

PEN – Elektronikus Személyi Nővér

Tóth András, Vajda Lóránt, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány (BZAKA) – Ipari Kommunikációs Technológiai Intézet (IKTI)

Dr. Vajda Ferenc, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Gyakori probléma az egészségügyi távfelügyeleti rendszerek esetében a lassan megoldhatatlanná váló, megfelelő sűrűségű, személyes ellenőrzés biztosítása. Ennek megoldására mutatunk be egy vezeték nélküli távfelügyeleti rendszert, amely képes a betegek kórházban és kórházon kívüli autonóm őrzésére. Az elsődleges cél egy valós idejű beteg-felügyelő rendszer kialakítása, amelyet a szolgáltatás mobil egységéről Elektronikus Személyi Nővérnek neveztünk el. A rendszer alapvető elvei a skálázhatóság, modularitás és megfizethető kialakítás. A beteg egészségügyi jeleinek, mint például a vérnyomásának, véroxigénjének vagy EKG jelének mérését egy mobil egység végzi, amelyben megtörténik a mért jelek előzetes feldolgozása és szűrése is. Az információk ezután – a vezetékes vagy vezeték nélküli módon – egy feldolgozó és megjelenítő központi rendszerbe kerülnek.

A common problem in Telecare systems is that the physician and nurses are unable to be with a patient with sufficient frequency. This paper introduces a wireless telecare system for patients in and out of the hospital. The primary goal of this study is to establish real time monitoring the vital signs of the patients in a system called the Personal Electric Nurse (PEN). The main features of the system are the scalability modularity and cost effective development, in a “plug&play” fashion. The biomedical data for each patient, such as ECG, blood pressure and body temperature are preprocessed at a mobile device. The system is able to monitor the vital data of the patients and send it on the most reliable and effective wired or wireless communication channel.

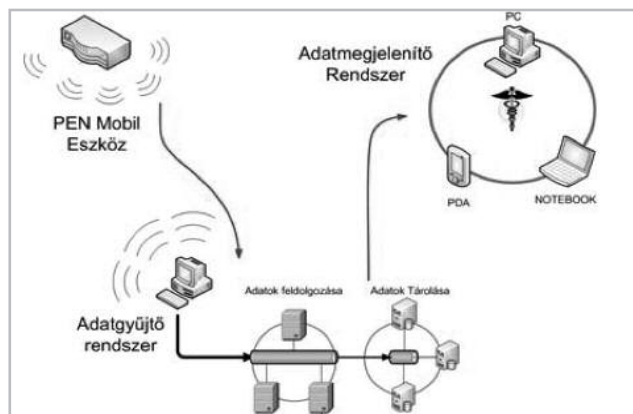
BEVEZETÉS

Manapság egyre nagyobb hangsúlyt kap az idősödő társadalom egészségügyi problémájának hatékony megoldása. Ennek megvalósítására több lehetőség is kínálkozik. Az egyik legfontosabb kritérium, hogy a közösség idősebb tagjai minél jobb és gondoskodóbb ellátásban részesüljenek. Sajnos az öregedő társadalom jellemzője, hogy a kereső rétegre egyre nagyobb teher hárul. A jövőben a fejlődés fenntartása érdekében ezeket a terheket csökkenteni kell. Sajnos ez a két jelenség ellentmond egymásnak. Másik hasonlóan fontos probléma az olyan betegek megfigyelése és ápolása, akik éppen műtét előtti, illetve műtét utáni állapotban vannak. Az olyan betegek ellátása szintén problémás, akik bizonyos szempontból veszélyben vannak a

betegségük miatt, de mégsem szorulnak szigorú személyes ellátásra.

Az orvosi rendszerek folyamatos fejlődése elérhető távolságba helyezi napjainkra az olyan rendszerek létrehozását, amelyek megoldást nyújthatnak a fent említett problémákra. Lehetővé válik, hogy az ápolott személyek életjeleit egy értelmezhető formában kapjuk meg. Az adatok feldolgozásakor az orvos és a szakmai személyzet sokkal hatékonyabban diagnosztizálhat, ha a mérések az ápolott állapotát a lehető legátfogóbban jellemzik. Az új rendszerek készítése közben egyre nagyobb teret hódítanak az olyan tanuló algoritmusok, amelyek képesek lehetnek egy ilyen alkalmazásban mintavételezni az ápolott általános életjeleit. Így a rögzített és mért jellemzők közti különbségek azonnal észrevehetővé válnak. A vészhelyzet észlelésének segítségével egy arra felkészült egészségügyi személyzet könnyen és gyorsan intézkedhet.

A rögzített életjelek nem csak sürgősségi ellátás kezdeményezésére használhatóak, hanem a Nyugat-Európában fontos a preventív gyógyászat egyik fontos eszköze lehet. A gyűjtött adatok feldolgozásával olyan trendek válnak tanulmányozhatóvá, amely számtalan krónikus betegség akut romlásának bekövetkezését jelezhetik előre. A vizsgálat eredménye hasznos információt nyújthat olyan folyamatok felfedezéséhez, amelyek egy adott betegség kialakulásához vezethetnek (1. ábra).



1. ábra
Általános rendszerfelépítés

A Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány egyik intézete, az Ipari Kommunikációs Technológiai Intézet (IKTI), céljával tűzte ki az olyan rendszerek kutatását és fejlesztését, amelyek megoldhatják a felvetett problémákat. Az IKTI égisze alatt olyan rendszerek és részmegoldások születtek már, amelyek az életben is bizonyították hasznosságukat és használhatóságukat.

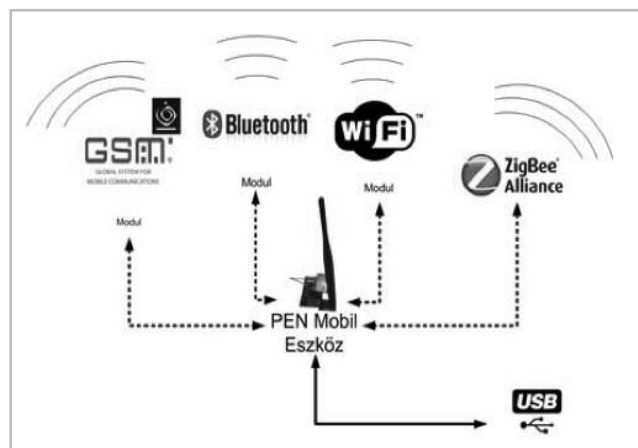
KÖLTSÉG OPTIMALIZÁLÁSI ELVEK

Az ambiens támogatott életvitel (AAL – Ambient Assisted Living) megvalósítására fejlesztett rendszerek tanulmányozása során több olyan hiányosságot fedeztünk fel, amelyek megoldását célul tűztük ki a saját szolgáltatásunk kidolgozása előtt. Általános tapasztalat, hogy a már létező rendszerek továbbfejlesztése hatékonyabb, sikeresebb és használhatóbb eredményre vezet. A már rendelkezésre álló megoldások továbbfejlesztése azért nem volt járható út, mert a szükséges eszközök és dokumentációk rendkívül megrágitották volna az általunk elképzelt rendszert. Ez ellentétben áll azzal az alapkritériummal, hogy a rendszer a lehető legalacsonyabb költség mellett legyen képes a maximális használhatóságot biztosítani. Ezek a feltételek a mi esetünkben új alapok kialakítását tették szükségessé.

Több olyan általánosan elvárható kritériumot fogalmazunk meg magunknak a tervek készítése során, amelyet az egészségügyben megtalálható rendszerek vizsgálatával, valamint egészségügyi szakemberekkel egyeztetések során gyűjtöttünk.

Az első és az egyik legfontosabb kritérium, hogy a rendszernek olcsón előállíthatónak kell lennie. A költségcsökkentés egyik legbiztonságosabb módszere a kipróbált, széles körben elterjedt technológia használata. Ennek a módszernek a legjobb következménye, hogy a beépített egységek már kipróbáltak és a legtöbb hibájukat már kijavították a már megvalósított alkalmazások tapasztalatai alapján. A nagy darabszám pedig biztosítja az alacsony beszerzési költséget. Természetesen ez a kritérium határokat szabhat a rendszer hardver igényét illetően, de a rendszer szoftver moduljain keresztül mégis teljesíthetőek a szigorú követelmények.

A költségcsökkentés nem csak a hardver modulok megfelelő megválasztásával érhetőek el. Az ingyenesen használható, nyílt forráskódú programkód fejlesztésével tovább csökkenthető a szükséges fejlesztési anyagi ráfordítás, amely végeredményben a késztermék költségeit csökkenti (2. ábra).



2. ábra
Adatgyűjtő egység kommunikációs lehetőségei

A fejlesztési tervek megvalósítása során egy olyan mintarendszerben dolgoztunk, amely biztosítja mind a hardver közeli szoftverszint, mind a magasabb szintű protokollok megvalósításának ingyenes fejlesztőkörnyezetét.

A fejlesztőkörnyezet és a használt programozási nyelv kiválasztása három külön szinten folyt. Elsőként fontos a hardver közeli szoftverfejlesztő környezet akkurátus és hatékony kiválasztása. Ebben az esetben mindenképpen tartott szabnak a választott elektronikai egységek programozási tulajdonságai. A másik szint, amely az érzékelők és vezérlő egységek hálózatának vezérlésével, valamint az adatok mozgatásával foglalkozik. A harmadik szinten pedig a szolgáltatások adatfeldolgozó és megjelenítő szoftver moduljai találhatók meg.

Az alacsonyabb szintű szoftverek kritériumai mind a nagy adatsebesség és az alacsony energiafogyasztás elérését szolgálják. Magasabb szinten pedig a mérési eredmények begyűjtéséből kell a lehető legtöbb információt kinyerni az ápoló személyről. Arra kell törekednünk, hogy a két egymással részben ellentétben álló kritérium között megtaláljuk a legoptimálisabb kompromisszumot. A legnagyobb kihívást az jelenti a rendszer számára, hogy hogyan tudja megoldani a beteg adatainak minél inkább zökkenőmentes szolgáltatását és az adatok átviteléhez használt rádiós egységek energiafogyasztásának minimálisra csökkentését, a lehető leghatékonyabb módon.

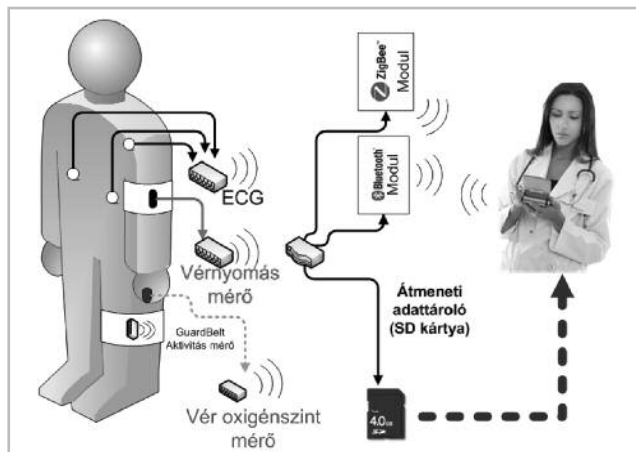
Az egyik lehetséges megoldás a költségek csökkentésére a moduláris felépítésű rendszermodell alkalmazása. Ebben az esetben a rendszer egységei együttesen biztosítják a működést, viszont a szolgáltatások és mérő egységek könnyedén és veszély nélkül ki- és bekapcsolhatók. Ezzel megoldhatjuk, hogy a beteg környezetéhez és megfigyelni kívánt jeleihez idomíthatjuk a mérőrendszert.

A rendszer moduláris felépítésű a kommunikációs csatornák tekintetében is (2. ábra). Ezzel elérhető, hogy az ápoló környezetének megfelelően, egy WIFI környezetben, csak WIFI kommunikációs csatornát működtetünk, vagy például egy tanyasi otthonban GSM/UMTS eszközt csatlakozunk az adatgyűjtő egységhez, amely egy központi rendszerbe továbbítja a gyűjtött adatokat.

PEN EGYSÉG KIFEJLESZTÉSE

A rendszer tervezési szempontjait figyelembe véve, egy teljes rendszer terveit állítottuk fel. Ebben három fő egység található (3. ábra). A rendszer magját képezi egy olyan elektronikai egység, amelyet a megfigyelt/felügyelt személyen kell elhelyezni. Feladata, hogy az ápoló megfigyelésére a környezetben telepített szenzorok jeleit összegyűjtse és feldolgozza. Az összegyűjtött szenzorjelek ebben az egységben egy előfeldolgozáson és szűrésen esnek át. Korai fázisban megállapíthatóak azok a devianciák az egészségügyi jelekben, amelyek lehetőséget adnak korai vészjelzések generálására.

A rendszer másik fontos alkotóeleme az adatgyűjtő rendszer. Legfőbb feladata, hogy a vezérlő egység által már



3. ábra
A PEN egység használata

részben feldolgozott, szűrt és tömörített adatokat átvegye és a nagyobb számítási kapacitás birtokában egy központi számítógépes rendszerben feldolgozza a későbbi megjelenítés és kiértékelés érdekében. A feldolgozási algoritmusok eredményét a rendszerben található adattároló egységeknek továbbítja.

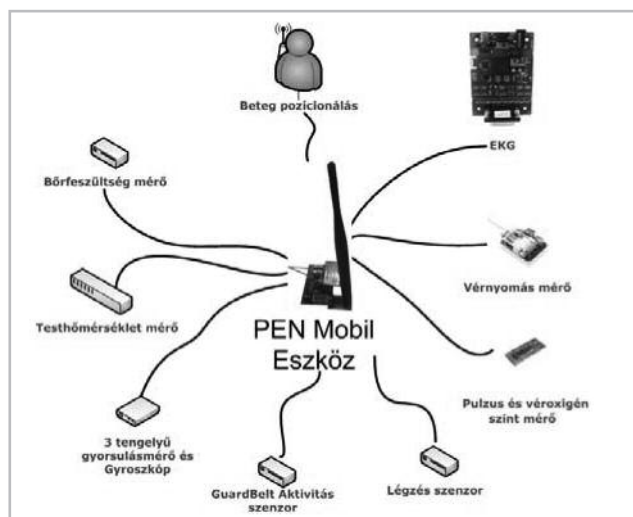
Fontos szolgáltatás az adatok megjelenítése, amely segítségével az egészségügyi személyzet tájékozódhat az ápolott állapotáról és a jellemző egészségügyi jeleiről. Az orvos már egy korai diagnózist is kap az esetleges problémákról, amely az ápoltnál lévő egységtől és az adatfeldolgozó egységtől is származhat.

A rendszer modularitását többféle szinten oldottuk meg. Egyrészt a kommunikációs egységek cserélhetőségét valósítottuk meg Bluetooth és Zigbee technológiával. A továbbiakban tervezzük még a WIFI és GSM csatoló illesztését a rendszerhez. Így a rendszer kiépítésnél a mobil egységhez azt a modult kell csak egyszerűen csatlakoztatni az eszközhöz, amelyhez a technológia a környezetben rendelkezésre áll. A működési biztonság növelése érdekében e kommunikációs vonalak számát növelni is lehet, így az egység a legalacsonyabb energiafogyasztás mellett használható és a legszélesebb átvitelrel bíró eszközt használja fel az adatok továbbítására. A kommunikációs lehetőségek kombinálásával el lehet érni a megfigyelhetőség határának kitolását is, így a beteg az otthonától távol is felügyelet alatt lehet.

PEN MOBIL ESZKÖZ ÁLTAL HASZNÁLHATÓ SZENZOROK

A rendszer egyik legfontosabb feladata az életjeleket figyelő szenzorok adatainak begyűjtése. Ehhez többféle szenzor kezelhetőségét valósítottuk meg. A rendszer jelenleg több olyan szenzort is tud kezelni, amelyek folyamatos megfigyelésre alkalmasak (beteg útvonala, aktivitása a környezetben, testhőmérséklete), valamint olyan szenzorokat, amelyek mérési fázisai periodikusan többször ismétlődnek a nap folyamán (vérnyomásmérés, EKG vizsgálat, vér oxigénszint-mérés) (4. ábra). Ezek a szenzorok nincsenek folyamatos

kapcsolatban az elektronikus vezérlő egységgel, viszont a rendszer figyelmeztet a mérések elvégzésére, amelyek eredménye automatikusan átkerül a mobil egységbe vezeték nélküli vagy vezetékes kommunikációs csatornán.



4. ábra
PEN egység által használt szenzorok

A rendszer egyik fontos alapötlete volt, hogy képes legyen a legtöbb gyártó orvosi szenzorjaival együttműködni. Ez azzal biztosítható, hogy egy szenzor rendszerbe való bejelentkezése után a mobil egység megkeresi a hozzá tartozó vezérlő szoftver modult. Ez a meghajtó modul vagy a háttértárban helyezkedik el, vagy pedig a központi adatgyűjtő egységtől letölthető. Így egyfajta „plug&play” rendszert alakíthatunk ki. A rendszer fejlesztése során egyre több gyártó egysége lesz a rendszer számára elérhető. A későbbiekben, így az ápolott könnyedén bővítheti a megfigyelt információkat a polcra megvásárolható általános szenzorokkal is.

A mobil egység számára az adatfeldolgozó modul elviekben mindig elérhető. Abban az esetben, ha ez mégsem lehetséges, akkor van szükség az elektronikus nővér egység háttértároló szolgáltatására. A mobil egység folyamatosan tárolja az előfeldolgozott szenzor adatokat és abból csak a szükségeseket küldi el a hálózaton. Az eltárolt adatok egy PDA vagy notebook számára is egyszerűen felhasználhatóak a rendszer SD memória kártyájából (Secure Digital Card). Amikor az egészségügyi személyzet meglátogatja az ápolott személyt, akkor könnyedén letöltheti a nála lévő eszközbe és a helyszínen az elődiagnosztizált értékekből intézkedhet az egészségügyi ellátásról.

BETEG MONITOROZÁS

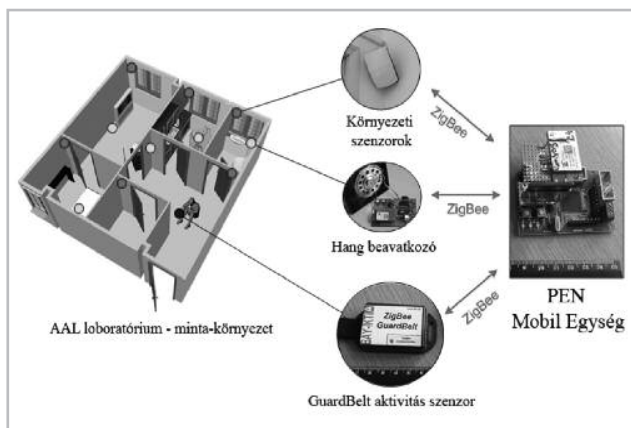
A rendszer terveit egy otthoni felügyeleti alkalmazás kritériumai mentén hoztuk létre. A fejlesztési időszak végén egy olyan megoldást kaphatunk, amely képes egy egységes felügyeleti szolgáltatáscsomagot nyújtani azon személyek számára, akiknek folyamatos ellenőrzésre van szüksége. Ugyanakkor olyan életvitelt biztosíthat az emberek számára, amelyben sokkal komfortosabban érezheti magát, így a gyógy-

gyulás és a javulás esélye is jóval nagyobb. Nem mellékes szempontként a kezdeti beruházások eredményeképpen hosszútávon az öregedő társadalom miatt a fiatalokra háruló növekvő terhelés problémáját is enyhíti, ezáltal is elősegítve a fenntartható fejlődést. A rendszer terveinek megalkotása és a megvalósítás során az egészségügyi szakemberekkel történő egyeztetések alatt felvetődött az egészségügyi intézetben történő felhasználás is. Már a tervek során megvizsgáltuk ennek lehetőségét. A rendszer tartalmazza azokat a lehetőségeket, amely képessé teheti, akár egy kórterem összes betegének megfigyelését és egységes kezelését (5. ábra).

TOVÁBBFEJLESZTÉSI IRÁNYOK

A már létező rendszerekhez képest egy flexibilisebb és összetettebb megoldás megvalósításán dolgozunk. A rendszer minden egyes moduljának elkészülését követően, a minta-laboratóriumban vizsgáljuk hatékonyságát és használhatóságát. Az alrendszerrel a valós életben is szeretnénk kipróbálni, amely reményeink szerint igazolja a mintarendszerben elért eredményeket.

Fontos, hogy további olyan modulokkal bővítsük és fejlesszük a rendszert, amely jól kiegészíti és teljesebbé teheti



5. ábra
PEN mintakörnyezet

a megfigyelő rendszer működését. Minél több szenzor adatai állnak rendelkezésünkre, annál összetettebb diagnózis készítésére lesz a rendszernek lehetősége. A legfontosabb cél a jövőben, hogy a betegségek kiváltó okait felfedezhessük a szenzorok adatai között, így a betegségeket még kialakulásuk előtt jelezhetjük, valamint az információk alapján az egészségügyi szakemberek megkezdhetik a megelőzéshez szükséges ellátást is.

A SZERZŐK BEMUTATÁSA



Tóth András (toth@ikti.hu) 2008-ban végzett és szerzett MSc diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatika karán, műszaki informatikusként. Ugyanebben az évben kezdte ugyancsak a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem doktori



Vajda Lóránt (vajda@ikti.hu) 2000-ben végzett és szerzett MSc diplomát a Temesvári Műszaki Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai karán. Ugyanebben az évben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi egyetemen végezte el a doktori (PhD) iskolát. 2003-



Dr. Vajda Ferenc (vajda@iit.bme.hu) 1998-ban szerzett villamosmérnöki és 2001-ben orvosbiológiai mérnöki diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. PhD fokozatát

iskolájában PhD tanulmányait, intelligens rendszerek témában. 2008-tól ösztöndíjas kutató a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány (BZAKA) Ipari Kommunikációs Technológiai Intézetében (IKTI). Főbb kutatási területei az orvosi mérés-technikai rendszerek, intelligens betegfelügyelet és szenzorhálózati technológiák. A doktori tanulmányok közben, a BME-n és a BZAKA-ban is több nemzetközi és nemzeti együttműködésben is részt vett.

ban vendégkutatóként dolgozott a koreai KETI intézetben, Szöulban. 2005-től a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány (BZAKA) Ipari Kommunikációs Technológiai Intézetében (IKTI) kutató állásban van. Főbb kutatási területei az otthonfelügyeleti rendszerek és szenzorhálózatok. Úgy a BME, mint a BZAKA berkein belül több nemzeti és nemzetközi együttműködésben is részt vett.

ugyanítt szerezte meg 2006-ban. Jelenleg docensként dolgozik az egyetem Irányítástechnika és Informatika Tanszékén. Kutatási területe elsősorban az ember-gép interakció, virtuálisvalóság-rendszerek és az AAL kérdésköréhez kapcsolódó kép- és jelfeldolgozás.