

Bezvadū sensoru tīkla organizācija ātrai datu savākšanai

Dmitrijs Bliznuks¹, Valerijs Zagurskis^{2, 1,2} Riga Technical University

Kopsavilkums. Viens no bezvadū sensoru tīkla uzdevumiem ir savākt un nodot mērījumu rezultātus centrālajā mezglā. Mazas jaudas sensoru tīklos (IEEE 802.15.4) tradicionāli datu savākšanas cikls ir mērāms sekundēs vai pat stundās. Šajā rakstā tiek aplūkots Eiropas Savienības projekta pielietojums un tiek piedāvāts risinājums, kurš dos iespēju savākt datus ar frekvenci līdz pat 300 Hz. Līdz ar to piedāvātais bezvadū sensoru tīkls tiecas samazināt enerģijas patēriņu, lai to mezgli varētu strādāt pilnīgi autonomi.

Atslēgas vārdi: bezvadū sensoru tīkls, ātrā datu savākšana, zemkopība.

I. IEVADS

Bezvadū sensoru tīklu pielietojuma sfēras aug gan plašumā, gan dziļumā. Viena no šo tīklu pielietošanas sfērām ir zemkopība. Neskatoties uz to, ka jau pagājuši vairāk par desmit gadiem, kopš zemkopībā sāka izmantot bezvadū sensorus[1], joprojām nav izstrādāts vienots standarts šajā jomā. Tieši tas arī ir viens no Eiropas Savienības projekta – STRATOS[2] mērķiem. Vienota standarta izveidošana ir svarīga, jo katrs lauksaimniecības tehnikas ražotājs cenšas ieviest savu tehnoloģiju un rezultātā lauksaimniekam rodas papildus zaudējumi ar dažādu nesavietojamu iekārtu uzturēšanu.

Esošais ISOBUS (ISO 11783)[3] standarts apkopo sevī vairākas tehnoloģijas, kuras dod iespēju palielināt zemkopības darbu efektivitāti. Pētniecības projekta STRATOS mērķis ir izstrādāt tehnoloģijas, kas savietojamas ar ISOBUS standartu, kuras ļautu izmantot bezvadū sensoru tīklu priekšrocības, pielietojot tos reālā laika mērījumu iegūšanai no augsnes un to apstrādes iekārtām (sk. 1. att.).

Šī projekta ietvaros ir paredzēts izveidot bezvadū sensoru tīklu ar 140 mezgliem, kas būtu spējīgs vākt datus reālā laikā ar frekvenci līdz 300 Hz, kas ir izaicinājums mazas skaitļošanas jaudas bezvadū mezgliem. Tas ir izaicinājums, it īpaši tādēļ, ka šiem mezgliem ir pēc iespējas vairāk jātaupa enerģiju, jo tie izmanto autonomu barošanu. Izvēlēta mērījumu frekvence ir saistīta ar lauksaimniecības iekārtas (piemēram, traktors) braukšanas ātrumu. Bezvadū sensori ir izvietoti uz traktora piekabes un tiem jābūt spējīgiem kustības laikā savākt datus un reālā laikā nodot tos centrālajam mezglam.

Rakstā tiek aprakstīta bezvadū sensoru tīkla struktūra, to sasaiste ar pārējām STRATOS projekta komponentēm, kā arī definēta un notestēta vides piekļuves metode. Piedāvātais bezvadū sensoru tīkls būs spējīgs veikt projektā definētu uzdevumu. Kopā ar to aprakstītais tīkls var būt izmantots arī citās jomās, kur ir nepieciešama datu pārraide kritiskās laika robežās.

Raksta struktūra: II. sadaļā ir dota informācija par esošo situāciju bezvadū tīklu izmantošanai zemkopībā un rakstu apkopojums ātras datu savākšanas jomā. III. sadaļa satur

piedāvātā tīkla konfigurācijas aprakstu un atsevišķu metožu testēšanas rezultātus.

II. ESOŠĀ SITUĀCIJA

Pēdējo gadu rakstos bieži ir sastopams termins – „precīzā zemkopība” (Precision agriculture). Ar šo terminu saprot informācijas un iekārtu sistēmu, kas palielina zemkopības efektivitāti. Lai šāda sistēma varētu strādāt, tai ir vajadzīgi aktuālie dati par apstrādājamās teritorijas stāvokli. To var raksturot ar vairākiem parametriem, piemēram, augsnes mitrumu, temperatūru un ķīmikāliju koncentrāciju, u.c.. Apstrādājamās teritorijas ir pārāk lielas, lai cilvēks varētu pats izmērīt un ievadīt datus sistēmā. Liels teritorijas platums un attālums no centrālās sistēmas padara ekonomiski neizdevīgi vilkt vadus, tādējādi bezvadū datu pārraides tehnoloģijas kļūst par svarīgu elementu kopējā zemkopības efektivitātes palielināšanas procesā.

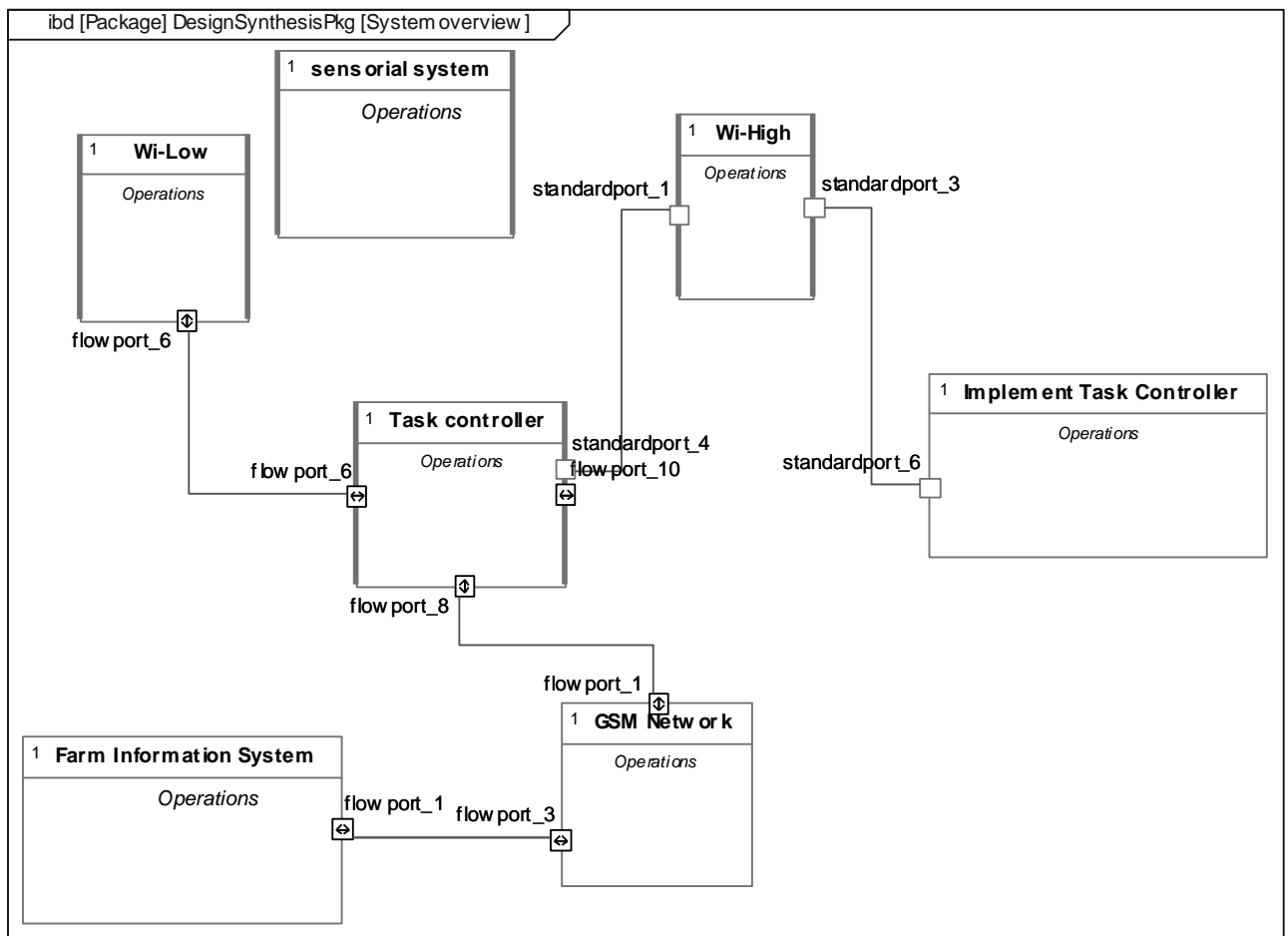


Augsnes parametru mērīšana kustībā	Piekabes rīku parametru kontrolē	Drošības signālu pārraide
------------------------------------	----------------------------------	---------------------------

1. att. Tīkla pielietojuma apraksts un prasības.

Zemkopībā lielākajā daļā no bezvadū sensoru lietojumiem datu savākšana notiek vien dažas reizes stundā [4]. Un viens no galvenajiem uzdevumiem ir palielināt sensoru mezglu autonomo darbošanās laiku. Parasti mezglu baro baterijas, un, lai saglabātu to enerģiju, tas ieslēdzas tikai mērīšanas laikā, nosūta datus un atkal pārslēdzas gaidīšanas režīmā. Tā kā mezgli ar sensoriem atrodas noteiktās un nemainīgās lauka pozīcijās, mērīšanas frekvenci nosaka tikai mērāmā fiziskā lieluma izmaiņu ātrums. STRATOS projekts paredz izvietot sensora mezglus tikai uz traktora piekabes. Tādēļ mērīšanas un pārraides frekvencēm ir jābūt atkarīgām no traktora kustības ātruma. Apskatot rakstus zemkopības jomā [4,5], var redzēt, ka šādu pieeju izmanto reti un mērīšanas frekvence nav lielākā par vienu hercu. Tomēr ātras

datu savākšanas uzdevums bezvadu tīklos nav jauns un eksistē Nākamajā nodaļā tiks izskaitļota maksimāla teorētiskā frekvence



2. att. Kopējā tīkla arhitektūra.

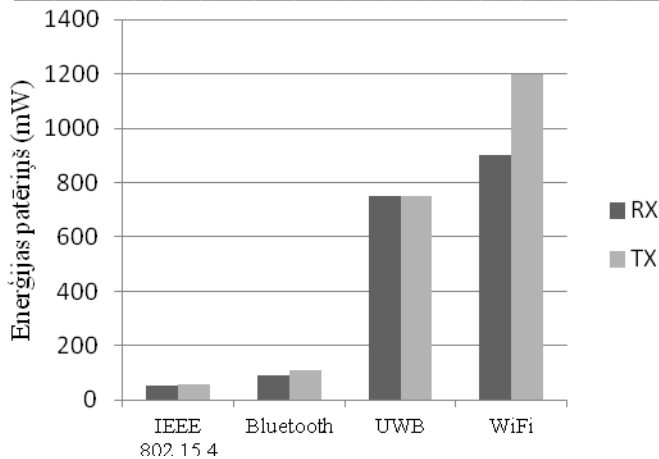
sistēmas, kas spēj to darīt. Turpmāk tiks apskatīti raksti, kas tiešā veidā nav saistīti ar zemkopību, bet tie piedāvā ātras datu savākšanas risinājumu bezvadu tīklu sistēmām.

Pirms esošo rakstu apskates, definēsim mūsu sistēmas prasības, par pamatu ņemot STRATOS projekta specifikācijas. Ir definēts, ka mērījumu pārraides frekvence ir 300 Hz, mezglu skaits ir 140, maksimāls attālums starp mezgliem – 20 metri. Līdz ar to mezgliem ir jātiecas samazināt enerģijas patēriņu.

Kalifornijas un Taivānas universitāšu sadarbības rezultātā tika izveidota EcoDAQ[6] sistēma, kuras mērķis ir savākt datus no elektrokardiogrāfiem. Izveidotās sistēmas specifikācijas ir sekojošas: mezglu skaits līdz 50, datu pārraides frekvence ir 200 Hz, mezgli ir izvietoti vienā kvadrātmetrā. Autori izmantoja hibrīdo laikdales daudzpiekļuves (TDMA) metodi un raidzvērēju ar 1Mbps datu pārraides ātrumu. Kā redzams, sistēma nenodrošina mūsu specifikācijas. Citos apskatītajos rakstos arī ir redzams, ka frekvence ir nepietiekama [7,8].

un parādītas problēmas, kuras samazina to praktisko robežu.

Tā kā uzdevums definē nepieciešamību samazināt enerģijas patēriņu, turpmāk tiks apskatīti esošie bezvadu tīklu risinājumi un tiks izvēlēts tas, kurš var apmierināt visas prasības. Uzreiz var teikt, ka iekārtas, kas bāzētas uz WiFi (IEEE 802.11) standartu kopas, neatbilst prasībām pret enerģijas patēriņu, jo to atšķirība no IEEE 802.15.4 standarta iekārtām var pārsniegt 20 reizes (3.attēls). Turklāt arī mezglu barošanas avots būs mazjaudīgs un bez papildus aprīkojuma nespēs nodrošināt vajadzīgo momentāno enerģijas patēriņu. Salīdzinot savā starpā divus mazas jaudas datu pārraides protokolus IEEE 802.15.4 un IEEE 802.15.1 (Bluetooth), var redzēt, ka, neskatoties uz lielāko datu pārraides ātrumu (1Mbps pret 250Kbps), Bluetooth standartam tīklā vienlaicīgi var strādāt tikai astoņi mezgli. Salīdzinot standartus pēc normētas enerģijas patēriņa (mJ/Mbyte), ir redzams, ka WiFi un UWB (IEEE 802.15.3) tas ir vismazākais. Tā kā aprakstītajā pielietojumā pārraides datu apjoms ir tikai daži baiti, tad UWB/WiFi standarti nebūs pārāki.



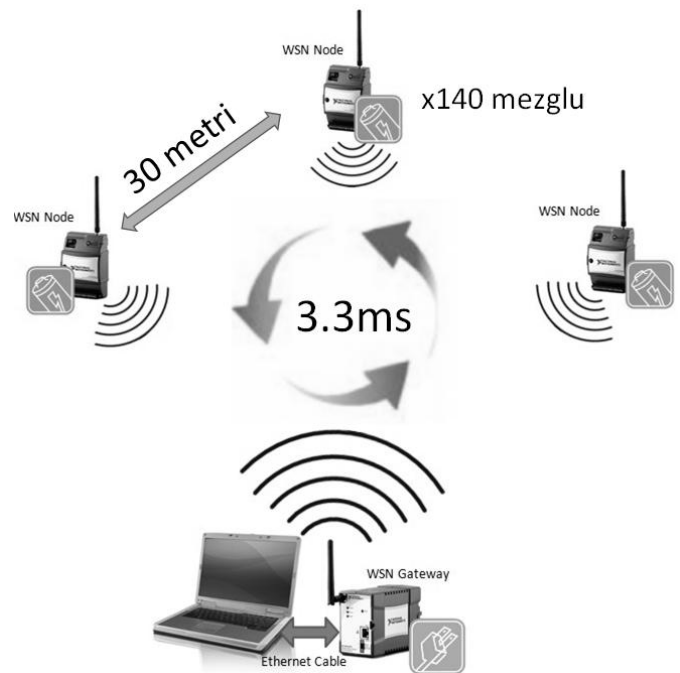
3. att. Bezvadu pārraides tehnoloģiju enerģijas patēriņš.

Papildus tam IEEE 802.15.4 standartam piemīt mazāka protokola sarežģītība[9], kas dos iespēju izmantot mikrokontroleru ar mazu skaitļošanas jaudu, tādējādi papildus samazinot enerģijas patēriņu. Šāda standarta izvēli apstiprina arī apskatītie raksti [9,10].

III. TĪKLA KONFIGURĀCIJA UN TESTĒŠANA

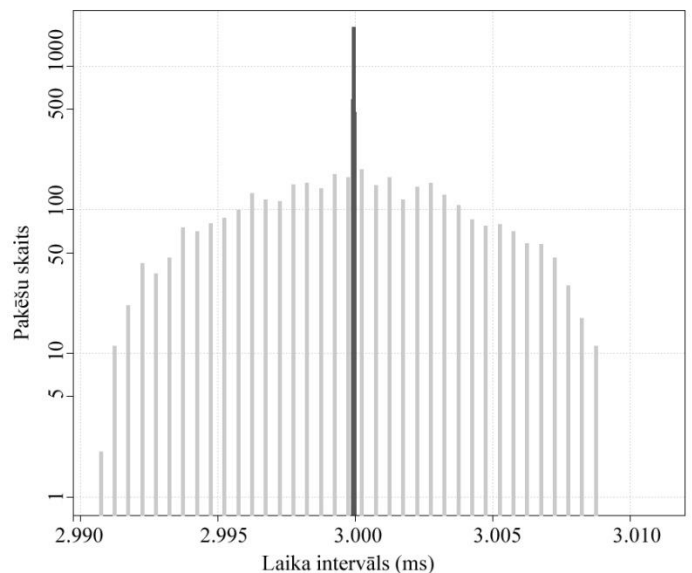
Piedāvāto bezvadu sensoru tīklu var izmantot vairākos lietojumos, kur ir vajadzīga liela datu pārraides frekvence, līdz ar iespēju strādāt autonomi, bez ārējās barošanas. Kā viens no iespējamiem lietojumiem ir aplūkots STRATOS projekts, kurā ir definētas konkrētas prasības pret pārraides frekvenci un mezglu skaitu. Pirms aprakstīt piedāvāto risinājumu bezvadu sensoru tīklam, aplūkosim šā tīkla vietu kopējā sistēmā.

2. attēlā ir parādīts sistēmas modelis, kur piedāvātais bezvadu sensoru tīkls ir apzīmēts kā „Wi-Low”. Ir redzams, ka Wi-Low tīkla uzdevums ir nodot sensoru mērījumu datus uz centrālo mezglu – „Task manager”. Lai nodotu datus no bezvadu tīkla uz šo centrālo mezglu, ir vajadzīgs starpmezgls, kurš pildīs vārtejas funkcijas. Šis starpmezgls (vārteja) veido vadu saiti ar centrālmezglu un bezvadu saiti ar visiem bezvadu mezgliem (4. attēls). Katrs bezvadu mezgls sastāvēs no mikrokontrolera, pašiem sensoriem, raiduztvērēja un barošanas avota. Vēl viens STRATOS projekta mērķis, ar kuru nodarbojas citi partneri, ir sensormezglu barošana enerģijas iegūšanai no apkārtējās vides. Viens no iespējamiem enerģijas iegūšanas avotiem ir vibrācija, jo traktors un tā piekabe ir labi vibrācijas avoti. Eksistējošie risinājumi [11] tuvojas līmenim, kad ģenerējamās enerģijas pietiks, lai nepārtraukti barotu mazjaudīgo sensora mezglu. Tomēr uz šo brīdi bezvadu mezgliem ir jāizmanto enerģijas taupības režīmu, lai nesarežģītu un nesadārdzinātu barošanas mezglu.

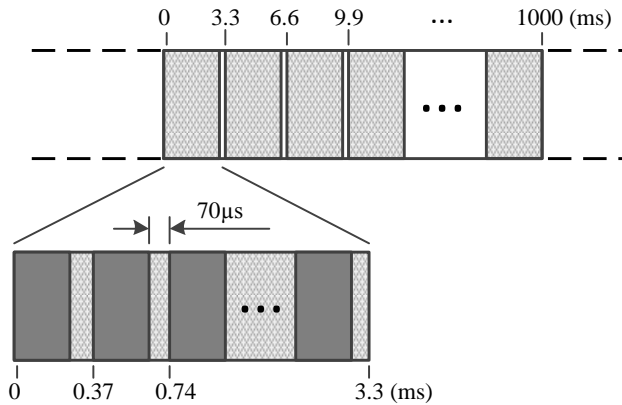


4. att. Bezvadu sensoru tīkls.

Tā kā sistēmas prasības ir zināmas, kopējā sistēmas arhitektūra ir izveidota un ir izvēlēts bezvadu pārraides standarts, var ķerties pie komunikācijas protokola detaļām. Pirmo atvērto sistēmu sadarbības (OSI) slāni – fizisko, atstāsim ārpus pētīšanas apgabala un izvēlēsimies kādu esošo risinājumu, izejot no iekārtu pieejamības un to cenas. Galvenais, uz ko tiks koncentrēta uzmanība, ir vides piekļuves metode, kas ir otrais (datu posma) OSI modeļa slānis.



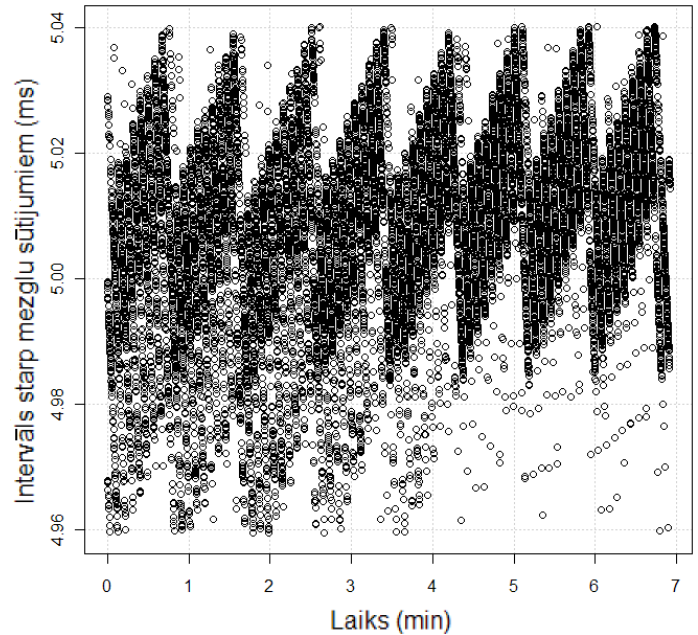
5. att. B-MAC un laika dales piekļuves metožu salīdzinājums.



6. att. Laikdales piekļuves metodes parametri.

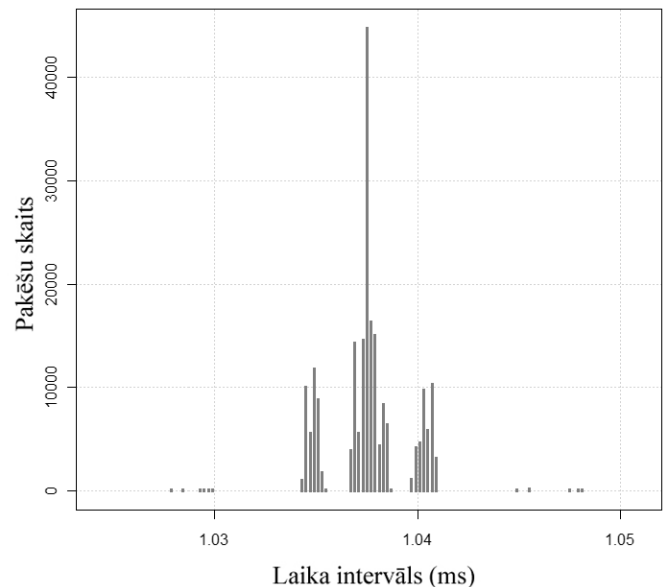
Pati populārākā vides piekļuves metode mazjaudīgiem bezvadu mezgliem ir nesēja jušanas daudzpiekļuve (CSMA). Tā bieži vien ir jau iekļauta iekārtas standarta programmatūrā. Atkarībā no iekārtas, metodei var būt izmainīti daži parametri vai pielietoti vienkāršojumi (piemēram, B-MAC, S-MAC [13]), bet tiem visiem piemīt galvenā īpašība – sacensība datu pārraides kārtības noteikšanā. Šāda pieeja ļauj vienmērīgi sadalīt datu pārraides iespēju starp mezgliem, neprasot starpmezglu sinhronizēšanu un īpašo mezglu inicializēšanas procedūru. Tomēr šāda pieeja rada aizkavēšanos pirms katras datu pārraides, pie tam aizkaves vērtība ir gadījuma skaitlis. 5. attēlā ar gaišāko toni ir parādīta datu pārraides aizkaves histogramma B-MAC piekļuves metodei. Var redzēt, ka aizkave var sasniegt 17 ms, kas neļaus sasniegt vajadzīgo pārraides frekvenci. Vēl viens šķērslis šādas metodes izmantošanai aprakstītajā lietojumā, ir enerģijas taupības aprūtināšana, jo mezgliem būs biežāk jāiziet no miega režīma. Lai izvairītos no problēmām, kuras rodas, izmantojot nesēja jušanas daudzpiekļuves metodi, tiek piedāvāts izmantot laikdales daudzpiekļuves metodi (TDMA). Izejot no definētā lietojuma prasībām, šī metode labi iederas visās prasībās un ierobežojumos. Trūkumi, kuri piemīt laikdales metodei, var būt pārvarami definētā pielietojumā. Tā kā metode strikti definē pārraides laiku katram tīklā esošajam mezglam, var uzzināt precīzu pārraides frekvenci un būt pārliecinātāms par sadursmju neesamību.

Raksturosim izmantotās laikdales metodes darbību. Metodes būtība ir vides piekļuves sadale secīgā veidā starp visiem tīklā esošiem mezgliem. 6. attēlā augšpusē var redzēt secīgus kadrus, katrs no kuriem sastāv no laikspraugām (6. attēlā apakšpusē). Katram no mezgliem kadrā ir izdalīta sava laiksprauga. Tādējādi tīkla piekļuve ir determinēta un aizkaves atrodas noteiktās robežās. Pēc katras laikspraugas ir izveidots aizsardzības intervāls – 70 μs (7. attēls), jo iekārtu taimeri nav ideāli un tiem piemīt laika fluktuācijas. Izvēlētais aizsardzības intervāla vērtība izriet no konkrētas iekārtas (tmote Sky [13]) testu rezultātiem. 7. attēlā ir redzams, ka fluktuācijas ir aptuveni 30 μs. To var izskaidrot ar taimera minimālās diskrētās lielumu, kura ir vienāda ar 1/32767 sekundes daļu, kas aptuveni ir 30 μs.



7. att. Laikspraugas fluktuācijas.

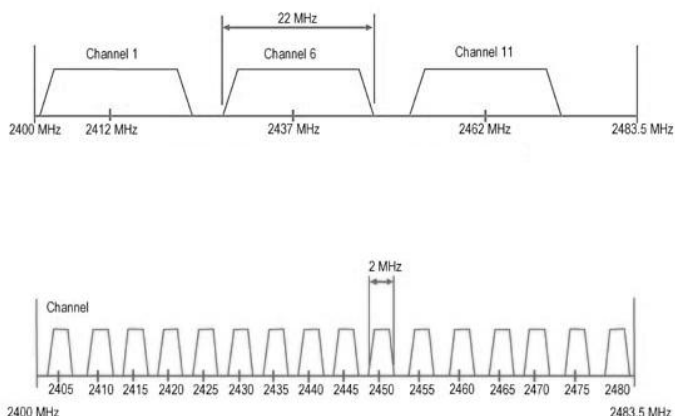
8. attēlā var redzēt testu rezultātus, kuros tika pārbaudīta mezglu iespēja pārraidīt datus vajadzīgā frekvencē. Kā tika definēts iepriekš (4. attēls), katram mezglam ir jāraida dati ik pēc 3.3 milisekundēm. Var redzēt, ka mezgls spēj pārraidīt datus ar ievērojami lielāku frekvenci.



8. att. Viena mezgla datu pārraides maksimālā frekvence.

Pēc 6. attēlā definētām vērtībām var redzēt, ka nepieciešamā datu pārraides frekvence (300Hz) ir sasniegta, tomēr katrā kadrā ir tikai deviņi mezgli. Mezglu skaitu galvenokārt ierobežo datu pārraides ātrums. Zinot datu pārraides ātrumu (250kbps) un nepieciešamo datu apjomu (2+7 baiti), tika izrēķināts, ka katra mezgla pārraide ilgst aptuveni 290 mikrosekundes. Izrēķinātā vērtība kopā ar laikspraugas aizsardzības intervālu definē maksimālo mezglu skaitu kadrā. Lai nodrošinātu uzdevumā definēto prasību, tiek piedāvāts izmantot paralēlo datu pārraidi pārejos pieejamos raidīšanas kanālos. Izejot no IEEE 802.15.4

standarta specifikācijām, var redzēt, ka eksistē 16 frekvenču diapazoni, kas nepārklājas (sk. 9. att.), kas tādējādi dod iespēju sūtīt datus vienlaicīgi.



9. att. IEEE 802.11 un 802.15.4 frekvenču diapazoni.

Tā kā STRATOS projekts paredz izmantot arī IEEE 802.11 tīklu, papildus ir jāpēta tīklu mijiedarbību. Izejot no rakstos pieejamās informācijas, var redzēt, ka abi tīkli var strādāt, netraucējot viens otru, ja attālums starp to mezgliem ir pietiekams (8 metri – [14]). Sliktākā gadījumā nāksies izmantot nevis 16, bet 12 kanālus, atbrīvojot minimāli nepieciešamo frekvenču diapazonu IEEE 802.11 tīklam.

IV. SECINĀJUMI

Rakstā apskatīts esošais stāvoklis ātrā bezvadu datu savākšanā. Aprakstīts praktiskais pielietojums, kurā ir nepieciešams savākt datus ar lielāku frekvenci nekā esošajos risinājumos. Izmantojot pielietojumā definētās prasības, tiek izvēlēta bezvadu pārraides tehnoloģija, vides piekļuves algoritms un dota tīkla arhitektūra. Lai pārbaudītu pārraides tehnoloģijas un vides piekļuves metodes atbilstību prasībām, tika paveikti testi ar tMote Sky bezvadu mezgliem. Veicot testēšanu ar šiem mezgliem, tika definēti laikdales vides piekļuves metodes parametri un parādīta maksimāli iespējamā datu pārraides frekvence. Lai sasniegtu uzdevumā definēto datu pārraides frekvenci, tika piedāvāta paralēlās raidīšanas metode. Teorētiskie aprēķini parāda, ka, izmantojot pieejamos 16 frekvenču diapazonus, ir iespējams sasniegt 300 Hz frekvenci.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] M. Damas, A. Prados, F. Gomez and G. Olivares, "HidroBus(R) system: fieldbus for integrated management of extensive areas of irrigated land", *Microprocessors and Microsystems*, Volume 25, Number 3, pp. 177-184, May 2001
- [2] "Open System for TRAcTors' autonomouS Operations (STRATOS)". [Online]. Available: http://db-ictagri.eu/pub/Posting_show_one.php?Print=1 &Id=627 [Accessed: 30 Sep 2011]

- [3] "ISO 11783-1:2007". [Online]. Available: http://www.iso.org/iso/catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39122. [Accessed: 30 Sep 2011]
- [4] Aqeel-ur-Rehman, Abu Zafar Abbasi, Noman Islam and Zubair Ahmed Shaikh, "A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture", *Computer Standards & Interfaces*, 2011
- [5] Won Suk Lee and An Asae, "Silage yield monitoring system", *An ASAE Meeting Presentation*, 2002
- [6] Chong-Jing Chen and Pai H. Chou, "EcoDAQ: A Case Study of a Densely Distributed Real-Time System for High Data Rate Wireless Data Acquisition", *Proceeding Proceedings of the 2008 14th IEEE International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications IEEE Computer Society Washington, DC, USA* 2008
- [7] C Gaudin1, D J White, N Boylan, J Breen, T Brown, S De Catania and P Hortin, "A wireless high-speed data acquisition system for geotechnical centrifuge model testing", *Measurement Science and Technology*, Volume 20, Number 9, Sep 2009
- [8] M. Whelan, V. Gangone and K. Janoyan, "Real-time wireless vibration monitoring for operational modal analysis of an integral abutment highway bridge", *IEEE Sensors Journal*, Vol 9, Issue 11, Sep 2009
- [9] Jin-Shyan Lee, Yu-Wei Su and Chung-Chou Shen, "A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi", *Industrial Electronics Society IECON*, pp. 46-51, Nov 2007
- [10] [10] R. Morais, M. Fernandes, Samuel G Matos, C. Seródio, P. Ferreira and M. Reis, "A ZigBee multi-powered wireless acquisition device for remote sensing applications in precision viticulture", *Computers and Electronics Journal in Agriculture*, Volume 62 Issue 2, pp 94-106, July 2008
- [11] "Introduction to Vibration Energy Harvesting". [Online]. Available: <http://www.nipslab.org/files/file/nips%20summer%20school%202011/Cottone%20Introduction%20to%20vibration%20harvesting.pdf>. [Accessed: 29 Sep 2011]
- [12] K. Kumar and P. Kumar, "Tmote implementation of BMAC and SMAC protocols," [Online]. Available: http://www.cse.iitk.ac.in/users/vkirankr/wireless_report.pdf. [Accessed: 29 Sep 2011]
- [13] "Tmote Sky brochure", [Online]. Available: <http://sentilla.com/files/pdf/eol/tmote-sky-brochure.pdf>. [Accessed: 29 Sep 2011]
- [14] Dae Gil Yoon, Soo Young Shin, Wook Hyun Kwon and Hong Seong Park, "Packet Error Rate Analysis of IEEE 802.15.4 under IEEE 802.11b Interference", *Vehicular Technology Conference*, pp. 1186 – 1190, May 2006

Dmitrijs Bliznuks, received M.sc.eng. degree from Riga Technical University in 2008. He currently is a doctoral student at Riga Technical University. He has been holding the researcher position at Riga Technical University since 2009. His research interests include wireless networks and computer based control.

Faculty of Computer Science and Information Technology
Riga Technical University
E-mail: dmitrijs.bliznuks@rtu.lv

Valerijs Zagurskis, received his M.S. in computer science in 1965 from Riga Technical University (RTU) and his Candidate of technical science (Ph. D) in circuits and systems in 1972 from the Latvian Academy of Science, Doctor of Technical Science in 1990 from the Ukrainian Academy of Science and Dr.Habil.Comp.sc. in 1992 from the University of Latvia. He is a professor at RTU and head of the department of Computer networks and systems technology (DTSTK), as well as a member of the IEEE and ACM. He also is an expert in the Latvian Council of Science. His research interests include networks, mixed signal system design, MAC protocols, resource scheduling, cross-layer design, and cooperative functioning of systems, wireless ad hoc and sensor networks.

Faculty of Computer Science and Information Technology
Riga Technical University
E-mail: vzagursky@gmail.com

Dmitrijs Bliznuks, Valerijs Zagurskis. Wireless Sensor Network Setup for Fast Data Acquisition.

The present paper shows an approach to wireless data acquisition networks. The approach complies with the requirements of the European FP7 STRATOS project. STRATOS project's aim is to solve current task of implementing wireless networks in agriculture. Current ISOBUS standard does not include wireless networks. Therefore agricultural machine producers use their own proprietary technologies, that leads to additional expenses for farmers. One of the STRATOS project aims is to propose and test wireless network, which could be used as a base for expansion of ISOBUS standard.

The first chapter contains review of existing wireless data acquisition networks. The review shows that there are no solutions, which can satisfy all project requirements. Main difficulty for wireless networks is to provide 300Hz data transmission frequency in a network of 140 nodes. And since each node should be

autonomous, it narrows the choice among available data transmission technologies. It is planned to use energy harvesting from vibrations to power wireless nodes, therefore a node is limited in the amount of power consumption. After reviewing existing energy harvesting systems, IEEE 802.15.4-like system was chosen as one whose power consumption is low enough.

To test a proposed system, authors have used tMote Sky wireless sensor nodes based on IEEE 802.15.4. These nodes use their own wireless media access algorithm, which is based on carrier sense media access (CSMA) method. After carrying out tests it is clearly seen that existing CSMA-like algorithm cannot satisfy 300Hz transmission frequency. Therefore it is proposed to use time division media access algorithm, that will give determinate and several times lower transmission delay than in random based algorithms.

To determine parameters of time division access method, multiple practical tests were performed. Following parameters were determined: slot and guard-slot duration, maximal transmission frequency and node amount. Practical tests and calculations show that it is not possible to reach defined transmission frequency and node amount simultaneously. Since it is not possible to change transmission technology, due to power consumption limitation, another solution has been proposed. The 300Hz frequency could be obtained in a network of 9 nodes. To reach amount of 140 nodes it is proposed to use parallel transmissions on 16 available radio frequency channels.

Дмитрий Близнюк, Валерий Загурский. Организация беспроводной сенсорной сети быстрого сбора данных

Данная статья описывает подход по реализации беспроводной сенсорной сети сбора данных, которая удовлетворяет требованиям европейского проекта STRATOS. Данный проект решает актуальную задачу по повышению эффективности сельскохозяйственных работ, за счет применения беспроводных сетей. На данный момент не существует единого стандарта для беспроводных сетей в сфере сельского хозяйства. Вследствие этого, изделия различных фирм не совместимы между собой, что ведет к дополнительным расходам для фермеров. Одной из целей проекта STRATOS является разработка и проверка беспроводной сети, на базе которой можно разработать дополнительный раздел стандарта ISOBUS.

В начале статьи дано описание существующих систем сбора данных, где показывается, что существующие системы не удовлетворяют требованиям проекта. Наибольшую сложность составляет обеспечение частоты передачи данных не менее 300Гц, в сети со 140 узлами. Более того каждый узел должен быть автономным, что ограничивает выбор технологий передачи данных по потребляемой энергии. Зная, что в проекте планируется использовать генераторы энергии на основе преобразования колебаний, была выбрана такая технология передачи данных, потребление энергии которой будет вписываться в рамки возможностей существующих генераторов.

Для проверки предлагаемых решений были использованы беспроводные узлы tMote Sky, которые основаны на стандарте IEEE 802.15.4. Для распределения доступа к сети, данные устройства используют модифицированный метод CSMA. В результате тестов было показано, что используя данный метод нельзя достичь необходимой частоты передачи данных. Для преодоления данного ограничения предлагается использовать метод множественного доступа с разделением по времени. В отличие от CSMA, данный метод дает значительно меньшую, прогнозируемую и заранее известную задержку передачи данных. Для реализации предлагаемого метода были проведена серия тестов и определена длительность одного промежутка в кадре и защитного интервала. Так как выбранная технология передачи данных накладывает ограничение на скорость передачи данных, то для достижения необходимой частоты передачи, предложено осуществлять одновременную передачу данных по всем свободным радиоканалам. В итоге, используя 16 не перекрывающихся частотных диапазонов, можно достичь частоты передачи в 303Гц для сети с 144 узлами.