie jak ESSENCE, system używany przez Departament Obrony USA, wykrywający ogniska chorób zakaźnych w wojskowych ośrodkach leczenia. Bio-Sense i EARS zostały opracowane do wykrywania i monitorowania bioterroryzmu. Aby chronić zdrowie personelu ratowniczego w następstwie poważnej katastrofy, potrzebny jest system nadzoru, taki jak choroba grypopodobna (ILI) i dane wirusologiczne dla rozległego obszaru, często w wielu stanach. Na przykładzie epidemii grypy taki system śledzi ILI i potwierdzoną laboratoryjnie grypę w szpitalach w całym dotkniętym regionie. Jednak pomimo tych wdrożeń systemów nadzoru, zdolność algorytmiczna do dokładnego wykrywania ognisk chorób zakaźnych i pandemii musi być stale aktualizowana dla całego regionu. W przeciwieństwie do większości personelu pogotowia ratunkowego w szpitalu, ratownicy medyczni często podróżują na duże odległości i radzą sobie z dużą liczbą pacjentów na rozległych obszarach w odpowiedzi na ewakuację w nagłych wypadkach. Potrzeba inteligentnych karetek pogotowia, które dostarczają ratownikom wszystkich niezbędnych informacji w czasie rzeczywistym, aby zminimalizować ryzyko dla personelu pomocy w nagłych wypadkach, jest oszałamiająca. Częścią wyzwania jest złożoność danych dotyczących incydentów chorobowych, które prawdopodobnie są heterogeniczne, wielowymiarowe, wzajemnie skorelowane, z wieloma typami danych i często wykazują sezonowe wzorce w czasie.

Istnieją oczywiście znaczne przeszkody algorytmiczne w badaniu odmiennych zestawów danych o takiej złożoności lub zróżnicowanych uwarunkowanych zestawach danych. IoT odgrywa w tym względzie ważną rolę, ponieważ różne połączone urządzenia współpracują ze sobą, aby wspierać ratowników medycznych w różnych stanach. W tym rozdziale szczegółowo przyjrzymy się różnym aspektom wyzwań technicznych związanych z połączonym środowiskiem inteligentnej karetki pogotowia i podkreślimy, w jaki sposób postęp w IoT zmienia sposób, w jaki ratownicy medyczni wykonują swoje obowiązki w różnych sytuacjach. Ten rozdział rozpoczyna się od omówienia kluczowych technologii stojących za mostem, który łączy personel pomocy w nagłych wypadkach z pacjentami i szpitalem podczas przeprowadzania pierwszej linii pomocy, zbadania technologii analizy danych w celu dokładnej diagnozy na miejscu i prognozowania w celu zapewnienia najlepszych możliwe leczenie w skuteczny sposób.

IoT w medycynie ratunkowej

W medycynie ratunkowej połączone urządzenia odgrywają ważną rolę w inteligentnej karetkce pogotowia i wokół niej. Przyrządy w karetkce pogotowia są połączone zarówno ze szpitalem za pośrednictwem łącza telemedycznego, jak i urządzeniami do noszenia w sanitariuszach z sieciami komunikacyjnymi krótkiego zasięgu z możliwością wyboru od WLAN do Bluetooth lub Zigbee, a bardziej prawdopodobnie ich kombinacją, biorąc pod uwagę to różne urządzenia mogą łączyć się z tą samą siecią w inny sposób. Rysunek pokazuje podstawową architekturę inteligentnej karetki pogotowia, w której kluczową cechą są trzy główne sieci, w których IoT odgrywa ważną rolę w każdej z nich.

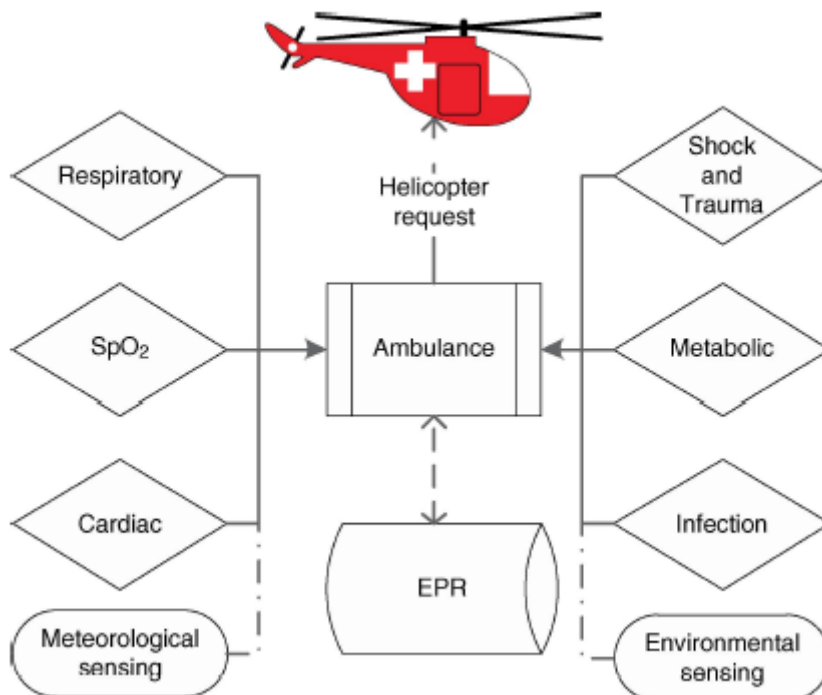


Zasadniczo istnieją dwie oddzielne sieci, które są ze sobą połączone, w których inteligentna karetka służy jako centrum. To łącze obsługuje dwukierunkową komunikację samochodową między szpitalną bazą danych a karetką pogotowia. Informacje o historii choroby pacjenta i konsultacjach zdalnych mogą być przekazywane ze szpitala, natomiast dane dotyczące aktualnego stanu pacjenta mogą zostać odesłane do szpitala zarówno w celu aktualizacji EPR, jak i wcześniejszego przygotowania przez personel SOR. Po drugiej stronie karetki znajduje się lokalna sieć IoT, która łączy instrument pogotowia z ratownikami medycznymi, którzy z kolei pobierają dziennik aktywności pacjenta z urządzeń konsumenckich do noszenia. Łącze telemedyczne łączy karetkę ze szpitalem. Jest to dwukierunkowe łącze, które zapewnia zebrane przez ratownika informacje na temat aktualnego stanu pacjenta, aby personel szpitala mógł wcześniej przygotować się przed przybyciem pacjenta. Na niezawodność operacyjną tego łącza może mieć duży wpływ szereg czynników środowiskowych, zwłaszcza pod wpływem ulewnych deszczy (Fong, 2003a). Zasadniczo wymiana informacji obejmuje wyszukiwanie i aktualizację EPR. Ponadto ratownicy medyczni mogą zasięgnąć porady na temat rokowania i leczenia w przypadkach takich jak leczenie przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (POChP) lub astmy, w przypadku których diagnoza na miejscu może być trudna, ponieważ w tym rozdziale przyjrzymy się

bliżej studium przypadku. Technologie związane z diagnozowaniem i prognozowaniem jakiegokolwiek postaci POChP, astmy lub zespołu nakładania się POChP (ACOS) jako konkretne studium przypadku zostaną omówione bardziej szczegółowo w dalszej części tego rozdziału. To, czego ratownicy medyczni potrzebują w udzielaniu pierwszej pomocy, to jakakolwiek znana historia alergii nieodłącznie związanej z pacjentem; jest to ważna informacja, aby zminimalizować ryzyko rozwoju dalszych powikłań medycznych. Internet rzeczy między karetką a pacjentem jest bardziej złożonym związkiem niż powyższa dyskusja między karetką a szpitalem, ponieważ wiąże się z większą liczbą połączonych urządzeń różnego typu. Po pierwsze, dla ratowników medycznych dostępnych jest szereg narzędzi diagnostycznych i pomocniczych, które muszą pozostać w kontakcie podczas przemieszczania się po scenie. Ponadto przydatne informacje można uzyskać z urządzeń medycznych do noszenia na ciele pacjenta, które mogą obejmować informacje dotyczące zdrowia związane ze zdarzeniem ratunkowym, które mogą obejmować różne parametry życiowe, przyjmowane leki i podejmowane czynności. Wszystko to może w znacznym stopniu przyczynić się do dokładnej diagnozy pacjenta.

Środowisko w miejscu opieki

Wpływ otoczenia w punkcie opieki (PoC) może mieć znaczący wpływ na leczonego pacjenta. Wiąże się to z badaniem stanu fizycznego oraz zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych wpływających na stan zdrowia pacjenta podczas leczenia. Postępy w IoT dla opieki zdrowotnej umożliwiają włączenie systemów wykrywania środowiska jako części inteligentnej karetki pogotowia. Dzięki integracji wykrywania otoczenia w inteligentnej karetkce, jak pokazano na rysunku, można ocenić wpływ różnych środowisk na zmiany stanu fizycznego stanu zdrowia pacjenta, a także leczenie prowadzone w punkcie PoC w celu określenia czynniki środowiskowe, które są najbardziej krytyczne, aby umożliwić lepsze leczenie pacjentów w warunkach karetki pogotowia.



Efekty otoczenia mogą utrudniać powrót do zdrowia pacjentów cierpiących na określone schorzenia układu oddechowego. Monitorowanie środowiska, w którym znajduje się pacjent i zapewnienie, że jest ono optymalne dla określonych warunków pacjenta, poprawiłoby powrót do zdrowia. W centrum

środowiska IoT-PoC znajduje się inteligentna karetka pogotowia, która służy jako połączona konsola wsparcia. Dodatkowo może zainicjować automatyczne żądanie śmigłowca ratunkowego w jednym z dwóch warunków: utrudniony dostęp do pacjenta, stan drogi albo uniemożliwiający szybki powrót, albo liczba pacjentów przekracza dostępne zasoby drogowe; lub pacjent jest wrażliwy na czas, co oznacza klinicznie istotną oszczędność czasu w dotarciu do szpitala. Klinicznie istotne informacje o pacjencie można również przesłać personelowi wsparcia helikoptera przed wysyłką.

Inne formy podstawowej pomocy ratownika medycznego to:

- * Oznaki życiowe u pacjenta, które mogą wskazywać na śmiertelność pacjenta w taki sposób, że żadne leczenie nie ma sensu.
- * Podawanie tlenu z pomiarem SpO2 poniżej 94% w celu identyfikacji pacjentów wysokiego ryzyka.
- * Określenie typu i ciężkości układu oddechowego.
- * Choroby serca z zapisem EKG w diagnostyce zawału mięśnia sercowego z uniesieniem przedniego odcinka ST (STEMI), a także inne stany, takie jak zatrzymanie akcji serca i migotanie lub trzepotanie przedsionków.
- * Wstrząs i uraz pociągają za sobą silniki przetwarzania obrazu i określanie przyczyn hipowolemii. Pierwsza z nich umożliwia szybką i dokładną diagnozę ciężkości oparzeń, urazów rdzenia kręgowego, zwichnięć stawów i niewspółosiowości złamań; podczas gdy ta ostatnia może obejmować mechanizm wykrywania utraty płynów lub wykrywanie podczerwieni u pacjentów z hipertermią.
- * Analiza metaboliczna obejmuje ochronę bezpieczeństwa osobistego ratowników pierwszej linii; dotyczy to delirium pobudzonego, gdy pacjent wykazuje oznaki lęku z agresją fizyczną. Ponadto bioczuJNIki odgrywają ważną rolę w pomiarach zmienionej świadomości.

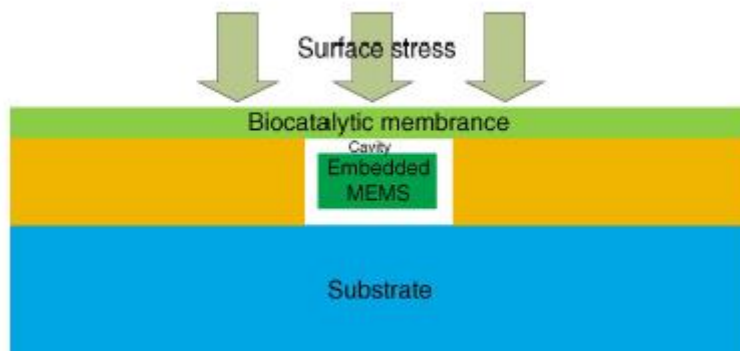
Być może najważniejszym aspektem obaw o bezpieczeństwo jest zamienna choroba zakaźna. Podobnie jak w przypadku minimalizacji ryzyka zakażenia szpitalnego (HAI) (Dancer, 2009), utrzymywanie karetki w czystości jest również wielkim wyzwaniem w unikaniu infekcji. Infekcja występująca u pacjenta przed przybyciem do szpitala, a także infekcje zawodowe wśród personelu pomocniczego karetki wymagają ścisłego monitorowania samego środowiska karetki.

Jednak obecne warunki medyczne i standardowe procedury operacyjne oparte na wytycznych (SOP) w zapewnianiu leczenia na miejscu zdarzenia nie określają technologii ani techniki zmniejszania HAI. Istniejące praktyki są bardziej związane z dyscypliną w paramedycynie bez powiązanej technologii wspomagającej. Pod tym względem postęp technologiczny zaczyna zmieniać sposób, w jaki naukowcy zajmujący się zapobieganiem zakażeniom radzą sobie z HAI, wprowadzając IoT i technologie wspomagające w inteligentnej karetce pogotowia. We wcześniejszych pracach opisano różne technologie i sposób, w jaki ułatwiają one pomiar i zgodność, od higieny rąk po czyszczenie środowiska i odkażanie narzędzi. Wszelkie próby śledzenia wiązałyby się z wdrożeniem systemu bezprzewodowego do zdarzeń związanych z higieną instrumentów. IoT umożliwia poprawę analizy leczenia na miejscu zdarzenia i rokowania dzięki zwiększeniu ilości zbieranych danych o skutkach środowiskowych, które mogą mieć wpływ na zdrowie pacjentów. Taki system IoT umożliwiłby określenie czynników środowiskowych, które są najbardziej krytyczne dla umożliwienia lepszego leczenia. Monitorowanie pacjenta i zarządzanie zdalnymi operacjami ratowniczymi może przynieść znaczne korzyści w postaci skrócenia czasu rekonwalescencji i kosztów operacyjnych. Przed wprowadzeniem karetki połączonej z siecią, gdy ratownicy medyczni byli nieodpowiednio połączeni w sieć, skutecznie służyli w systemie zamkniętym, niezdolnym do komunikacji z siecią szpitalną. Bezproblemowe przechwytywanie, agregowanie, filtrowanie i udostępnianie danych z systemów opieki zdrowotnej w medycynie

ratunkowej jest zarówno wyzwaniem, jak i obietnicą medycznego IoT, w którym IoT służy jako punkt, w którym dane pacjentów są bezpośrednio połączone z krajowym systemem opieki zdrowotnej za pośrednictwem telemedycyny. IoT umożliwia monitorowanie w odległych i wymagających lokalizacjach za pośrednictwem inteligentnej karetki pogotowia jako centrum. Filtrowanie i agregacja danych w bramce pogotowia ułatwia przesyłanie i przechowywanie danych w trybie pełnego duplexu do szpitala. Centralnym elementem środowiska PoC przedstawionego na rysunku powyżej są inteligentne sieci bezprzewodowe, które składają się zarówno z lokalnego zasięgu krótkiego zasięgu, jak i łączy dalekiego zasięgu, urządzeń do noszenia na ciele oraz macierzy czujnikowych o niskim poborze mocy, połączonych z analizą danych medycznych, które tworzą podstawowy element składowy medyczny IoT w medycynie ratunkowej. W kontekście Internetu Rzeczy to połączenie połączonych technologii umożliwia tymczasowe umieszczenie wielu czujników biomedycznych i środowiskowych w dowolnym miejscu, które nie jest ograniczone do zasięgu sieci i źródła zasilania. Wszystkie informacje, jakich ratownicy medyczni potrzebują na temat pacjenta oraz szczegóły dotyczące możliwości leczenia, są gromadzone w zależności od stanu pacjenta. Koncepcja oprzyrządowania „rzeczy”, takich jak urządzenia medyczne, monitory zdrowia, konsumenckie urządzenia do noszenia z bioczujnikami, jest rozpowszechniana w warunkach karetek pogotowia. Jeszcze zanim Internet Rzeczy stał się popularny w ostatnich latach, systemy medycyny ratunkowej działały jako oddzielne sieci, takie jak sieć między ratownikami medycznymi a szpitalem za pośrednictwem tradycyjnych sieci telefonii komórkowej; jest on połączony z inną całkowicie odizolowaną bezprzewodową siecią lokalną (WLAN) w obrębie karetki pogotowia lub w jej otoczeniu. Utrzymanie odpowiedniej niezawodności i bezpieczeństwa sieci w medycynie ratunkowej nie może być po prostu spełnione za pomocą tradycyjnych strategii zarządzania siecią. Co więcej, sposób wdrożenia tych sieci określa, czy dane pacjenta zebrane ręcznie na miejscu zdarzenia mogą być niezawodnie i bezpiecznie przesyłane do szpitala w trudnych warunkach typowych dla powodowania wypadków podczas ulewnego deszczu. Sieci czujnikowe IoT ułatwiają badanie rozwoju reakcji na zagrożenia, a dowolna metodologia może być wyprowadzona dla sieci czujników w obrębie karetki pogotowia. Uzupełni to istniejącą już sieć bioczujników do monitorowania parametrów fizjologicznych i życiowych pacjenta. Biorąc pod uwagę obecny nacisk badań bioczujników na pozyskiwanie danych pacjenta, włączenie wykrywania środowiskowego do ustawień karetki w kierunku prognozowania dla ludzi w oparciu o czynniki środowiskowe poprawiłoby leczenie na miejscu zdarzenia, które rozszerza się na polu sieci bioczujnikowych, aby monitorować również zmiany środowiskowe w celu lepszego dostosowania odzyskiwanie pacjentów. Uzupełniłoby to wykorzystanie tradycyjnych bezprzewodowych sieci czujników do monitorowania pacjentów i zwiększenie wydajności samego systemu wsparcia ratunkowego.

Sieć bioczujników

Bioczujniki stanowią podstawowe elementy budulcowe Internetu Rzeczy w medycynie ratunkowej, które napędzają rozwój biokompatybilnych materiałów kompozytowych i projektowanie niezawodnych sieci bioczujnikowych przy użyciu nowych materiałów kompozytowych. Aby zmaksymalizować niezawodność bioczujników, głowica czujnika powinna być zamknięta we wnęce, aby uniknąć zakłóceń ze źródeł zewnętrznych, jak pokazano na rysunku.



Podstawowym zagadnieniem jest tutaj optymalizacja tworzenia wnęki i sposób uruchamiania głowicy czujnika wewnątrz wnęki na podstawie interakcji między hermetyzacją a mierzonymi parametrami biologicznymi. W kontekście Internetu Rzeczy, bezprzewodowy system bioczujników składa się z sieci bioczujników środowiskowych, które mają minimalne wymagania przestrzenne. Wbudowany system mikroelektromechaniczny (MEMS) jest zamontowany z odpowiednim stopniem swobody oscylacji podczas użytkowania, ponieważ może podlegać naprężeniom powierzchniowym i interakcji analitów. Niektóre bioczujniki wykorzystują biokatalizator, który mapuje substrat na odpowiedni sygnał elektryczny w celu późniejszego przetwarzania danych. Ten sygnał wyjściowy jest często słaby i degradowany przez szum addytywny. Bioczujniki nadające się do noszenia mogą skutecznie podwoić swój rozmiar, gdy do głowicy czujnika zostanie dodany inny sąsiedni czujnik, z pominięciem membrany biokatalitycznej, pobierający referencyjny odczyt linii bazowej dla kompensacji szumów. Biorąc pod uwagę, że środowisko otoczenia może mieć znaczący wpływ na niezawodność bioczujników (Kress-Rogers, 1996), bioczujniki w środowisku PoC, gdzie wiele czujników działa w egzotermicznych reakcjach katalizowanych enzymami, są często stosowane zarówno do wykrywania pacjenta, jak i środowiska. Bioczujniki wykrywające ciepło powszechnie spotykane w medycynie ratunkowej podsumowano w tabeli.

Parametr : Enzym : Ciepło (Kcal/mol)

Penicylina benzylowa : Penicylinaza : 16

Cholesterol: Oksydaza cholesterolu: 13

Glukoza: Oksydaza glukozowa: 19

Skrobia : Amylaza : 2

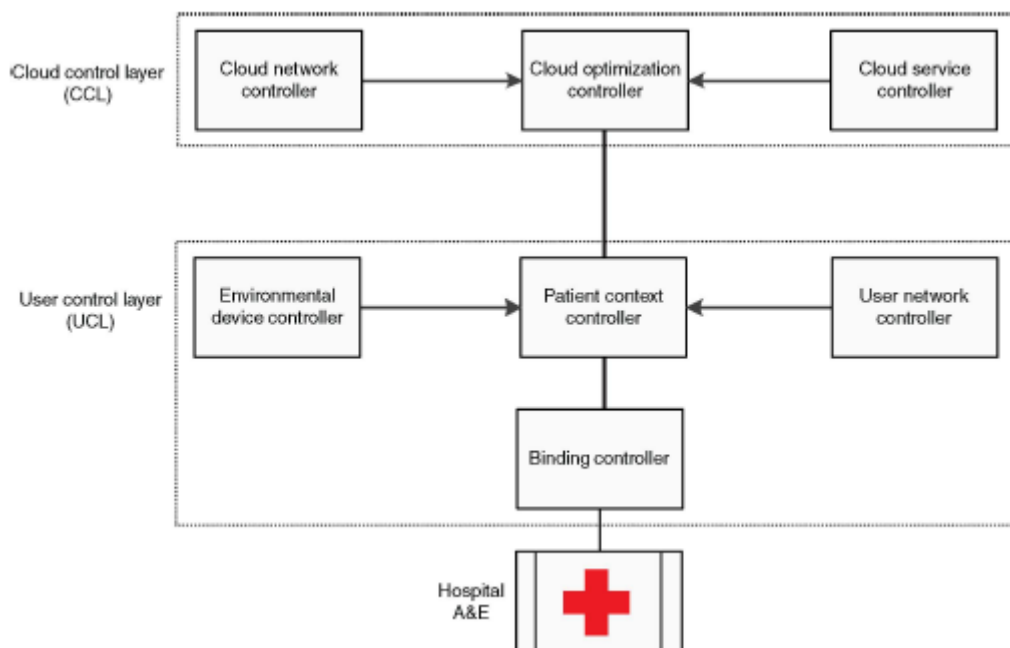
Sacharoza : Inwertaza : 5

Mocznik : Ureaza : 14

W celu zwiększenia niezawodności termistory mogą być używane do monitorowania wszelkich zmian temperatury otoczenia podczas wykonywania pomiaru. Warto zauważyć, że te typy bioczujników wrażliwych na ciepło stanowią najgorszy scenariusz, ponieważ inne typy są mniej podatne na zmiany w otaczającym środowisku. W karetce pogotowia praktycznie niemożliwe jest kontrolowanie środowiska, w którym odbywa się ratunek, a opieka nad miejscem wypadku pod śniegiem będzie bardzo różniła się od opieki nad pacjentem w pomieszczeniu. Jedną z głównych zalet korzystania z Internetu Rzeczy w karetce pogotowia jest możliwość wspierania samokalibracji. Świadomość ekologiczna jest niezwykle ważna w zapewnieniu niezawodności poprzez monitorowanie stanu (CBM)

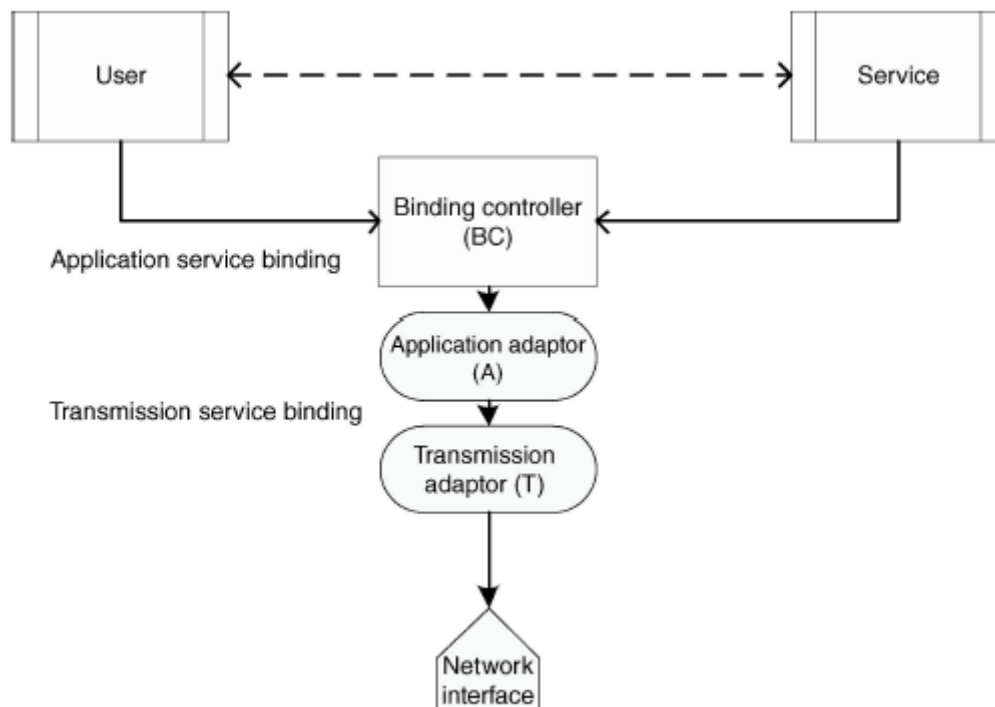
Hierarchiczna architektura chmury

Integracja sieci bioczuJNIKÓW z ustawieniem karetki pogotowia, hierarchiczny model platformy chmurowej dla kontekstowych usług wsparcia ratunkowego byłby przydatny do kontrolowania zarówno zasobów, jak i planowania poprzez wspieranie szeregu kontekstowych usług IoT w warstwie kontroli chmury (CCL). Główną zaletą jest kontrolowanie każdej usługi kontekstowej dla pacjenta i ratownika medycznego w warstwie kontroli użytkownika (UCL). To wspiera interoperacyjność niezależnie od protokołów komunikacyjnych i systemów operacyjnych, ważna kwestia interoperacyjności zostanie omówiona w następnej sekcji. Kontrola dostępu w środowisku IoT jest ważną częścią świadczenia usług kontekstowych. Gdy ratownik medyczny uzyskuje dostęp do usługi kontekstowej po przybyciu na miejsce zdarzenia, należy wygenerować powiązanie między usługą a ratownikiem medycznym, określa się to jako powiązanie usługi. Powiązanie usługi zależnej od kontekstu jest kontrolowane przez proces kontroli przedstawiony na rysunku, który zarządza dostępem, usługą, zasobem, kontekstem i wykonuje zarządzanie adaptacją powiązania.



Główne moduły tego systemu sterowania to warstwa kontroli chmury (CCL) i warstwa kontroli użytkownika (UCL). CCL odpowiada za zarządzanie zasobami i usługami, które składa się z trzech głównych modułów, a mianowicie kontrolera optymalizacji chmury COC, który kontroluje zasoby i planowanie usług w chmurze, kontrolera usług w chmurze (CSC) kontrolującego konfigurację usług oraz kontrolera sieci chmury (CNC), który kontroluje informacje sieciowe związane z chmurą. UCL odpowiada za zarządzanie kontekstem i adaptację powiązania usług w czasie rzeczywistym, która składa się z czterech głównych modułów, a mianowicie kontrolera kontekstu pacjenta (PCC), kontrolera powiązania (BC), kontrolera sieci użytkownika (UNC) i kontrolera urządzenia środowiskowego (ECK). PCC kontroluje różne usługi w kontekście zdrowia pacjenta, podczas gdy BC kontroluje dostosowanie wiążącej usługi zgodnie ze zmianą kontekstu zdrowia pacjenta, który łączy się bezpośrednio ze szpitalem za pośrednictwem sieci telemedycznej. Wiązanie usług obejmuje zarówno wiązanie aplikacji, jak i transmisji. Moduł powiązania aplikacji reprezentuje powiązanie między obiektami związanymi z aplikacjami, które obejmują interfejs użytkownika (UI), język programowania i protokoły aplikacji; Moduł powiązania transmisji reprezentuje powiązanie między obiektami związanymi z transmisją danych, jest to związane z wzajemnym połączeniem urządzeń, które obejmują protokoły kompresora, filtra, modulatora, kolejkowania, buforowania i transmisji. Powiązanie usługi

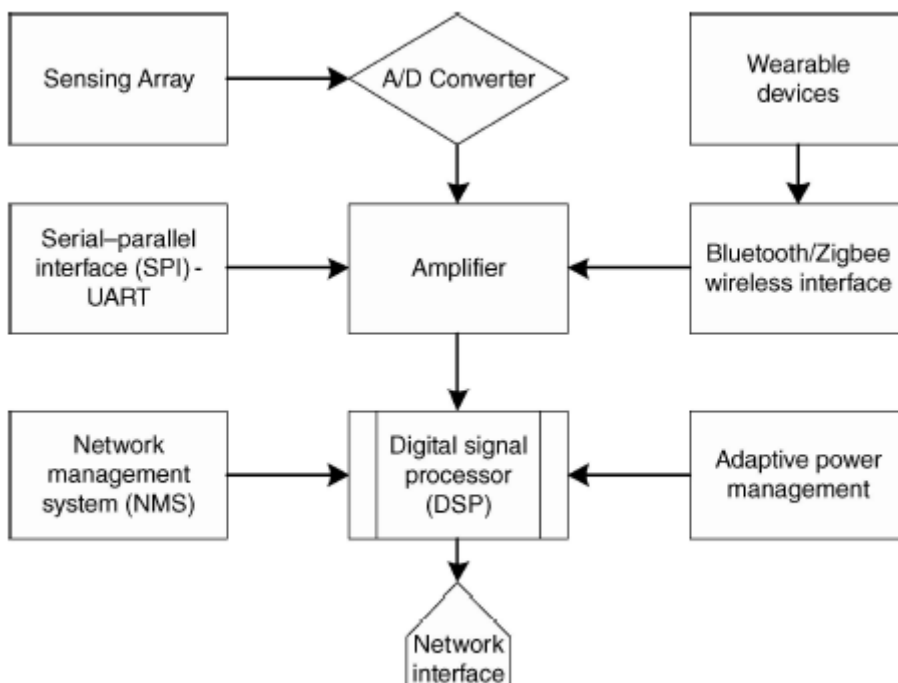
działa na podstawie identyfikatora powiązania (BID), tak że każdemu obiektowi w powiązaniu jest również przypisywany identyfikator obiektu systemowego (SID). Te identyfikatory są używane do kontroli na poziomie platformy, jak pokazano na rysunku 17.5.



Po wykryciu zmiany kontekstu usługi, na przykład w przypadku dostępu do historii medycznej EPR, BC kontroluje powiązanie usługi w połączeniu z CCM, ECC i CNC. BC musi zainicjować adaptację wiązania usługi w czasie rzeczywistym za pośrednictwem swoich agentów sterujących za pośrednictwem adaptera wiązania aplikacji (adapter A) i adaptera wiązania transmisji (adapter T). W tym systemie zarówno adaptery A, jak i T aktualizują obiekty systemowe lub protokoły wewnątrz powiązań aplikacji i transmisji. W sytuacjach, w których potrzebne są duże wymagania dotyczące zasobów sieciowych, takich jak przesyłanie obrazów wideo pokazujących rozmiar obrażeń odniesionych przez pacjenta oraz informacje o miejscu wypadku, ratownik wykorzystuje kontekst usługi wideo w taki sposób, aby przesyłanie strumieniowe wideo było obsługiwane z odpowiednią rozdzielczością. Chociaż obsługa odtwarzania wideo w czasie zbliżonym do rzeczywistego nie jest konieczna, rozdzielczość wideo musi być odpowiednio wysoka, aby pokazać kluczowe funkcje potrzebne personelowi szpitala, aby można było dokonać wcześniejszego przygotowania przed przybyciem pacjenta. Adapter A i Tadapter konfigurują obiekty przetwarzania obrazu w powiązaniu aplikacji i obiekty transmisji o wysokiej przepustowości w powiązaniu transmisji. Stan sieci musi być stale monitorowany, aby w przypadku pogorszenia się warunków sieciowych adapter T próbował utrzymać połączenie podczas wykonywania kompresji danych poprzez adaptację wiązania lokalnego. W przypadku dalszego pogorszenia się stanu sieci, adapter T będzie próbował utrzymać jakość usług (QoS) odpowiadającą kontekstowi wideo, wyszukując alternatywną ścieżkę routingu. Największym wyzwaniem jest sytuacja, gdy adapter T nie jest w stanie ustanowić alternatywnej trasy, a zatem nie jest w stanie utrzymać niezbędnej QoS dla dostarczenia kontekstu, adapter T powinien zainicjować naruszenie QoS w BCM, tak aby CCM określił nowy kontekst usługi, na przykład poprzez podejście typu „store-and-forward”. Adapter A będzie przechowywać wideo przechwycone przez ratownika w sposób ciągły jako obiekty transmisyjne w powiązaniu transmisji.

Obserwacja pogody dla zdalnego ratownictwa

Podczas gdy Kalifornia walczy z poważnymi, powszechnymi pożarami, operacje ratownicze stają przed wyzwaniem związanym z częstymi trzęsieniami ziemi w Kalifornii i Nevadzie, jak donosi California Earthquake Authority (CEA). W wielu częściach Ameryki Środkowej występują tornada, które często występują, gdy środki ratunkowe praktycznie nie są ostrzegane z wyprzedzeniem. Po wschodniej stronie sezon huraganów na Atlantyku może nadwyrężyć zasoby ratunkowe do granic możliwości, dotykając miliony ludzi w wielu stanach. W większości Stanów Zjednoczonych karetki pogotowia muszą być w stanie uzyskać dokładne informacje meteorologiczne w czasie rzeczywistym, zarówno lokalnie, jak i w sąsiednich stanach, aby zapewnić skuteczne i bezpieczne operacje ratownicze. Obserwacja pogody odgrywa ważną rolę w ratownictwie zdalnym, gdzie wypadki są często bezpośrednio spowodowane przez niekorzystne i nagłe zmiany warunków pogodowych. IoT umożliwia analizę informacji meteorologicznych otaczających karetkę pogotowia ratunkowego podczas odległego miejsca wypadku. W kontekście IoT do akwizycji parametrów meteorologicznych, IEEE 802.15.4 ZigBee lub Bluetooth są powszechnie używane do bezprzewodowej komunikacji danych o małej mocy krótkiego zasięgu między podłączonymi urządzeniami. Wcześniejsze prace nad wdrożeniem bezprzewodowych sieci czujników (WSN), które mierzą prymitywne parametry, takie jak prędkość i kierunek wiatru, mogą być mierzone za pomocą implementacji systemu na chipie (SoC) (Du, 2011), takiego jak czujnik prędkości o szerokości mikro i kompas cyfrowy są osadzone. IoT łączy różne sieci komunikacyjne, od stacjonarnych czujników meteorologicznych zamontowanych na karetkie po bioczujniki do noszenia, które mogą być przenoszone przez ratowników medycznych lub pacjentów rozmieszczonych na miejscu wypadku. Podczas gdy do dokładnej obserwacji wszelkich nagłych zmian warunków pogodowych, które mogą mieć wpływ na akcję ratowniczą, potrzebne są bardzo precyzyjne instrumenty, mogą być konieczne specjalne interfejsy komunikacyjne, aby uniknąć jakichkolwiek zakłóceń w urządzeniach medycznych. Podstawowy schemat pokazano na rysunku .



W tej implementacji algorytm rozpoznawania wzorców jest zaimplementowany w module uniwersalnego asynchronicznego odbiornika/nadajnika (UART). UART jest sterowany przez jeden z wewnętrznych zegarów, który analizuje różne typy próbek, zarówno wewnętrzne (do diagnostyki i zarządzania energią), jak i zewnętrzne (parametry meteorologiczne, takie jak temperatura, wilgotność

i opady). Wszystkie te czujniki są jednocześnie ze sobą połączone, dzięki czemu można wykryć wszelkie ryzyko, które może mieć wpływ na akcję ratunkową.

Integracja i kompatybilność

IoT rozszerza połączenie o różne typy czujników, czyniąc je częścią kompleksowego systemu ratownictwa ratunkowego, tym samym wymagając zaawansowanych możliwości obliczeniowych do przetwarzania biosygnatów, zarządzania i aktualizacji do szerszego systemu EPR. Dokładna diagnostyka na miejscu zdarzenia obejmuje pozyskiwanie danych zarówno z urządzeń noszonych przez ratowników medycznych, jak i skoncentrowanych na pacjencie konsumenckich urządzeń do noszenia na ciele, obejmujących szeroki obszar geograficzny, szczególnie w ratownictwie wiejskim. Stanowi to poważne wyzwanie, jeśli chodzi o utrzymanie niezawodnej komunikacji krótkiego i dalekiego zasięgu. Platformy telemedyczne oparte na chmurze stały się rozwijającą się technologią wspierania zdalnych operacji ratowniczych, jednak integracja różnych urządzeń bez wspólnych standardów może być szczególnie trudna. Wiele konsumenckich urządzeń do noszenia, takich jak inteligentne zegarki i urządzenia śledzące stan zdrowia, wymaga bardzo małych opóźnień; wynika to z ich nieodłącznej natury mobilności. Te rygorystyczne wymagania muszą być dokładnie rozważone w połączonym środowisku karetki, szczególnie ze względu na wiele niekontrolowanych parametrów otaczających scenę. Na podstawie wszystkich informacji dostępnych ratownikowi medycznemu należy podjąć szybką decyzję, jakie leczenie należy zastosować do pacjenta. Do obsługi usług IoT potrzebna jest platforma obliczeniowa oparta na karetkach. Mogą to być urządzenia ratownicze lub urządzenia oparte na pacjentach, tak że inteligentna karetka musiałaby działać jako brama M2M (Machine-to-Machine) na poboczu drogi, która przekierowuje dane zarówno z pobliskich urządzeń, jak i ze szpitala.

Zapewnienie spójności operacyjnej i niezawodności

Podłączone urządzenia można uczynić samo-rozpoznającymi, utrzymując własną bazę danych pewnych parametrów kondycji systemu. Poszczególne urządzenie może zastosować modelowanie statystyczne, aby przewidzieć awarię swoich komponentów elektronicznych i podsystemów, dzięki czemu konserwację zapobiegawczą można zaplanować przed przewidywaną awarią. Biorąc pod uwagę, że inteligentne środowisko karetek obejmuje wiele rodzajów urządzeń i czujników o różnej przewidywanej długości życia, dokładne przewidywanie ich zachowania w różnych warunkach operacyjnych zapewniłoby ciągłość działania. Niezawodność operacyjna jest prawdopodobnie najważniejszym aspektem każdego systemu usług, ponieważ jego głównym celem jest ochrona zarówno ratowników medycznych, jak i pacjentów poprzez dostarczanie aktualnych i dokładnych informacji przez cały czas. Podczas gdy kalibracja gwarantuje dokładność pomiaru przez pewien okres później, konieczne są dalsze oceny, aby wywnioskować odchylenie od oczekiwanej precyzji. Ponadto każdy wpływ na pomiar spowodowany zmianami parametrów środowiskowych, takich jak temperatura otoczenia, wilgotność, wstrząsy, stan skóry, w której czujniki są umieszczone na pacjencie, muszą być stale oceniane. Kalibracja to kluczowy proces zapewniający długoterminową zdatność operacyjną. Różne aspekty prognozowania i zarządzania stanem systemu zapewnią rozwiązania umożliwiające określenie optymalnego interwału serwisowego dla kalibracji. Pomoże to również określić model statystyczny, który można wykorzystać do samokalibracji, eliminując tym samym uciążliwość konieczności wysyłania urządzenia do okresowej kalibracji.

Analiza regresji kalibracji z interpolacją liniową pomiaru referencyjnego z pomiarem w terenie może zatem zapewnić system do niestandardowej kalibracji. Interpolacja liniowa służy do przypisywania wartości laboratoryjnych do pomiaru w terenie, pomiędzy sąsiednią parą pomiarów referencyjnych wykonywanych na urządzeniu. Należy również uwzględnić kompensację błędów kalibracji wynikających ze zmian parametrów, takich jak temperatura skóry użytkownika i czas odczytu. To

pierwsze można osiągnąć poprzez regulację temperatury w zamkniętym obszarze podczas procesu kalibracji, podczas gdy drugie można rozwiązać poprzez statystyczne modelowanie wzorca zmienności spowodowanego warunkami użytkowania. Dzięki temu można wywnioskować znane właściwości pojedynczego urządzenia. Dokładność będzie przede wszystkim funkcją liczby pobranych próbek odniesienia, tak że liczba pomiarów jest znacznie większa niż liczba składników regresji w algorytmie regresji.

Podczas gdy kalibracja odgrywa ważną rolę w zapewnianiu wiarygodności wyrobu medycznego, ciągłe zapewnianie niezawodności pociąga za sobą rozwój kompleksowego zestawu technik modelowania i analizy inżynierii niezawodności (Fong i in., 2013). Ramy mają na celu ułatwienie zarządzania danymi i raportowania na potrzeby analizy konserwacji zorientowanej na niezawodność (RCM). Zapewni wsparcie dla różnych sektorów przemysłu i szerokie opcje dostosowywania, aby dopasować się do konkretnego podejścia analitycznego. Ważnym aspektem analizy czasu życia jest znalezienie rozkładu czasu życia, który może adekwatnie opisać zachowanie starzejące się danego urządzenia. Większość okresów życia ma charakter ciągły i dlatego w literaturze zaproponowano wiele ciągłych rozkładów życia. IoT umożliwia analizę danych o dyskretnych awariach pod kątem:

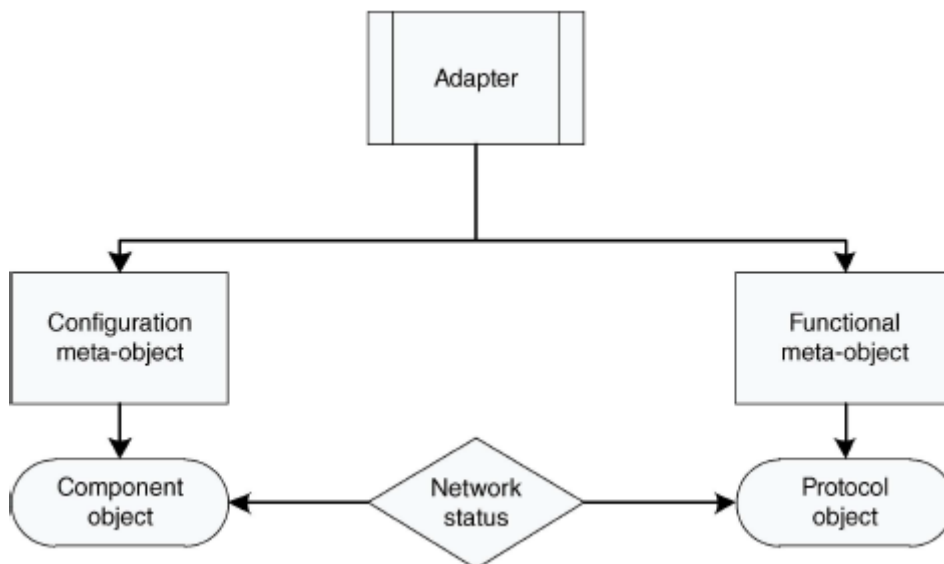
* Raporty o awariach w terenie są gromadzone w sposób ciągły, a obserwacje to liczba awarii, bez określania czasów awarii.

* Urządzenie działa w cyklach, a eksperymentator obserwuje liczbę cykli zakończonych pomyślnie przed niepowodzeniem. Często przytaczanym przykładem jest kopiarka, której żywotność będzie równa całkowitej liczbie wyprodukowanych przez nią kopii. Innym przykładem jest liczba cykli włączania/wyłączania przetłaczniaka przed wystąpieniem awarii.

* Eksperymentator często dyskretyzuje lub grupuje ciągłe dane, opiekując się pacjentem w celu skonstruowania modelu w czasie.

IoT ułatwia analizę zestawu danych dotyczących niezawodności lub przetrwania w celu określenia, do której klasy starzenia należy dane urządzenie. W takim badaniu rzetelności ważną rolę odgrywają zatem testy starzenia stochastycznego. Połączone urządzenia nieustannie przechwytyują dane, aby uogólnić te koncepcje na wielowymiarowe okresy życia, ponieważ złożony system zwykle składa się z kilku komponentów, które pracują w tym samym środowisku, a zatem ich okresy życia są generalnie zależne. Rzeczywiście, wiele takich dwuwymiarowych i wielowymiarowych koncepcji starzenia pojawia się już w literaturze od dawna. Pojęcie uzależnienia przenika przez całe nasze codzienne życie. Istnieje wiele przykładów współzależności w medycynie, struktur ekonomicznych i inżynierii niezawodności, by wymienić tylko kilka. Typowym przykładem w inżynierii jest to, że wszystkie dane wyjściowe z urządzenia będą zależą od danych wejściowych w szerszym znaczeniu, które obejmują materiał, sprzęt, środowisko i inne. Ponadto zależność nie ma charakteru deterministycznego, lecz stochastycznego. Prognozyka to proces przewidywania przyszłej niezawodności produktu poprzez ocenę stopnia odchylenia lub degradacji produktu od oczekiwanych normalnych warunków pracy. Monitorowanie stanu urządzenia lub systemu, podobnie jak monitorowanie stanu zdrowia pacjenta, jest procesem pomiaru i rejestrowania zakresu odchylenia i degradacji od normalnego stanu działania. Bieżąca niezawodność operacyjna zostanie oceniona za pomocą algorytmów obliczeniowych i technik gromadzenia danych, konserwacji opartej na stanie, prognozowania i zarządzania stanem systemu w celu zastosowania diagnostyki i prognozowania in situ. Po stronie szpitala komputer będzie obsługiwać oprogramowanie po stronie hosta, które nie tylko prowadzi elektroniczny rejestr każdego pacjenta, ale także przechowuje rejestr urządzeń medycznych. Gdy komputer nawiąże połączenie z karetką, oprogramowanie zaktualizuje również dane w centralnej bazie danych wyrobów medycznych, podobnie jak w przypadku zapisywania dokumentacji medycznej indywidualnego pacjenta w celu

podjęcia działań, takich jak wymiana baterii lub innych materiałów eksploatacyjnych. W normalnych warunkach centrum reagowania nie musi być alarmowane, ponieważ archiwizacja danych i generowanie alertów responsywnych odbywa się automatycznie. Ręczna interwencja jest konieczna tylko w przypadku nieplanowanej konserwacji i aktualizacji systemu. Technologia prognostyczna umożliwia ostrzeganie administratora o wszelkich problemach z systemem przed całkowitą awarią, dzięki czemu można podjąć odpowiednie działania naprawcze. Środowisko IoT umożliwia każdemu urządzeniu uzyskanie informacji o otaczającym środowisku, co z kolei ułatwia utworzenie bazy danych konserwacji, która jest budowana na podstawie danych o rzeczywistym stanie użytkowania każdego urządzenia. Jednym z ważnych aspektów IoT jest możliwość łączenia urządzeń różnego typu. Dzięki temu można ściśle monitorować ich niezawodność operacyjną, a jednocześnie środowisko operacyjne. Aby zapewnić niezawodność operacyjną, należy ocenić szeroki zakres informacji; obejmują one dane dotyczące nadzoru nad chorobami, informacje archiwalne społeczności w strukturach demograficzno-społecznych, wskaźniki krwi Czerwonego Krzyża, zapytania w Internecie, funkcjonowanie placówek opieki zdrowotnej oraz dane dotyczące przepływu. Dane zebrane z tych źródeł muszą być analizowane przez bliskie powiązania w celu opracowania dostępnych zasobów spisowych i badawczych. Dokładność, niezawodność i solidność algorytmów nadzoru w celu skutecznego monitorowania chorób zostaną zweryfikowane poprzez zastosowanie zasad metaanalizy do obsługi wielu źródeł danych. Innym ważnym aspektem jest zminimalizowanie fałszywych alarmów i brakujących sygnałów w tych systemach nadzoru. Aby wspierać monitorowanie urządzeń w czasie rzeczywistym, niezależnie od platformy, konieczne jest wdrożenie schematu adaptacji powiązań opartego na metaobiektach, aby wykryć wszelkie zmiany w wewnętrznym stanie systemu urządzenia. Meta-klasa definiuje zestaw ogólnych funkcji do kontroli powiązań w klasach zorientowanych obiektowo (OO). Meta-obiekt odnosi się do instancji klas OO, których metody są zdefiniowane. Odnosząc się do rysunków, które ilustrują przestrzeń metaobjektu zarówno adaptera A, jak i adaptera T, które są wykorzystywane do ich odpowiedniego zastosowania i zarządzania wiązaniem transmisji, można przedstawić przestrzeń metaobjektu wiązania, jak zilustrowano na rysunku.

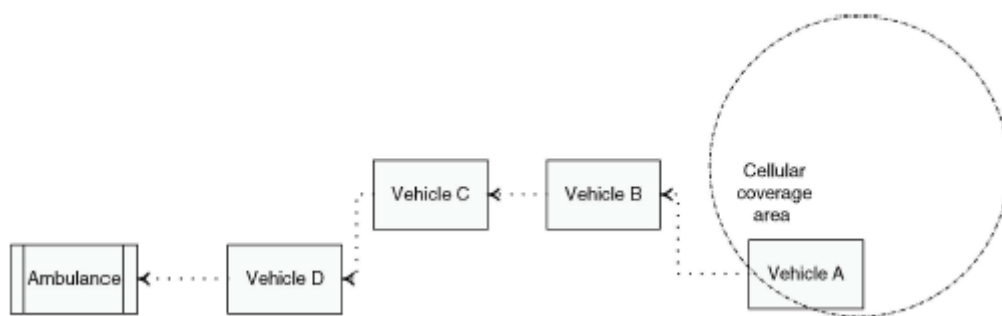


Przestrzeń metaobjektu zawiera główne cechy konfiguracji i metaobjektów funkcjonalnych. Pierwszy wykrywa i przetwarza konfiguracje metod, obiektów systemowych i topologii połączeń wewnątrz powiązań. Zarządza połączeniem od połączenia punkt-punkt do połączenia punkt-wielopunkt

określonego powiązania adaptacyjnie w oparciu o aktualny stan sieci. Ten ostatni wykrywa i zarządza protokołami powiązania i QoS powiązań, które adaptacyjnie zmieniają zasady kolejowania z pierwszego wejścia, pierwszego wyjścia (FIFO) do kolejki o małym opóźnieniu opartej na klasach (CB-LLQ) na podstawie bieżącego stanu sieci. Przed wprowadzeniem do karetki pogotowia konieczne jest opracowanie serii metod badań projektowych specyficznych dla przepisów danego kraju i walidacja modeli chorób zarówno w kontrolowanych eksperymentach laboratoryjnych, jak i terenowych w kabinie karetki. Eksperyment laboratoryjny będzie prowadzony głównie w pomieszczeniu z kontrolowanymi komorami testowymi w warunkach szpitalnych, które obejmują komorę w pomieszczeniu czystym klasy 100, komorę testową z kontrolowanym środowiskiem oraz komorę testową z dwoma pomieszczeniami. Należy to następnie zweryfikować w karetce przed zabraniem do akcji ratowniczej. Parametry częstości występowania choroby zostaną następnie zagregowane w stochastyczne modele symulacyjne w celu zdefiniowania zestawu wartości wyjściowych. Kalibrację i walidację tych modeli należy przeprowadzić przed opracowaniem modeli statystycznych.

Elektroniczne pobieranie rekordów pacjenta w komunikacji wieloskokowej

Komunikacja wieloskokowa (ad hoc) wykorzystuje wiele przeskoków bezprzewodowych do przekazywania informacji o pacjencie ze szpitala do ratowników medycznych na miejscu lub odwrotnie. Ogólnie rzecz biorąc, multihop wykorzystuje albo wieloskokowe sieci komórkowe, albo mobilne sieci ad hoc (MANET). Pierwsza jest ważną konfiguracją dla karetki pogotowia poruszającej się po wiejskich drogach. Jak pokazano na rysunku 17.8, komunikacja pojazd-pojazd (V2V) może przekazywać dane z najbliższej stacji bazowej do innych pobliskich pojazdów, dzięki czemu transmisja danych jest nadal możliwa nawet wtedy, gdy karetka znajduje się poza zasięgiem komórki.



W tym przykładzie tylko pojazd A znajduje się w granicach zasięgu komórkowego, pakiety danych są przekazywane z jednego pojazdu do drugiego z bezpośrednią komunikacją V2V krótkiego zasięgu, dzięki czemu karetka może nadal utrzymywać połączenie sieciowe nawet podczas podróży poza zasięgiem sieci komórkowej. MANET jest również ważnym tematem we wspieraniu inteligentnych karetek pogotowia w środowisku IoT, gdzie MANET na miejscu składa się z grupy węzłów mobilnych, które komunikują się bez obecności bezprzewodowego łącza ze szpitalem. W tym układzie każdy węzeł w pobliżu karetki jest połączony w trybie peer-to-peer (P2P) zamiast rodzaju relacji master-slave między węzłami. Kluczową cechą jest to, że komunikacja między węzłami jest realizowana przez bezpośrednie połączenie lub przez wiele przekaźników przeskoków. EPR stopniowo zastępuje papier pisany przez lekarzy i innych pracowników służby zdrowia. W przypadku odzyskiwania zasobów EPR w

ambulansie, zwykle wiąże się to z wieloprzeskokowym środowiskiem komunikacyjnym. Jednocześnie powinien umożliwiać jednoczesną aktualizację stanu zdrowia pacjenta podczas leczenia przez ratowników medycznych. Dzięki połączeniu różnych czujników i urządzeń omówionych wcześniej w tym rozdziale, proliferacja tych urządzeń IoT tworzy zbiór węzłów o unikalnych identyfikatorach na różnych platformach i obsługuje udostępnianie danych między pacjentami a urządzeniami ratownika medycznego. W konfiguracji IoT, w której różne urządzenia są ze sobą połączone z kompatybilnością międzyplatformową, optymalizacja mocy jest konieczna do odbierania i przesyłania pakietów danych. Węzły w sieci są często wymagane do przekazywania pakietów przeznaczonych dla innych węzłów. Identyfikacja pozycji i lokalizacja wszystkich urządzeń IoT otaczających karetkę może zapewnić skuteczną metodę przekazywania informacji ratownikom medycznym i staje się możliwe rozszerzenie zasięgu dzięki komunikacji wieloskokowej. Gdy sanitariusz opuszcza karetkę, może być trudne ciągłe śledzenie pozycji zarówno na podstawie odległości, jak i kąta karetki, gdy używa tylko urządzenia obsługującego GPS. Sanitariusz nie może zostać wykryty, jeśli znajdzie się w osłoniętym miejscu lub prowadzi podwodny ratunek. Podczas gdy pozycjonowanie akustyczne może zapewnić śledzenie lokalizacji, nadal istnieje potencjalny problem z sygnałem śledzenia, który ma niższy stosunek sygnału do szumu (SNR) niż hałas otoczenia obszaru ratunkowego. Biorąc pod uwagę, że ratownictwo morskie wykracza poza zakres tego tekstu, skoncentrujemy naszą dyskusję na aspektach technologicznych zapewnienia niezawodnego łącza dla ratowników medycznych w celu uzyskania dostępu do informacji o pacjencie lub wszelkich dodatkowych informacji potrzebnych do diagnozy na miejscu zdarzenia.

Studium przypadku: Przewlekła obturacyjna choroba płuc

W tej sekcji przyjrzymy się bliżej postępom w technologii IoT w zakresie inteligentnego wdrażania karetek pogotowia na przykładzie leczenia POChP. Jest to ważny obszar postępu technologicznego w medycynie ratunkowej w celu ratowania życia, ponieważ wcześniejsze badanie wykazało, że ratownicy medyczni napotykają trudności w udzielaniu pierwszej pomocy pacjentom, gdy odróżniają atak astmy od innych powikłań POChP. Kluczowym elementem realizacji takiej strategii jest to, aby ratownicy medyczni byli w stanie dokładnie zidentyfikować zachorowalność na POChP. Źle zdiagnozowana POChP może potencjalnie opóźnić leczenie, które może zmienić rokowanie i śmiertelność pacjenta. Istnieje pilna potrzeba szybkiego i dokładnego wykrywania, a także skutecznej analizy danych pacjentów, aby ułatwić efektywne zarządzanie zasobami zdrowotnymi w leczeniu POChP. Obecny system diagnostyki zdrowia brakuje możliwości analizowania odmiennych danych za pomocą zróżnicowanych, uwarunkowanych zestawów danych ze źródeł takich jak Internet i szpitalne bazy danych. Dostęp do ilości informacji i historii choroby pacjenta może być bardzo ograniczony do pomocy ratownika medycznego, co bardzo utrudnia szybkie i dokładne zdiagnozowanie POChP. W związku z rosnącym ryzykiem wystąpienia powikłań z powodu opóźnienia w zapewnieniu odpowiedniego leczenia, istnieje pilna potrzeba terminowej diagnozy POChP i skutecznej analizy symulacji choroby, aby umożliwić zarządzanie zasobami zdrowotnymi w różnych warunkach, od domów pacjentów po zanieczyszczone miejsca pracy, takie jak zakurzone środowiska i kopalnie minerałów.

Diagnoza na miejscu i rokowanie

Kiedy ratownik medyczny przybywa na miejsce wypadku, jest prawdopodobne, że wstępny osąd zostanie dokonany na podstawie zaobserwowanego zespołu, ponieważ większość incydentów jest zgłaszanych bez dokładnego opisu medycznego cierpienia pacjenta. Powszechnie obserwowane zespoły, takie jak anomalia kaszlu i oddychania, mogą być powiązane z POChP lub chorobami zakaźnymi, takimi jak grypa. Jak zaobserwowano w ogniskach SARS i świńskiej grypy, pacjent może wykazywać wiele zespołów z powodu połączenia chorób przewlekłych i zakaźnych podczas wybuchów pandemii. Obecnie metodologie diagnozy na miejscu zdarzenia nie są w stanie przeanalizować odmiennych danych za pomocą zróżnicowanych zestawów danych uwarunkowanych ze źródeł takich

jak krajowy system opieki zdrowotnej i szpitalne bazy danych. W związku z tym potrzebne jest podejście, które ułatwia gromadzenie danych na temat choroby, aby umożliwić szybkie i wiarygodne prognozowanie choroby zorientowane na dane, analizę propagacji choroby i analizę ryzyka. Rozważając studium przypadku dotyczące leczenia pacjenta z POChP na miejscu, mamy następujące zmiany:

- * Algorytmy nadzoru syndromicznego do analizy danych dotyczących zdrowia publicznego wraz ze skorelowanymi wskaźnikami, takimi jak dane z rejestru pacjentów, w celu zapewnienia dokładnej prognozy chorób układu oddechowego.

- * Metody ilościowe modelowania zachowań związanych z przenoszeniem się chorób w obszarach wysokiego ryzyka zakaźnego oraz metody symulacji stochastycznej do naśladowania rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych w złożonych strukturach i warunkach kontaktu ze społecznością. Jest to niezwykle ważny temat w zapewnieniu zdrowia i bezpieczeństwa ratownikom medycznym przybywającym na miejsce zdarzenia z niewielką wiedzą o pacjencie.

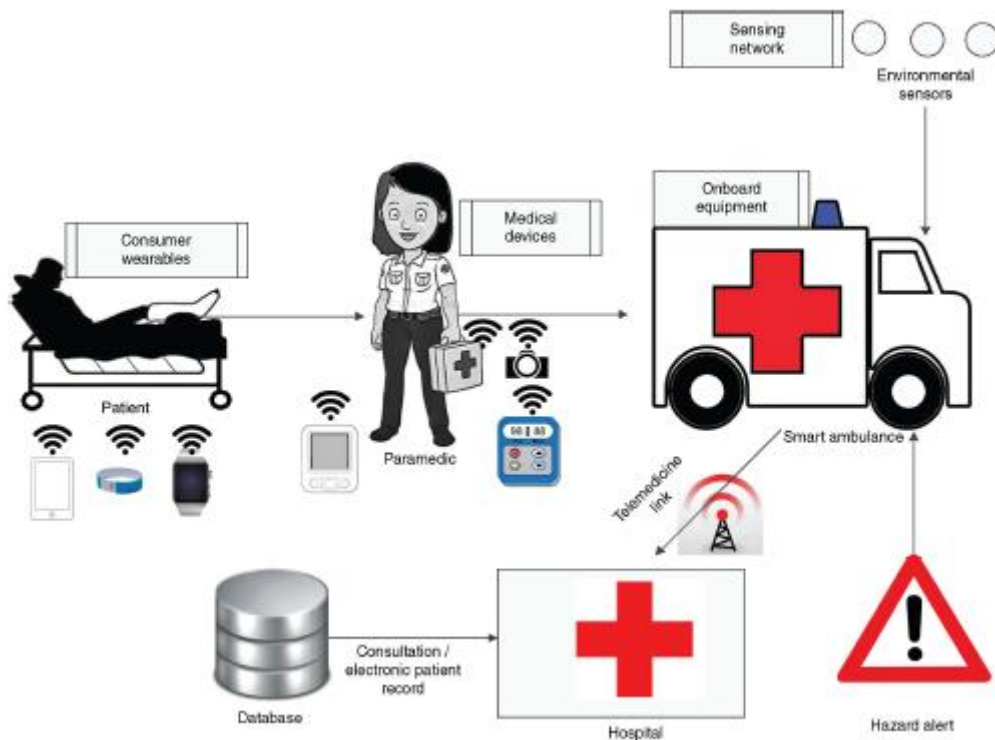
- * Agreguj modele symulacji przenoszenia chorób w społeczności z fizycznymi wzorcami przenoszenia chorób, aby umożliwić modelowanie ryzyka, analizę ekonomiczną zdrowia oraz ocenę wydajności metod nadzoru choroby i strategii łagodzenia w różnych scenariuszach epidemii.

- * Walidacja modeli chorób zakaźnych poprzez wiedzę i doświadczenie epidemiologiczne, starannie zaprojektowane eksperymenty kliniczne i terenowe oraz dokumentację medyczną i dane zebrane podczas poprzednich okresów pandemii i chorób zakaźnych.

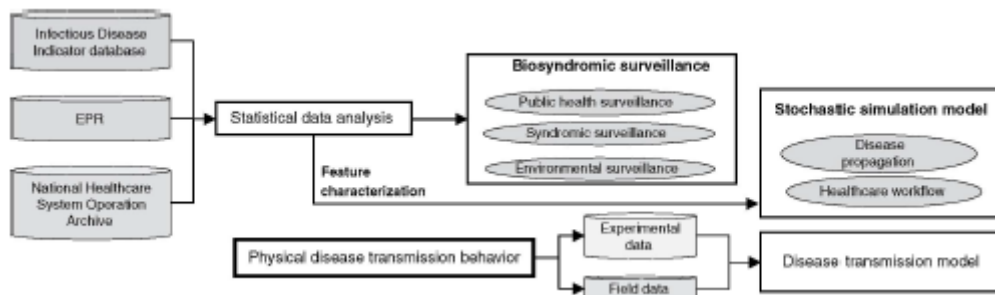
Postępy w IoT ulepszają algorytmy i metodologie, które zapewniają ilościowe rozwiązania do modelowania chorób, aby umożliwić zapobiegawcze wykrywanie, identyfikację i zrozumienie chorób układu oddechowego, a także naukowe uzasadnienie strategii łagodzenia. Obecnie większość metod nadzoru ognisk choroby wykorzystuje standardowe metody monitorowania stosowane w zastosowaniach przemysłowych, takie jak wykresy Shewharta, CUSUM i EWMA, a badania propagacji choroby są bezpośrednimi rozszerzeniami uproszczonych modeli SIR, które zostały opracowane ponad 20 lat temu i często są słabymi wskaźnikami rozwoju tendencji chorobowych. Częścią wyzwania jest złożoność danych dotyczących incydentów chorobowych, które prawdopodobnie są heterogeniczne, wielowymiarowe, wzajemnie skorelowane, z wieloma typami danych i często wykazują sezonowe wzorce w czasie. Istnieją oczywiście znaczne przeszkody algorytmiczne w badaniu odmiennych zestawów danych o takiej złożoności lub zróżnicowanych uwarunkowanych zestawach danych. W oparciu o obecną wiedzę na temat algorytmów nadzoru i metod modelowania nie osiągnięto jeszcze skutecznych, rzetelnych i wiarygodnych ram monitorowania i łagodzenia chorób w zakresie zdrowia publicznego i opieki zdrowotnej. IoT umożliwia pozyskiwanie danych z wielu źródeł, dzięki czemu metody analizy i modelowania umożliwiają wiarygodne i zorientowane na dane prognozowanie chorób, analizę propagacji chorób i analizę ryzyka. Wiąże się to z gromadzeniem danych i algorytmami nadzoru do monitorowania wielu strumieni danych, w tym objawów choroby, skorelowanych wskaźników i incydentów przy różnych założeniach dotyczących choroby zakaźnej.

Pozyskiwanie i analiza danych

Inteligentna karetka obejmuje szeroki zakres typów danych z wielu źródeł, jak pokazano w ogólnej architekturze inteligentnej karetki IoT podsumowanej na rysunku 17.9.



Zautomatyzowane metody modelowania szeregów czasowych i prognozowania, takie jak regresje, autoregresyjna zintegrowana średnia ruchoma (ARIMA) oraz metody wygładzania wykładniczego Holta-Wintera są powszechnymi algorytmami nadzoru syndromicznego stosowanymi do przewidywania występowania przyszłych zdarzeń zdrowotnych w celu prognozowania. Do celów diagnozowania i prognozowania POChP można opracować ważoną kartę CUSUM do wykrywania wzorcowych zmian średnich wynikających z prognozowania lub kontroli ze sprzężeniem zwrotnym. Optymalizacja skuteczności wielowymiarowej karty kontrolnej może dotyczyć korelacji zmiennych oraz kierunku i wielkości przesunięcia procesu. Statystyka skanowania przestrzennego stała się również popularna do oceny geograficznych skupisk chorób w szerokim zakresie obszarów zastosowań, co czyni ją szczególnie odpowiednią do analizy chorób układu oddechowego, tym samym odróżniając je od chorób zakaźnych. Metody prospektywnego nadzoru czasoprzestrzennego oparte na skanowaniu są przydatne w wykrywaniu wzrostu wskaźników incydentów w skupiskach regionów. Głównym celem jest przeprowadzenie uogólnionego testu ilorazu wiarygodności, który wykorzystuje oszacowane parametry do maksimum zasada prawdopodobieństwa. W tym celu opracowano ogólne ramy oparte na statystykach ilorazu prawdopodobieństwa zarówno dla nadzoru przestrzennego, jak i czasoprzestrzennego w regionach niezależnych lub skorelowanych, jak pokazano na rysunku 17.10.

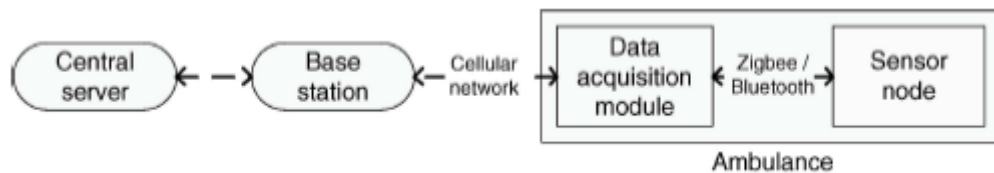


Proces podejmowania decyzji i selekcji

Większość podstawowych metod, takich jak statystyczna kontrola procesu (SPC), regresja, szeregi czasowe i metody oparte na prognozach, zostały pierwotnie opracowane jako podejścia czasowe. Z drugiej strony, metody nadzoru zdrowotnego, takie jak statystyki skanowania, zostały pierwotnie opracowane jako podejścia przestrzenne, a później rozszerzone jako procesy czasowe i czasoprzestrzenne. Większość technik nadzoru przestrzennego opiera się na statystycznych metodach grupowania. Cele w metodach nadzoru czasowego i przestrzennych klastrów są ogólnie różne, tak że ta pierwsza obejmuje opóźnienie wykrywania, podczas gdy ta druga służy do prawidłowej identyfikacji. Po wdrożeniu w procesie selekcji może to być sprzeczne w niektórych sytuacjach. Dlatego wyzwaniem jest opracowanie skutecznych metod szybkiego wykrywania z wysokimi wskaźnikami identyfikacji nawet w przypadku standardowych problemów z jednorodnymi populacjami i niezależnymi rozkładami zachorowań wśród poszczególnych pacjentów. Częstość występowania choroby jest niejednorodna, skorelowana i często wykazuje sezonowe wzorce w czasie, szczególnie u pacjentów z POChP. Skuteczne metody selekcji w tych sytuacjach wymagają zatem dalsza dyskusja. Innym problemem związanym z nadzorem nad syndromami jest to, że napotyka na problem związany z wielokrotnymi testami. Istnieje wiele źródeł danych ze szpitala, urzędzeń dotyczących ratowników medycznych, a także pacjenta, a w każdym źródle danych jest zwykle wiele serii. Wiele z tych serii jest dalej podzielonych na podserie. Obecnie większość serii jest monitorowana w sposób jednowymiarowy, po czym do każdej serii stosuje się wiele algorytmów wykrywania. Każda z powszechnych metod obsługi wielu strumieni danych ma swoje ograniczenia. Powszechnie stosowane metody, takie jak Bonferroni, uważane są za nadkonserwatywne, korekty wskaźnika fałszywych odkryć (FDR) wykazują nieodłączny niedobór przy zbyt małej liczbie hipotez, a metody bayesowskie są wrażliwe na wybór wcześniejszego i nie jest jasne, jak wybrać przeora. Pomagając w procesie selekcji na leczenie w nagłych wypadkach, szybsze wykrycie oprócz monitorowania zaobserwowanych objawów konieczne jest monitorowanie objawów choroby i powiązanych wskaźników. Aby wyeliminować objawy spowodowane infekcją, w procesie selekcji należy określić ilościowo prawdopodobieństwo infekcji dla modeli rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych w skali mikro lub społeczeństwa. Wcześniejsze badania aerozoli wydechowych obciążonych patogenami nie badały siły źródła zakaźnego pod wpływem dynamiki zależnej od wielkości cząstek na usuwanie i dyspersję aerozoli wydechowych w rzeczywistym środowisku klinicznym. Integrując modelowanie dynamiki płynów z infekcją oceny narażenia, proces selekcji pociąga za sobą dokładny model przewidywania prawdopodobieństwa infekcji w zamkniętych środowiskach w PoC, aby lepiej zrozumieć mechanizmy przenoszenia chorób układu oddechowego. Większość retrospektywnych analiz nadzoru zdrowotnego koncentruje się na badaniach skupień opartych na statycznych współzmiennych i metodach prognozowania z wygładzaniem wykładniczym. W celu modelowania dyskretnych danych liczebności w nadzorze zdrowotnym konieczne jest skonstruowanie dynamicznego uogólnionego modelu liniowego (DGLM), który może obejmować współzmiennie, takie jak podregiony, dni tygodnia, święta i sezonowość. DGLM umożliwia hierarchiczne modelowanie danych przestrzennych, dzięki czemu dane czasoprzestrzenne mogą być odpowiednio obsługiwane w ramach systematycznych. Podczas modelowania relacji między heterogenicznymi strumieniami danych związanych ze zdrowiem częstotliwości próbkowania są często różne, podczas gdy często próbkowane strumienie mogą mieć wiodącą moc przewidywania kluczowych wskaźników wydajności. DGLM umożliwia dokładną dezagregację danych czasoprzestrzennych, dzięki czemu różne poziomy informacji związanych z chorobami mogą być integrowane i synchronizowane w połączeniu z modelem sieci bayesowskiej. DGLM może zawierać dynamiczne współzmiennie do identyfikacji dynamicznych klastrów i ich relacji podczas prognozowania choroby przy użyciu eksploracji danych, takiej jak FDR i selekcja zmiennych w celu identyfikacji klastrów na podstawie dynamicznych współzmiennych. Do kalibracji i aktualizacji parametrów modelu można użyć algorytmu opartego na frameworku bayesowskim. Przewidywane wartości zostaną porównane z wartościami obserwowanymi, a wszelkie istotne różnice zostaną wskazane w aplikacji do wykrywania anomalii zdrowotnych.

Pacjent i środowisko otoczenia

Pierwszą informacją, którą należy zebrać po przybyciu na miejsce w celu przeprowadzenia nadzoru syndromicznego, jest wykrycie ognisk choroby oprócz wcześniej otrzymanych informacji z konwencjonalnych metod poprzez zgłoszenie przypadku. Można to osiągnąć poprzez monitorowanie danych związanych z objawami, takimi jak objawy choroby grypopodobnej (ILI) lub szybka analiza odgłosu kaszlu), niedawno wydany lek bez recepty (OTC) sprzedaż lub telefoniczna infolinia szpitalna wykonywana przez pacjenta. Monitorując różne wskaźniki związane z chorobą, można zdiagnozować rodzaj choroby, na którą cierpi pacjent, dzięki czemu środki zaradcze będą wdrażane skutecznie i proaktywnie, być może nawet oszczędzając podróż do szpitala po odpowiednim leczeniu na miejscu zdarzenia. Wiąże się to z gromadzeniem danych rejestracyjnych opieki zdrowotnej w czasie rzeczywistym z uczestniczących szpitali. Aby zdiagnozować pacjenta z POChP poprzez eliminację innych przyczyn, gromadzenie danych i analityka odgrywają kluczową rolę we wspieraniu diagnostyki i prognozowania na miejscu zdarzenia. Sieć czujnikowa składająca się z ratowników medycznych i urządzeń pacjentów zostanie utworzona jako zbiór węzłów czujnikowych, które wyczuwają zmiany w środowisku. W kontekście Internetu Rzeczy fizyczne parametry bioczuJNIka zależą od środowiska. Wdrażanie bezprzewodowych sieci czujników z określonym biomateriałem w głowicy czujnika wymaga od ratownika medycznego identyfikacji lokalizacji, które nie są odpowiednie dla konkretnego pacjenta dotkniętego powszechnym rodzajem schorzenia, takim jak astma. BioczuJNIk podłączony do centralnego serwera będzie miał kluczowe znaczenie dla oceny środowiska PoC, tak aby ratownik medyczny mógł uzyskać historię medyczną pacjenta, a także wszelkie informacje o alergiach w odniesieniu do rodzaju biomateriału, który ma być użyty. Moduł biosensora składa się z biomateriału, procesora z wbudowaną pamięcią, przetwornika analogowo-cyfrowego (ADC), obwodów sterujących oraz sekcji bezprzewodowego nadajnika-odbiornika. IoT umożliwi monitorowanie w czasie rzeczywistym miejsc PoC za pośrednictwem architektury przedstawionej na rysunku.



Ten system wykrywania PoC rejestruje, przechowuje i przesyła odczyt czujnika biomateriału. W przypadku tego systemu największym problemem w tym wdrożeniu jest koszt komponentów wykonanych na zamówienie, które mogą okazać się drogie, ponieważ prawdopodobnie będą jednorazowe. Dlatego też bardziej ekonomicznie pożądane jest użycie mniej wydajnego sprzętu w module bioczuJNIka i wykonanie większej ilości przetwarzania w stacji odbiorczej. Ostatnie postępy w dziedzinie IoT umożliwiłyby szybki transfer danych i procesy obliczeniowe, które będą przeprowadzane po stronie serwera. Badania symulacyjne odgrywają wyjątkową i znaczącą rolę we wspieraniu przewidywania scenariuszy pandemii i umożliwianiu zrozumienia rozprzestrzeniania się choroby, co ma kluczowe znaczenie dla łagodzenia i powstrzymywania pandemii. Niektóre modele symulacyjne rozprzestrzeniania się choroby mają na celu zrozumienie skutków zmian w zachowaniu obywateli lub polityk rządowych. Inni badają parametry epidemii choroby, takie jak cechy środowiskowe, demograficzne, fizjologiczne, behawioralne, epidemiologiczne i związane ze strategią łagodzenia. Wykrywanie PoC dostarcza ratownikom istotnych informacji do oceny skuteczności planu leczenia i interwencji nefarmaceutycznych w celu ochrony przed infekcją przy jednoczesnym zmniejszeniu ryzyka infekcji w niebezpiecznym środowisku. Można to osiągnąć za pomocą modelu Susceptible-Infected-Removed (SIR), aby określić ilościowo stany infekcji u ludzi. Model Susceptible-Exposed-Infected-Removed (SEIR) uwzględnia stan ekspozycji między stanami podatnymi i zakażonymi, a model kompartmentowy oddziela stan bezobjawowy od stanu zakaźnego stanem utajonym.

Wyzwania dla inteligentnych karetek

Akceptacja użytkownika odgrywa kluczową rolę w pomyślnym wdrożeniu każdej inteligentnej technologii. W inteligentnym otoczeniu karetki obejmuje to użytkowników końcowych, takich jak ratownicy medyczni i pacjenci. Istnieje również inny personel pomocniczy, taki jak pracownicy oddziału pogotowia ratunkowego w szpitalu, centrum reagowania kryzysowego i wsparcie techniczne, które są bezpośrednio zaangażowane. W tym celu niezawodność operacyjna jest niezbędnym elementem dla wszystkich tych osób, ponieważ istnieją zarówno prawne, jak i regulacyjne konsekwencje w zapewnieniu, że wszystko, co znajduje się w karetce, nadaje się do obsługi krytycznych misji ratowniczych niezależnie od środowiska operacyjnego. Aby wdrożyć inteligentne karetki pogotowia, należy dokładnie rozważyć szereg głównych wyzwań:

Niezawodność

Obecne metody oceny niezawodności systemów bogatych w elektronikę w inteligentnych karetkach mają fundamentalne wady, ponieważ nie są w stanie nadążać za nowymi technologiami. Wynika to z faktu, że żaden test przeprowadzany w kontrolowanym środowisku na etapie projektowania nie jest w stanie uwzględnić złożonych i nieprzewidywalnych profili użytkowania. Co więcej, równie ważne jest rozwiązywanie problemów miękkich i sporadycznych, które są typowymi trybami awarii w wielu inteligentnych systemach. Jest to szczególnie problematyczne, biorąc pod uwagę fakt, że systemy te mogą w każdej chwili ulec awarii. Wypadki pojazdów spowodowane awarią elektroniki, systemy oświetlenia kabiny LED, które nie mogą przetrwać kilku miesięcy, wiele awarii sterowników silników samochodowych, awarie aparatury podtrzymującej życie spowodowane wadliwymi czujnikami oraz historia medyczna pacjentów nie może zostać odzyskana z powodu awarii serwerów. Wpływ na bezpieczeństwo, dostępność i koszty stanowi ogromne wyzwanie dla niezawodności inteligentnych karetek. IoT wykorzystuje podłączone czujniki i monitory, które stale śledzą wydajność systemu. Obejmują one ocenę degradacji systemu, diagnostykę usterek oraz przewidywanie niezawodności w czasie rzeczywistym poprzez prognozowanie podsystemów w inteligentnej karetce. Informacje o stanie systemu można zbierać, gdy karetka jest w ruchu. Takie informacje mogą być przesyłane do serwera zaplecza w celu analizy i automatycznego planowania konserwacji prewencyjnej w oparciu o rzeczywisty stan zdrowia (SoH) systemu.

Normy

Fakt, że obecnie nie ma standardów zapewniających kompatybilność operacyjną między różnymi podłączonymi urządzeniami, oznacza, że wymiana danych między ratownikami medycznymi a pacjentami może nie przebiegać tak płynnie, jak oferują standardowe urządzenia. Byłoby praktycznie niemożliwe zdefiniowanie jednego zestawu standardów dla wszystkich podłączonych urządzeń w inteligentnym otoczeniu karetki, biorąc pod uwagę różnorodny zakres zaangażowanych urządzeń. Istnieją urządzenia medyczne, które są zgodne z wymogami regulacyjnymi FDA, starsze instrumenty, urządzenia do noszenia dla konsumentów, węzły bezprzewodowe i zintegrowana inteligentna elektronika konsumencka do domu, taka jak systemy wspomagające opiekę nad osobami starszymi i inteligentne systemy dystrybucji leków. Standaryzacja wszystkich tych urządzeń i systemów może być niezwykle trudna.

Szkolenie personelu i procedury operacyjne

Przez dziesięciolecia ratownicy medyczni są profesjonalnie przeszkoleni, aby ściśle przestrzegać zestawu standardowych procedur operacyjnych zoptymalizowanych dla konkretnego kraju. Kiedy karetka staje się inteligentna, ratownicy medyczni również muszą zostać przeszkoleni w zakresie przyjmowania nowych technologii. Naturalne jest założenie, że ci pracownicy służby zdrowia nie są

przeszkoleni w zakresie dogłębnych umiejętności technicznych. Dlatego interfejs użytkownika (UI) musi być dostosowany do unikalnego środowiska karetki pogotowia. Na przykład specjalne rękawiczki mogą być potrzebne do interakcji z ekranami dotykowymi, podczas gdy rękawice te muszą być odpowiednie dla ratowników medycznych wykonujących swoje codzienne obowiązki. Ponadto interakcja użytkownika musi być zminimalizowana, aby ratownik mógł skoncentrować się na zadaniu ratunkowym, gdy jest wspierany przez inteligentne technologie. Podczas procesu rewolucjonizowania sposobu wsparcia ratowników medycznych, ratownicy medyczni muszą zostać przeszkoleni w zakresie niezbędnych umiejętności technicznych, bez wpływu na ich regularny harmonogram udzielania pomocy w nagłych wypadkach. Ponadto konieczne będzie połączenie standardowych procedur operacyjnych z rzeczywistymi wzorcami operacyjnymi, aby umożliwić modelowanie ryzyka, analizę ekonomiczną zdrowia oraz ocenę wydajności metod nadzoru i strategii łagodzenia skutków w różnych scenariuszach ratowniczych.

Bezpieczeństwo i prywatność

Pomyślne wdrożenie inteligentnej karetki pogotowia zależy od wymiany informacji o pacjencie, takich jak ostatnie czynności, zażywanie narkotyków i wskaźniki zdrowotne. Biorąc pod uwagę, że jest wysoce nieprawdopodobne, aby wszystkie informacje niezbędne do diagnozy i prognozowania były przechowywane w samodzielnym, dedykowanym urządzeniu, to znaczy, że takie informacje są prawie na pewno przechowywane w zwykłym konsumenckim urządzeniu elektronicznym, które z natury jest uniwersalne. Nieodłącznym wyzwaniem jest udostępnienie ratownikom medycznym wszystkich niezbędnych informacji zdrowotnych bez wyraźnej zgody pacjenta (jest to niezwykle ważne, ponieważ pacjent może nawet nie być przytomny, gdy jest pod opieką ratownika). Jednocześnie absolutnie żadne inne informacje nie mogą być udostępniane ratownikowi medycznemu ani nikomu na miejscu zdarzenia. Fakt, że inteligentne środowisko karetek pogotowia zawiera tak wiele różnych typów podłączonych urządzeń z różnymi metodami połączenia, stanowi wyzwanie w zakresie bezpieczeństwa, zapewniając ochronę wielu możliwych punktów ataku w całej sieci.

Wnioski

Inteligentna karetka składa się z sieci połączonych urządzeń medycznych, czujników i urządzeń pomocniczych do noszenia noszonych przez ratowników medycznych i obejmuje urządzenia konsumenckie noszone przez pacjentów. Platforma IoT służy jako pomost łączący ratowników medycznych zarówno z pacjentami, jak i siecią szpitalną, która zapewnia wsparcie od wyszukiwania historii medycznej pacjenta po otrzymaniu zdalnego wsparcia w celu zapewnienia leczenia na miejscu zdarzenia. Poręczne i nieinwazyjne czujniki są istotnymi elementami w środowisku IoT, które wspierają ciągłe monitorowanie stanu zdrowia pacjenta, zapewniając ratownikom znacznie lepszy obraz pacjenta niż to, co mogą zaoferować tradycyjne metody praktyk medycyny ratunkowej. Jednym z głównych wyzwań związanych z łączeniem urządzeń pacjentów z systemem opieki zdrowotnej jest to, że konsumenckie urządzenia medyczne różnych producentów nie zawsze łączą się przy użyciu tych samych protokołów, co powoduje problemy związane z kompatybilnością międzyplatformową urządzeń ratowników medycznych i opieki zdrowotnej konsumentów, gadzety bez żadnych standardów, oprócz problemów związanych z prywatnością i bezpieczeństwem. Postępy w technologii noszenia na ciele i wzrost zapotrzebowania na niezawodne usługi ratownicze w sytuacjach krytycznych pomagają w ogromnym wzroście wsparcia ratowników medycznych za pomocą Internetu Rzeczy w medycynie ratunkowej. Wykorzystując IoT w inteligentnym środowisku karetki, dane z różnorodnych urządzeń i bioczujników dostarczają ważnych informacji w czasie rzeczywistym, aby zapewnić najlepszą terapię początkową. W tym rozdziale opisano wykorzystanie IoT otaczającego szkielet telemedycyny w medycynie ratunkowej z podłączonymi urządzeniami i czujnikami gromadzącymi informacje o pacjencie poprzez wielostrumieniową analizę danych. Dzięki bezpośredniemu połączeniu między

szpitalem a karetką IoT nie tylko wspiera ratowników medycznych prowadzących akcję ratowniczą, ale także zapewnia ciągłą niezawodność operacyjną inteligentnej karetki poprzez aktualizację danych autodiagnostycznych w centralnej bazie danych urzędów medycznych, podobnie jak w przypadku zapisywania osób dokumentację medyczną pacjenta w celu podjęcia działań, takich jak wymiana baterii lub innych materiałów eksploatacyjnych. W normalnych warunkach centrum reagowania nie musi być alarmowane, ponieważ archiwizacja danych i generowanie alertów responsywnych odbywa się automatycznie. Ręczna interwencja jest konieczna tylko w przypadku nieplanowanej konserwacji i aktualizacji systemu. Technologia prognostyczna umożliwi ostrzeżenie administratora o wszelkich problemach z systemem przed całkowitą awarią, dzięki czemu można podjąć odpowiednie działania naprawcze. Przyszłe badania i rozwój w dziedzinie IoT w medycynie ratunkowej będą wiązać się z integracją mobilnego uczenia się i monitorowania procedur operacyjnych w zapewnianiu leczenia. Takie usprawnienia ułatwią zarówno dalsze szkolenia, podnoszące umiejętności ratowników medycznych, jak i zmniejszą ryzyko błędów ludzkich. Co więcej, integracja technologii przetwarzania wideo umożliwi wykrywanie zagrożeń w celu prewencyjnego ostrzegania ratowników medycznych o wszelkich niebezpieczeństwach otaczających miejsce zdarzenia. Ulepszenia obejmą 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 implantacji – wbudowane chipy i inne czujniki do monitorowania stanu fizjologicznego – podobnie jak elektroniczne plastry i elektroniczne tatuaże, które służą jako czujniki (Motti i Caine, 2015). 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 swoim 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, interfejsów użytkownika i mocy obliczeniowej zostanie również opracowana większa integracja między platformami, aby pacjenci mogli jednocześnie monitorować wiele aspektów swojego zdrowia, co pozwala na bardziej holistyczną perspektywę nie tylko dotyczącą jednego stanu lub objawu, ale zamiast tego. zajęcie się szerszym kontekstem pacjentów borykających się z wieloma kwestiami związanymi ze zdrowiem. W miarę jak systemy IoT stają się wszechstronne wraz z coraz większą liczbą podłączonych urządzeń i czujników pojawiających się w branży opieki zdrowotnej, zaawansowane systemy karetek będą skuteczniej wspierać ratownictwo, maksymalizując szansę na przeżycie większej liczby pacjentów w przewidywalnej przyszłości.