

A última década do uso de dispositivos da internet das coisas durante a triagem de pacientes no Departamento de Emergência - um Mapeamento Sistemático

The last decade of the use of internet of things devices during patients triage in the Emergency Department - a Systematic Mapping study

La última década del uso de dispositivos de internet de las cosas durante la triaje de pacientes en el Servicio de Urgencias - un Mapeo Sistemático

Guilherme Wunsch¹, Cristiano André da Costa¹, Rodrigo da Rosa Righi¹, Kleinner Farias de Oliveira¹

RESUMO

Descritores: Triagem;
Informática Médica;
Revisão

Objetivo: Esse artigo apresenta um mapeamento sistemático de literatura sobre a triagem de pacientes no departamento emergência de hospitais fazendo o uso dos dispositivos inteligentes da Internet das Coisas. **Método:** Para isso, 533 artigos foram encontrados em diversas fontes de pesquisa; onde, após aplicados critérios de exclusão, restaram 16 artigos que foram analisados em profundidade. **Resultado:** Identificamos que a maioria dos modelos propõem um sistema, apoiando o processo de triagem através do monitoramento de pacientes. Por isso, diminuir o balanço entre a adição de dispositivos utilizados em relação ao aumento da complexidade do sistema e o desenvolvimento de padrões internacionais para as aplicações da Internet das coisas são os principais desafios. **Conclusão:** Esperamos que esse trabalho represente um primeiro passo para apoiar pesquisadores nos estudos dessa área e encoraje-os a estender esse estudo.

ABSTRACT

Keywords: Triage;
Medical Informatics;
Review

Objective: This article presents a systematic mapping of the literature on patient triage in the emergency department of hospitals using the smart devices of the Internet of Things. **Method:** For this, 533 articles were found in several sources of research; Where, after applying exclusion criteria, there were 16 articles were further analyzed. **Result:** We identified that most of the models propose a system, supporting the triage process through patient monitoring. Therefore, reducing the balance between the addition of devices used in relation to increasing system complexity and the development of international standards for the Internet of things are applications the main challenges. **Conclusion:** With this, we hope that this work represents a first step in supporting researchers in the field studies and encourages them to extend this study.

RESUMEN

Descriptores: Triaje;
Informática Médica;
Revisión

Objetivo: En este artículo se presenta un mapeo sistemático de la literatura sobre la triaje de pacientes en los hospitales al servicio de urgencias que hacen uso de dispositivos inteligentes de la Internet de las cosas. **Método:** Para ello, 533 artículos fueron encontrados en diversas fuentes de investigación; donde después de los criterios de exclusión aplicados, 16 artículos que se quedaron fueron analizados en profundidad. **Resultados:** Hemos encontrado que la mayoría de las publicaciones sobre este tema presentan uno sistema, apoyando el proceso de triaje mediante el control de los pacientes. Por lo tanto, disminuyendo el equilibrio entre la adición de dispositivos en relación con el aumento de la complejidad del sistema y el desarrollo de normas internacionales para las aplicaciones de Internet de las cosas son los principales retos. **Conclusión:** Con esto, esperamos que este trabajo represente un primer paso para apoyar a los investigadores en los estudios en esta área y animarlos a ampliar este estudio.

¹ Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

INTRODUÇÃO

Triagem é um processo realizado em hospitais que visa classificar os pacientes de acordo com sua necessidade de cuidados. Quando bem efetuado, esse processo pode, potencialmente, aumentar as chances de vida dos pacientes com alto grau de complicações, guiando o tratamento e correto diagnóstico que é posteriormente realizado. Isso vai ao encontro do uso de tecnologias móveis, visto que um profissional da área necessita de mobilidade para desempenhar suas tarefas⁽¹⁾.

No contexto geral, observamos que tecnologias, como o uso de *tablets*, *smartphones* e *wearables* estão cada vez mais comuns e inseridas em nosso cotidiano. A Computação ubíqua (ou computação pervasiva) é usada para descrever a onipresença dos computadores no cotidiano das pessoas. Com a miniaturização desses computadores e a criação de objetos inteligentes interconectados entre si, surgiu o conceito de Internet das coisas. Esse conceito promete criar um mundo onde todos os objetos ao redor são conectados a Internet e se comunicam uns com os outros sem a necessidade de intervenção humana⁽²⁾. A Internet das coisas para cuidados de saúde tem emergido recentemente como uma abordagem para cuidados de saúde personalizados. Esse conceito já é amplamente utilizado em diversos estudos⁽³⁻⁹⁾.

Atualmente, é possível encontrar estudos de revisão de literatura que falam de *e-health* (ou seja, o uso de internet voltada à saúde) na emergência⁽¹⁰⁾. Também existem revisões bibliográficas sobre *m-health* voltado à emergência⁽¹¹⁾. Esse conceito, por sua vez, adota o uso de dispositivos móveis na área da saúde. Quanto à Internet das coisas, foi possível encontrar revisões de literatura semelhantes ao trabalho proposto, entretanto, esses trabalhos não focam no departamento de emergência.

Em função disso, a proposta geral desse artigo é encontrar e classificar artigos publicados que aplicam dispositivos da Internet das coisas durante o processo de triagem de pacientes no departamento de emergência de hospitais. Isso foi feito através de um modelo de comparação que visa criar um entendimento completo sobre o estado da arte desse tema. Nesse caso, foi realizado um estudo de mapeamento sistemático de literatura⁽¹²⁾ para a) examinar essas contribuições produzidas ao longo do tempo, e b) categorizar as abordagens publicadas para criar um modelo de comparação. Este método foca-se na coleta de dados estatísticos relativos a um conjunto de questões de pesquisa e fornece uma base de conhecimento para futuras pesquisas em determinado tema.

Este artigo está estruturado em cinco seções. A segunda seção fala sobre o método de pesquisa utilizado. Na sequência, a terceira seção apresenta os resultados obtidos. A quarta traz a discussão desse trabalho. Por fim, a conclusão é apresentada na quinta seção.

MÉTODO

Essa seção descreve o objetivo, questões de pesquisa e as etapas da execução do mapeamento sistemático de literatura.

Objetivo e questões de pesquisa

Essa pesquisa foi fundamentada em três pilares: triagem de pacientes no contexto do departamento de emergência; dispositivos da Internet das coisas, ou seja, como esses aparelhos estão presentes; e, por fim, as técnicas ou abordagens, sendo assim, quais são as técnicas ou abordagens empregadas nos artigos analisados. Com isso, o objetivo geral dessa pesquisa foi analisar como se relaciona os dispositivos da Internet das coisas com a triagem de pacientes dentro do departamento de emergência em hospitais e quais são as técnicas ou abordagens utilizadas nos modelos propostos.

Guiado pelo objetivo geral, descrito anteriormente, foram elaboradas as seguintes questões de pesquisa: a) Como a computação apoia o processo de triagem no departamento de emergência? b) Quais são os tipos de dispositivos, da Internet das coisas, utilizados durante a triagem de pacientes? c) Quais são as técnicas ou abordagens empregadas para a triagem de pacientes?

Estratégia de pesquisa

Foram utilizadas dez fontes de pesquisa (buscadores e acervos digitais de artigos) reconhecidas mundialmente na área da saúde e ciência da computação. No nosso ponto de vista, entendemos que são muito apropriadas para esse mapeamento sistemático de literatura, pois elas agregam inúmeros trabalhos publicados em periódicos, revistas, conferências e simpósios que são de qualidade reconhecida pela comunidade de pesquisadores da área. Esse mapeamento sistemático se limitou a utilizar apenas dados obtidos diretamente nessas fontes de pesquisa. Ou seja, não foi utilizada nenhuma técnica de *snowballing* ou pesquisa manual para ampliar o universo desse estudo.

Crítérios de inclusão e exclusão

Foram usados os seguintes critérios para incluir estudos no mapeamento sistemático: A pesquisa limitou-se a artigos publicados em formato digital em algum periódico, revista, conferência ou simpósio; artigos que propõem algum modelo que visa empregar dispositivos da Internet das coisas para a triagem de pacientes no contexto do departamento de emergência; e artigos publicados na última década.

Para a exclusão aplicamos os seguintes critérios: a) Artigos não escritos em língua inglesa; b) Artigos que não são de alguma conferência, simpósio ou periódico internacional; c) Livros e literatura cinzenta (produções publicadas por organizações fora dos canais de publicação e distribuição comerciais ou acadêmicos); d) Artigos que não estão relacionados com a triagem de pacientes na emergência; e) Artigos que não estão relacionados com Internet das coisas; (f) Artigos que não estão relacionados com alguma técnica ou método empregado; (g) Artigos duplicados; (h) Artigos com nível muito baixo de abstração; (i) Artigos menos representativos de uma série de publicações derivadas de um mesmo artigo.

Dados extraídos

Para apoiar a análise do estado da arte foi elaborada uma tabela comparativa visando sumarizar as informações

extraídas dos artigos. Os dados dessa tabela são: a) dados explícitos ou implícitos relacionados aos critérios de inclusão e exclusão: local da publicação, idioma da publicação e artigos derivados e b) demais informações relacionadas com as questões de pesquisa.

Sendo assim, com foco nas questões de pesquisa, cada artigo foi categorizado quanto ao seu apoio computacional, ou seja, como a tecnologia da informação apoia o processo triagem de pacientes; quais os dispositivos da Internet das coisas foram utilizados durante processo de triagem; e quais técnicas ou abordagens são empregadas nesses artigos.

Execução

A execução da pesquisa consistiu em executar a estratégia de pesquisa, descrita na subseção anterior. A busca por artigos foi efetuada durante o período de novembro de 2016 a fevereiro de 2017 e obteve como

resultado inicial 533 artigos relacionados. As ferramentas utilizadas para apoio a esse mapeamento sistemático foram Mendeley* e Microsoft Excel**. Em cada etapa uma pasta no Mendeley foi criada visando agrupar todas as referências que não haviam sido filtradas nas etapas anteriores. E, sempre que possível, durante a aplicação dos filtros uma tabela Excel, contendo os dados extraídos, era preenchida. Os resultados obtidos em cada passo foram agrupados por fonte de pesquisa até sua combinação.

Dos 533 artigos, após seis etapas de filtragem e uma de combinação, restaram 16, listados no Quadro 1. Durante cada etapa, em que foram aplicados os critérios de exclusão, os artigos filtrados foram analisados por todos os autores desse trabalho. Entre uma etapa e outra, artigos que não se encaixavam com segurança nos critérios de exclusão eram novamente analisados na etapa posterior.

Quadro 1 - Artigos selecionados no mapeamento sistemático

Ref.	Título	Ref.	Título
(4)	A dynamic multi-attribute utility theory-based decision support system for patient prioritization in the emergency department	(13)	Investigation of photoplethysmogram morphology for the detection of hypovolemic states
(14)	Critical Elements and Lessons Learnt from the Implementation of an RFID-enabled Healthcare Management System in a Medical Organization	(7)	MEDiSN: Medical Emergency Detection in Sensor Networks
(5)	Design of a Multi-Priority Triage Chair for Crowded Remote Healthcare Centers in Sub-Saharan Africa	(15)	Multi-Sources Data Fusion Framework for Remote Triage Prioritization in Telehealth
(16)	Embracing Big Data for Simulation Modelling of Emergency Department Processes and Activities	(8)	Non-invasive measurement of respiratory rate in children using the photoplethysmogram
(17)	Experimental Evaluation of IEEE 802.15.4/ZigBee for Multi-patient ECG Monitoring	(18)	Performance evaluation of ZigBee-based wireless sensor network for monitoring patients' pulse status
(19)	Factors related to monitoring during admission of acute patients	(20)	Smart Personal Health Manager: A Sensor BAN Application: A Demonstration
(21)	FPGA Based Wireless Emergency Medical System for Developing Countries	(9)	Teletoxicology: Patient Assessment Using Wearable Audiovisual Streaming Technology
(6)	Human Health Behavior Detection using Bio Sensors and Classification by Wearable Tags in Smart Spaces	(22)	Transmission of patient vital signs using wireless body area networks

RESULTADOS

Essa seção apresenta o detalhamento dos resultados obtidos para cada questão de pesquisa. Em conjunto, uma análise quantitativa dos dados coletados foi efetuada a fim de identificar padrões e questões de pesquisa ainda abertas.

Apoio computacional ao processo de triagem

A análise quantitativa efetuada mostrou que a maioria dos trabalhos selecionados (9 artigos) apoiam computacionalmente o processo de triagem através de um sistema para monitoramento de pacientes, ou seja, identificar os pacientes, monitorar seus sinais vitais e sua

localização. Por outro lado, 5 artigos se preocupam em desenvolver sistemas de apoio a decisão, orientando a correta triagem e diagnóstico dos pacientes. Sistemas de gestão de saúde são apresentados em apenas 2 dos artigos selecionados, como podemos observar na Figura 1. Esses sistemas se preocupam com a gestão de recursos do departamento de emergência, gestão de medicações e agendamento de pacientes.

Dispositivos da Internet das Coisas durante a triagem de pacientes

Além do apoio computacional ao processo de triagem, também analisamos os dispositivos da Internet das coisas utilizados durante esse processo. A Tabela 1

* Disponível em <https://www.mendeley.com>.

** Disponível em <https://www.microsoft.com>.

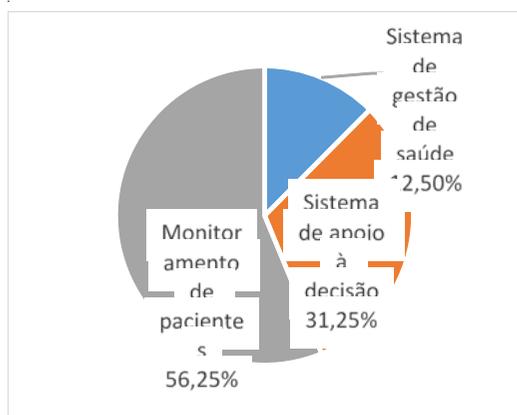


Figura 1 - Gráfico com o resultado do apoio computacional ao processo de triagem.

mostra esse resultado sumarizado, contendo o dispositivo, quantidade de artigos que fazem o uso do mesmo e suas referências. É possível observar que os *smartphones* são encontrados nas abordagens analisadas (3 artigos). Por outro lado, dispositivos vestíveis e sensores, para monitorar os sinais vitais dos pacientes, como o sensor de eletrocardiograma (8 artigos) e o oxímetro de pulso (5 artigos) são os mais presentes, reafirmando o grande interesse no monitoramento de pacientes. Como podemos observar, existe também um certo interesse no monitoramento das condições do ambiente do departamento de emergência, pois sensores de umidade do ar (2 artigos) e de temperatura do ambiente (2 artigos) também são encontrados.

Nesse mapeamento sistemático encontramos dispositivos menos relevantes que são utilizados durante o processo de triagem de pacientes no departamento de emergência. Estes, foram agrupados em uma única categoria, como pode ser observado na Tabela 1.

Técnicas ou abordagens utilizadas nos artigos

Visando um melhor entendimento da análise efetuada para a questão de pesquisa relacionada ao terceiro pilar dessa revisão sistemática de literatura, foi elaborado um gráfico. Nele, como se pode observar na Figura 2, é possível visualizar o resultado contendo as abordagens ou técnicas utilizadas nos artigos selecionados.

Dentre elas, o emprego de sistemas durante o processo de triagem no departamento de emergência é o mais utilizado. Ele aparece em 8 artigos selecionados. A criação de uma técnica para o uso durante a triagem de pacientes

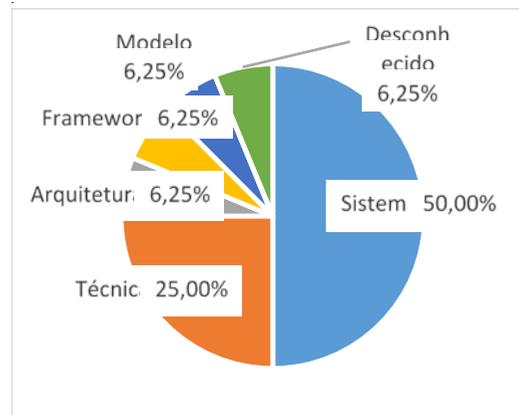


Figura 2 - Gráfico com o resultado das técnicas ou abordagens utilizadas.

em conjunto com dispositivos da Internet das coisas está presente em outras 4 abordagens. Arquiteturas, frameworks e modelos estão presentes, cada um em apenas um artigo. Por outro lado, em um dos artigos não foi possível efetuar essa classificação, pois seu artigo foi baseado apenas na análise do monitoramento de pacientes durante o processo de triagem.

DISCUSSÃO

Uma análise preliminar dos 16 artigos representativos selecionados concluiu que a maioria dos trabalhos contidos nesse tema está direcionado ao controle e cuidado no que diz respeito ao monitoramento de pacientes, ou seja, seus sinais vitais e sua localização. Além disso, em sua maioria, os artigos apresentam algum sistema ou técnica para apoiar a triagem de pacientes. Isto se mostra interessante, pois constata que as soluções nesse tema de pesquisa não são apenas teóricas. Nas soluções propostas, os dispositivos mais presentes foram, em ordem, o sensor de eletrocardiograma, oxímetro de pulso, oxímetro de dedo, RFID, sensor de umidade do ar e *smartphones*. Isso não só reafirma o interesse no monitoramento dos pacientes, mas também demonstra o interesse nas condições do ambiente e, também, mostra que os *smartphones* são os principais dispositivos para interação direta com os profissionais da área de saúde e pacientes.

O balanço entre a adição de mais fontes de monitoramento e o aumento da complexidade do sistema ainda é uma questão de pesquisa aberta⁽¹⁵⁾. Além disso, o desenvolvimento de padrões internacionais para aplicações

Tabela 1. Dispositivos da Internet das coisas utilizados nos artigos selecionados.

Dispositivo	Referências
Bracelete para pressão arterial: 2	(4) (5)
Cinta de peito: 2	(4) (20)
Sensor de eletrocardiograma: 8	(5) (17) (19) (21) (6) (13) (7) (15)
Oxímetro de dedo: 3	(4) (13) (18)
Oxímetro de pulso: 5	(5) (19) (6) (7) (8)
RFID: 3	(14) (16) (6)
Sensor de fluxo de ar: 2	(5) (8)
Sensor de temperatura do ambiente: 2	(6) (20)
Sensor de umidade do ar: 2	(6) (20)
Smartphone: 3	(21) (6) (15)
Outros: 13	(6) (5) (20) (22) (9)

que utilizam objetos da Internet das coisas em conjunto com a tecnologia médica⁽¹⁴⁾ é uma questão que ainda precisa ser trabalhada. Algo que está sempre presente na maioria das áreas de pesquisa, e também presente na área médica, são o limite de recursos financeiros, falta de informações disponíveis, falta de treinamento pessoal e as questões de segurança, pois devemos proteger a solução contra o vazamento de informações sensíveis de pacientes⁽¹⁴⁾.

Em relação à sistemas de apoio a decisão voltados à triagem de pacientes na emergência de hospitais, durante sua utilização, lições são aprendidas com a experiência dos usuários e esses sistemas ficam ultrapassados. Uma tendência futura é construir sistemas que sejam dinâmicos e que se ajustem conforme as experiências recentes dos enfermeiros⁽⁴⁾. Ainda sobre esses sistemas, outra tendência é analisar as queixas de histórico médico passadas, ou seja, utilizar os contextos históricos para prever avaliações futuras⁽⁴⁾.

Em sistemas de rastreamento e monitoramento de pacientes e recursos podem ser desenvolvidos experimentos mais complexos que analisem a interferência dos dispositivos da Internet das coisas com os dispositivos médicos já utilizados em um ambiente hospitalar^(14,17). Além disso, o resultado da emissão da radiação emitida pelo rádio desses dispositivos em contato com os seres humanos ainda é uma questão aberta (6). Os objetos da Internet das coisas possuem uma autonomia muito reduzida, pois seu tamanho é limitado, portanto diminuir o consumo de energia e otimizar a utilização de rede é uma tendência futura⁽⁷⁾. Por fim, utilizar técnicas de inteligência artificial e mineração de dados para aumentar a elegibilidade das informações coletados diretamente de pacientes e recursos⁽¹⁴⁾, com o intuito de, por exemplo, avaliar a relação entre a carga de monitoramento do paciente e outros aspectos, como a ativação dos times de emergência ou a taxa de mortalidade de pacientes (19) também é outra tendência futura.

REFERÊNCIAS

1. Farion K, Michalowski W, Wilk S, O'Sullivan DM, Rubin S, Weiss D. Clinical decision support system for point of care use: ontology driven design and software implementation. *Methods Inf Med.* 2009;48(4):381-90.
2. Atzori L, Iera A, Morabito G. The internet of things: a survey. *Comput networks.* 2010; 54(15): 2787-805.
3. Moreira LB, Namen AA. Sistema preditivo para a doença de Alzheimer na triagem clínica. *J. Health Inform.* 2016 Jul/Set;8(3):87-94.
4. Claudio D, Kremer EO, Bravo-Llerena W, Freivalds A. A dynamic multi-attribute utility theory-based decision support system for patient prioritization in the emergency department. *IIE Trans Healthcare Syst Engineering.* 2014;4(1):1-15.
5. Kumaran S, Nsenga J. Design of a multi-priority triage chair for crowded remote healthcare centers in Sub-Saharan Africa. *Proceeding of the International Symposium on Intelligent Systems Technologies and Applications;* 2016 Set 21-24; Jaipur, India: Springer; 2016. p. 903-11.
6. Sravani K, Kumar PS. Human health behavior detection using bio sensors and classification by wearable tags in smart spaces. *Int J Inovat Technol.* 2015 Aug; 3(6):851-6.
7. Ko J, Lim JH, Chen Y, Musvaloiu-E R, Terzis A, Masson GM, et al. MEDiSN: Medical emergency detection in sensor networks. *ACM Transactions Embedded Comput Syst (TECS).* 2010 Aug;10(1):11.
8. Fleming S, Tarassenko L, Thompson M, Mant D. Non-invasive measurement of respiratory rate in children using the photoplethysmogram. *Proceeding of the 2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society;* 2008 Aug 20-25; Vancouver, BC, Canada: IEEE. p.1886-9.
9. Skolnik AB, Chai PR, Dameff C, Gerkin R, Monas J, Padilla-Jones A, et al. Teletoxicology: patient assessment using wearable audiovisual streaming technology. [HYPERLINK" https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Teletoxicology%3A+Patient+Assessment+Using+Wearable+Audiovisual+Streaming+Technology."](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Teletoxicology%3A+Patient+Assessment+Using+Wearable+Audiovisual+Streaming+Technology) \o "Journal of medical toxicology : official journal of the American College of Medical Toxicology." *J Med Toxicol.* 2016 Dec;12(4):358-64.
10. Díez IdlT, Garcia-Zapirain B, Méndez-Zorrilla A, López-Coronado M. Monitoring and follow-up of chronic heart failure: a literature review of ehealth applications and systems. *J Med Syst.* 2016 Jul;40(7):1-9.
11. Herscovici N, Christodoulou C, Kyriacou E, Pattichis M, Pattichis C, Panayides A, et al. m-Health e-Emergency Systems: current status and future directions. *IEEE*

CONCLUSÃO

O presente trabalho foca na triagem de pacientes no departamento de emergência de hospitais fazendo o uso de dispositivos da Internet das coisas. A principal contribuição científica desse trabalho foi organizar os conteúdos relacionados ao objetivo dessa pesquisa de forma hierárquica e apresentar as tendências futuras e os principais desafios desse tema de pesquisa.

Nós observamos que a maioria das publicações nesse tema apresentam um sistema apoiando computacionalmente o processo de triagem através do monitoramento de pacientes. Também identificamos que os objetos da Internet das coisas mais utilizados durante a triagem de pacientes são sensor de eletrocardiograma e oxímetro de dedo e de pulso.

Os principais desafios que permanecem abertos nesse tema de pesquisa são: diminuir o balanço entre a adição de dispositivos utilizados em relação ao aumento da complexidade do sistema, como construir sistemas de apoio à decisão que sejam mais dinâmicos e que se ajustem conforme experiências recentes dos enfermeiros e o desenvolvimento de padrões internacionais para as aplicações da Internet das coisas na triagem de pacientes.

Como oportunidades de trabalhos futuros podemos estender esse estudo para entender como cada um dos modelos emprega os conceitos da Internet das coisas nas técnicas/abordagens desenvolvidas. Além disso, também é importante analisar se o uso desses modelos contribuiu positivamente ou negativamente no processo de triagem. Ou seja, o tempo de espera e os índices de mortalidade diminuíram? O trabalho dos profissionais da área se tornou mais eficaz, mais rápido e menos custoso?

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a CAPES, CNPQ e FAPERGS pelo apoio dado a essa pesquisa.

- Antennas Propag Mag. 2007;49(1):216-31.
12. Kitchenham B, Brereton PO, Budgen D, Turner M, Bailey J, Linkman S. Systematic literature reviews in software engineering - a systematic literature review. *Inform Soft Technol.* 2009 Jan;51(1):7-15.
 13. Cox P, Madsen C, Ryan KL, Convertino VA, Jovanov E. Investigation of photoplethysmogram morphology for the detection of hypovolemic states. *Proceeding of the 2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*; 2008 Aug 20-25; Vancouver, BC, Canada: IEEE. p. 5486-9.
 14. Ting S, Kwok SK, Tsang AH, Lee W. Critical elements and lessons learnt from the implementation of an RFID-enabled healthcare management system in a medical organization. *J Med Syst.* 2011;35(4):657-69.
 15. Salman OH, Rasid MFA, Saripan MI, Subramaniam SK. Multi-sources data fusion framework for remote triage prioritization in telehealth. *J Med Syst.* 2014; 38(9):1-23.
 16. Kuo YH, Leung JM, Tsoi KK, Meng HM, Graham CA. Embracing Big Data for Simulation modelling of emergency department processes and activities. *Proceeding of the 2015 IEEE International Congress on Big Data*; 2015 Oct 29 - Nov 01; Santa Clara, CA, USA: IEEE; 2015. p.313-16.
 17. Fernández-López H, Correia JH, Simões R, Afonso JA. Experimental evaluation of IEEE 802.15. 4/ZigBee for multi-patient ECG monitoring. *Proceeding of the International Conference on Electronic Healthcare*; 2010 Nov 21-23; Málaga, Spain: Springer; 2010.p.184-91.
 18. Niswar M, Ilham AA, Palantei E, Sadjad RS, Ahmad A, Suyuti A, et al. Performance evaluation of ZigBee-based wireless sensor network for monitoring patients' pulse status. *Proceeding of the HYPERLINK "https://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=6659469" International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*; 2013 Out 7-8; Yogyakarta, Indonesia; 2013.
 19. Schmidt T, Bech CN, Brabrand M, Wiil UK, Lassen A. Factors related to monitoring during admission of acute patients. *Clin Monit Comput.* 2017 Jun;31(3):641-9.
 20. Ayyagari D, Fu Y, Xu J, Colquitt N. Smart personal health manager: A sensor ban application: a demonstration. *Proceeding of the 2009 6th IEEE Consumer Communications and Networking Conference.* 2009 Jan 10-13; Las Vegas, Nevada; 2009.
 21. Agarwal S, Rani A, Singh V, Mittal A. FPGA based wireless emergency medical system for developing countries. *Proceeding of the Annual Global Online Conference on Information and Computer Technology (GOCICT).* 2015 Nov 4-6; Louisville, KY, USA; 2015. p. 80-4.
 22. Chen B, Pompili D. Transmission of patient vital signs using wireless body area networks. *Mobile Networks Applic.* 2011;16(6):663-82.