

ŽMOGAUS ŽINGSNIŲ IDENTIFIKAVIMAS TALPINIAIS JUTIKLIAIS

Vytenis Sinkevičius^a, Daiva Stanelytė^b

^a Klaipėdos valstybinė kolegija

^b Lietuvos energetikos institutas

Anotacija. Žmogaus žingsnių judesio identifikavimas aktualus meno srityse, kai yra naudojamos interaktyvios ekspozicijos ar papildytos realybės sistemos, reaguojančios į lankytojo žingsniavimą, jo judėjimo greitį ir kryptį. Straipsnyje analizuojamos galimybės atpažinti žmogaus žingsnio judesius be papildomų priemonių, kurios dedamos ant žmogaus ar jo drabužių. Čia panaudotas atviro kondensatoriaus principas su papildomo harmoninio elektrinio lauko poveikiu aplinkai.

Raktiniai žodžiai: žmogaus žingsnių identifikavimas; talpiniai jutikliai.

IVADAS

Žmonių fizinio aktyvumo stebėjimo sistemos naudojamos labai plačiai ir įvairiausiais tikslais (Lombardi, 2013). Sistemos, kurios identifikuoja žmogaus judėjimo stebimoje zonoje faktą, naudojamos apsaugos signalizacijai įjungti, judančių objektų apskaitą vykdyti ar tiesiog įjungti apšvietimą tam žmogui. Čia nesvarbu kaip, koku greičiu ir kokiais judesiais juda žmogus. Sudėtingesnės sistemos atpažįsta žmogaus pozą (Ganapathi, 2012): stovintis, sėdintis ar guli nukritęs ant grindų (Memon, 2014). Analizuojant pozų pasikeitimus yra tyrinėjamas žmogaus aktyvumas uždarose patalpose – apskaičiuojama kiek padaryta žingsnių, koku greičiu juda žmogus (Ni, 2015). Gulintis ant grindų žmogus dažniausiai signalizuoja, kad jam nedelsiant reikia pagalbos. Tokios sistemos gali padėti sveikatos priežiūros specialistams pagyvenusių žmonių namuose arba reabilitacijos centruose (Bygholm, 2015).

Sistemos, kurios analizuoja kaip žmogus žingsniuoja (Rahman, 2015), šoka, šokinėja ar bėga, šiuo metu dažniausiai naudojamos tyrimams. Jie atliekami įvairiais tikslais, pradedant nuo žmogaus ėjimo judesių analizės ir baigiant batų testavimu. Čia jau reikia identifikuoti kaip atskiri kojų pado taškai prisispaudžia prie grindų – gauti slėgio pasiskirstymo į grindis kitimą laike.

Žmogaus žingsnių judesio identifikavimas aktualus įvairiose meno srityse, kai yra naudojamos interaktyvios ekspozicijos ar žaidimai, reaguojantys į dalyvio kojų judėjimą, greitį ir kryptį.

Jei sistema naudojama muzikiniams projektams, aktualu žinoti ir pakeltų kojų atstumą iki grindų (Delden, 2016). Tai informacija, kuri inicijuoja garso, šviesos stiprio keitimą ar generuoja kokį nors akustinį, šviesos efektą. Šiame darbe analizuojama galimybė panaudoti kojų judesio identifikavimo sistemą taip, kad žingsniavimas paprastomis grindimis generuotų garsus, imituojančius žmogaus ėjimą per vandenį, skaldą, stiklo duženas ir kt.

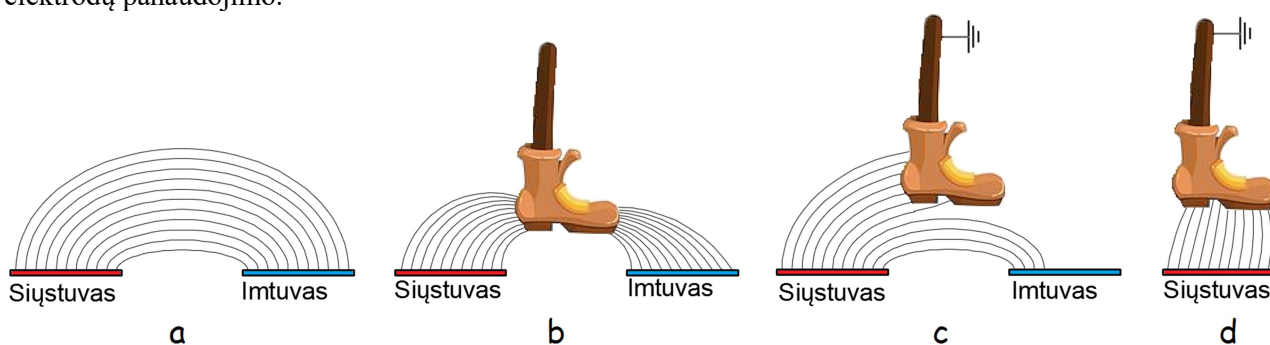
Įranga, kuri naudojama žmonių fizinio aktyvumo stebėjimo sistemose, yra įvairi (Gafurov, 2007). Gana tiksliai galima identifikuoti žmogaus judesius, kai ant jo kojų pritvirtinti pagreičio jutikliai (Bao, 2004), batų paduose įtaisyti slėgio jutikliai arba ant drabužių yra šviesos markeriai kompiuterinės regos sistemai (Yang, 2009). Tačiau tokios sistemos netinkamos, jei kuriama „neįkyri“ stebėjimo sistema – jokių jutiklių ant žmogaus, o pati stebėjimo sistema yra nematoma aplinkoje. Tokius kriterijus beveik atitiktų kompiuterinės regos priemonės: „Microsoft Kinect“, kameros ar išmaniosios kameros. Kompiuterinės regos priemonės gerai dirba su vienu vartotoju, atpažįsta jo kūno dalių judesius (Salah, 2011). Uždarose patalpose baldai, patalpų konstrukcijos tampa trikdžiais tokioms sistemoms. Tačiau sunku paslėpti kamerų objektyvus, nes reikia, kad kamera matytų žmogų. Be to, vaizdo kameros visuomet kelia privatumo problemų - ką galima stebėti, o ko negalima. Jautrios slėgiui grindys (Lombardi, 2015) būna dviejų tipų – tai stacionariai įrengtos grindys arba slėgiui jautrūs kilimėliai (Vezzani, 2015), kurie lengvai pernešami į reikiamą vietą. Abu variantai labai patrauklūs, tačiau jie tik fiksuoja pėdų slėgio jėgas. Taip galima gauti slėgio į grindis pasiskirstymą, tačiau atstumo nuo grindų iki pakeltos kojos tokios sistemos negali nustatyti.

Šiame darbe analizuojamas atviro kondensatoriaus principas su papildomo harmoninio elektrinio lauko poveikiu aplinkai, kuris leidžia identifikuoti kūnus esančius ant ar virš grindų (Braun, 2015).

TYRIMO TECHNIKA

Talpinių jutiklių veikimas pagrįstas talpio matavimu tarp dviejų ar daugiau elektrodų. Vienas iš elektrodų gali būti žmogaus kūno dalys, mūsų atveju tai būtų žmogaus kojos su pėdomis. Žmogaus drabužių ar apavo savybės elektrostatiniam laukui, kuris susikuria tarp matavimo sistemos elektrodų, įtakos praktiškai nedaro. Vienintelis apavo veiksnys yra bato pado storis, kuris apriboja pėdos priartėjimą prie elektrodų. Patys elektrodai dažniausiai yra patalpinti po kokia nors gumine, plastmasine ar medine danga, tam, kad apsaugoti elektrines grandines ir pačius elektrodus nuo mechaninių poveikių, drėgmės ar purvo. Tokiu būdu elektrodai ir visa matavimo sistema yra nepastebimi ir taip išpildo „neįkyrios“ matavimo sistemos reikalavimus. Patys elektrodai gaminami iš aliuminio folijos – pigi ir lengva medžiaga. Folija gali būti priklijuota prie nešančių paviršių arba patalpinta į lankstų apvalką. Atskirais atvejais naudojamas stiklotekstolitas, padengtas vario folija.

Talpiniai jutikliai naudoja tris pagrindinius matavimo būdus: siūstuvo, šuntavimo ir apkrovos (Valtonen, 2012). Atviro kondensatoriaus jutiklis turi siūstuvo elektrodą. Imtuvo elektrodas dažniausiai patalpintas jam lygiagrečiai (1 pav., a). Matavimo būdas priklauso nuo objekto elektrinių savybių ir elektrodų panaudojimo.



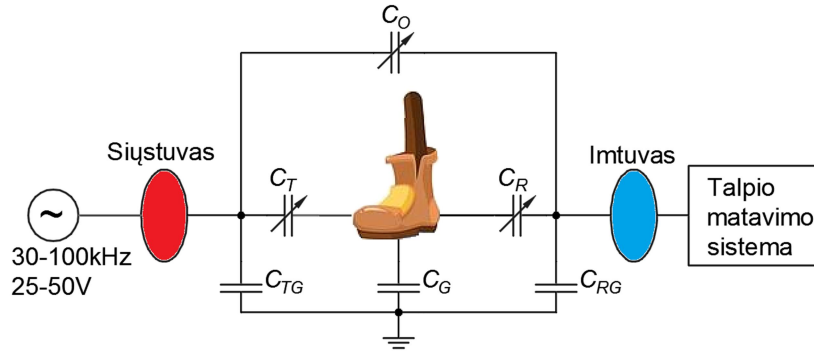
1 pav. Atviro kondensatoriaus talpinių jutiklių matavimo būdai: (a) jutiklis be objekto; (b) objektas kaip elektrodas tarp siūstuvo ir imtuvo; (c) lauko šuntavimo, (d) objektas kaip apkrova

Visas matavimo schemas aprašo sujungimų elektrinė schema, kurioje parodyti pagrindiniai kondensatoriai (2 pav.). Talpiui matuoti naudojamas nedidelės amplitudės žemo dažnio signalas (30-100 kHz). Tam, kad būtų išvengta aplinkos triukšmų, matavimo scheme būtinas juostinis filtras. Jei jokio objekto tarp elektrodų nėra, tada tarp siūstuvo ir imtuvo elektrodų yra C_0 talpis. Šio talpio dydis priklauso nuo elektrodų plotų, atstumo tarp jų ir išdėstymo erdvėje (vienas šalia kito, orientuoti kampais vienas į kitą ar vienas virš kito). Elektrodų išdėstymas erdvėje sąlygoja parazitinių talpių, kurie sujungia šiuos elektrodus su žemės potencialu, C_{TG} ir C_{RG} dydžius.

Siūstuvo metode talpa tarp siūstuvo ir imtuvo elektrodų pradeda keistis kai į elektrostatinį elektrodų lauką patenka elektrai laidus kūnas, mūsų atveju tai žmogaus kojos su pėdomis (1 pav., b). Žmogaus kūnas nurodytų dažnių diapazone yra labai geras laidininkas. Elektrai laidus kūnas ir jo paviršius tampa papildomu elektrodu, kuris yra lygiagretus siūstuvo ir imtuvo elektrodams. Kūnas, artėdamas prie jutiklio elektrodų, didina talpą tarp siūstuvo ir imtuvo elektrodų. Šiuo atveju talpis tarp siūstuvo ir žmogaus kūno C_T arba tarp priimančiojo elektrodo ir žmogaus kūno C_R yra daug didesnis negu talpis tarp žmogaus kūno ir žemės C_G (2 pav.). Jei kūnas tuo pačiu metu yra virš abiejų elektrodų, tai talpiai C_T ir C_R keičiasi beveik vienodai. Praktiškai, žmogaus kūnas padidina papildomo elektrodo plotą reikšmingu dydžiu ir sumažina atstumą tarp matuojančių elektrodų (Valtonen, 2011).

Šunto metode talpis tarp žemės potencialo ir žmogaus kūno C_G yra žymiai didesnis nei C_T ar C_R talpiai tarp matavimo elektrodų ir žmogaus kūno (1 pav., c). Čia žmogaus kūnas šuntuoja elektrinį lauką į žemę ir tampa sunkiau išmatuoti C_T ir C_R talpius. Šiuo atveju įžeminimas gali būti realizuotas tiesiogiai, prie žmogaus kūno prijungtas įžeminantis laidas (toks variantas tinkamas tik tyrimo sistemoms). Kitais atvejais netoli žmogaus yra didelio ploto (siena ar lubos) įžemintas elektrodas, taip atsiranda gana didelės reikšmės C_G talpis. Šioje matavimo scheme, įžemintam kūnui artėjant prie elektrodų, tarpelektrodo talpis mažėja.

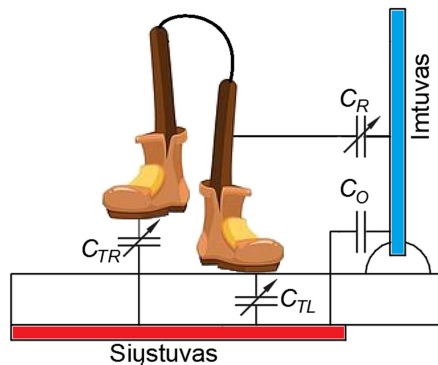
Apkrovos metode yra matuojama siūstuvo elektrodo išėjimo srovė, kadangi kūnas yra įžemintas, o imtuvo elektrodo nėra (1 pav., d). Įžeminimas, kaip ir šunto metode, gali būti tiesioginis arba panaudotas įžemintas didelio ploto elektrodas. Čia dominuoja C_T talpis. Pats metodas patogus, kadangi naudojamas tik vienas elektrodas.



2 pav. Atviro kondensatoriaus talpinio jutiklio matavimo schema

Kuriant žmogaus žingsnių atpažinimo sistemą, buvo atsižvelgta į specifines jos taikymo sąlygas. Čia nereikia identifikuoti žmogaus pozicijos erdvėje, užtenka atpažinti žmogaus žingsniavimo ar stovėjimo vietoje fazes. Judesys dažniausiai vyksta linija, iš anksto paruoštais, pakankamai siaurais, takeliais nuo vieno eksponato iki kito. Žingsniavimo fazėse reikia išskirti atskirų kojų kilimo ir leidimosi fazes. Aukščio kitimo greitis ir kryptis bus panaudota generuoti įvairius akustinius ar optinius efektus. Taigi, domina tik kaip kilnojasi kojos – kyla ar leidžiasi. Žmogaus žingsniams identifikuoti buvo pasirinkta dviejų ilgų (takelio ilgio) elektrodų sistema. Siųstuvo elektrodas paguldytas horizontaliai po apsauginiu sluoksniu, o imtuvo elektrodas yra pastatytas vertikaliai. Pats elektrodas gali būti panaudotas kaip interjero elementas ir tuo pačiu yra takelį ribojanti plokštuma. Supaprastinta žingsnių identifikavimo matavimo schema pateikta 3 pav. (Kivimaki, 2013).

Modelyje C_{TR} ir C_{TL} yra kondensatorių talpos tarp siųstuvo ir abiejų kojų pėdų - dešinės ir kairės pėdos atitinkamai. Žingsniuojant pusę laiko viena pėda yra atremta į grindis, talpis tarp jos ir siųstuvo nesikeičia. Tuo metu kita koja virš grindų ir talpis tarp jos ir grindų, didėjant pakėlimo aukščiui, mažėja. Žmogaus kojos tarpusavyje elektriškai sujungtos, todėl talpis C_R tarp kūno ir imtuvo praktiškai nedaug priklauso nuo kojų judesio.



3 pav. Žingsnių identifikavimo sistemos schema

Matavimo sistemos jautriui padidinti gali būti panaudotas antrasis imtuvo elektrodas priešingoje takelio pusėje. Taigi, šioje kondensatorių grandinėje talpiai C_{TR} ir C_{TL} yra sujungti lygiagrečiai. Talpis tarp siųstuvo ir imtuvo elektrodų C_O priklauso tik nuo elektrodų dydžio ir jų išdėstymo. Šis talpis nesikeičia ir yra išmatuojamas tada, kai tarp siųstuvo ir imtuvo elektrodų nieko nėra. Tai atliekama vieną kartą, prieš pradėdant sistemai dirbti.

Darbe nebuvo analizuotos situacijos, kai žingsnių identifikavimo sistemos taku eina du, trys ar daugiau žmonių. Taip pat nebuvo tyrinėta, kokią įtaką turi batų pado forma – batai su aukštais kulnais ar kulniukais.

IŠVADOS

1. Pasirinktas talpinis žmogaus žingsnių identifikavimo būdas, kadangi tokios sistemos turi būti „nematomos“ ir „neįkyrios“ vartotojams.

2. Matavimo sistema, naudojanti siūstuvo ir imtuvo elektrodus, gali būti priderinta prie aplinkos, kadangi šie elektrodai vienas kito atžvilgiu gali būti išdėstyti vienoje plokštumoje, statmenai ar vienas prieš kitą.

3. Žingsnių identifikavimo sistema naudoja tik du ilgus elektrodus, kurie patalpinti iš anksto paruoštame take.

LITERATŪRA

- Bao L., Intille S. S. (2004). *Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data*. In: Ferscha A., Mattern F. (eds) *Pervasive Computing. Pervasive 2004. Lecture Notes in Computer Science*, vol 3001.
- Braun, A., Wichert, R., Kuijper, A., & Fellner, D. (2015). Capacitive proximity sensing in smart environments. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 7(4), 483-510.
- Bygholm, A., & Kanstrup, A. (2015). *The Living Challenge of Ambient Assisted Living – a literature review*. Proceedings of the 13th Scandinavian Conference on Health Informatics, June 15-17, 2015, 89-92.
- Delden, R., Janssen, J., Stal, S., & Deenik, W. (2016). Personalization of Gait Rehabilitation Games on a Pressure Sensitive Interactive LED Floor. In: R. Orji, M. Reisinger, M. Busch, A. Dijkstra, A. Stibe, M. Tscheligi (eds.): *Proceedings of the Personalization in Persuasive Technology Workshop, Persuasive Technology 2016, Salzburg, Austria*, 60-73.
- Gafurov, D. (2007). *A Survey of Biometric Gait Recognition : Approaches , Security and Challenges*. NIK-2007 conference.
- Ganapathi, V., Plagemann, C., Koller D., & Thrun S. (2012) *Real-Time Human Pose Tracking from Range Data*. In: Fitzgibbon A., Lazebnik S., Perona P., Sato Y., Schmid C. (eds) *Computer Vision – ECCV 2012. ECCV 2012. Lecture Notes in Computer Science*, vol 7577, 738-752.
- Kivimaki, T., Vuorela, T., Valtonen, M., & Vanhala, J. (2013). Reliability of the TileTrack Capacitive User Tracking System in Smart Home Environment. *Telecommunications (ICT), 2013 20th International Conference on*, 1-5
- Lombardi, M., Pieracci, A., Santinelli, P., & Vezzani, R. (2013). *Human Behavior Understanding with Wide Area Sensing Floors*. In: *Human Behavior Understanding: 4th International Workshop, HBU 2013, Barcelona, Spain, October 22, 2013, Proceedings*, 112 -123.
- Lombardi, M., Vezzani, R., & Cucchiara, R. (2015). *Detection of Human Movements with Pressure Floor Sensors*. *Image Analysis and Processing ICIAP 2015, LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE*, vol. 9280, Genoa, Italy, p. 620 -630.
- Memon, M., Wagner, R., & Pedersen, C. (2014). *Ambient Assisted Living Healthcare Frameworks, Platforms, Standards, and Quality Attributes*. *Sensors*, 14, 4312-4341.
- Ni, Q., Hernando, A., & Cruz, I. (2015). *The Elderly's Independent Living in Smart Homes: A Characterization of Activities and Sensing Infrastructure Survey to Facilitate Services Development*. *Sensors*, 15, 11312-11362.
- Rahman, N., Kalpoma, K., & Hasan, T. (20015). Automated Person Identification System Using Walking Pattern Biometrics. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 6, Issue 9, 98-102.
- Salah, A., Gevers, T., Sebec, N., & Vinciarelli, A. (2011). Computer vision for ambient intelligence. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 3, 187–191.
- Vezzani, R., Lombardi, M., Pieracci, A., Santinelli, P., & Cucchiara R. (2015). *A General-Purpose Sensing Floor Architecture for Human-Environment interaction*. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems*, 5(2), 1-26.
- Valtonen, M., & Vuorela, T. (2012) *Capacitive User Tracking Methods for Smart Environments, New Approach of Indoor and Outdoor Localization Systems*, Fouzia Boukour Elbahhar and Atika Rivenq, *IntechOpen*, 113-138.

Valtonen, M., Kaila, L., Mäentausta, J., & Vanhala, J. (2011). Unobtrusive human height and posture recognition with a capacitive sensor. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 3 (2011) 305–332.

Yang, A., Jafari, R., Sastry, S., & Bajcsy, R. (2009). Distributed Recognition of Human Actions Using Wearable Motion Sensor Networks. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 1, 1–5.

Summary

Human step identification using capacitive sensing

Various electrical, wireless, video or other systems are used for the human body recognition in smart homes. They are perfect for localization of the human position - to determine where he is. Some systems recognize a person's posture: standing, sitting or falling down on the floor. Significantly fewer systems that allow the analysis of human activity without the use of additional equipment on the human body or clothing. Such systems analyze how a person moves, jumps or runs. Here it is necessary to identify leg movements relative to the floor surface. Human step identification is also relevant in the art, when interactive exposures are used that respond to the visitor's movement, speed and direction.

The possibilities of recognizing human-step movements are analyzed in this article. The system is designed for exhibitions, when people hold a dedicated path from one exhibit to the next. Their steps generate a variety of acoustic or light effects. The step identification system must recognize the movement of the leg - rising from the floor or reaching it. Without the use of sensors on the human body, such a motion can be identified only using image recognition systems or capacitive sensors. Capacitive sensor with transducer and receiver electrodes is selected, because of the "invisibility" of the system. The transmitter electrode is placed horizontally under the protective layer. The receiver electrode is vertical, used as a limiting barrier. The electrodes are positioned along the all path, where the effects are generated. Human legs and pads are like additional capacitor electrodes in this measurement system. In this way, the total measured capacitance between the transmitter and receiver electrodes depends on the distance from the foot to the floor. Capacity change makes it easy to identify the distance between the leg and the floor.

Conclusions:

1. The chosen method of identifying human steps is "invisible" to the user.
2. The measuring system uses two electrodes and can be adapted to the design of the environment.
3. This identification system uses only two long electrodes along the path.