

Signalų technologijos T 121

JUTIKLIŲ TINKLO DUOMENŲ SULIEJIMO METODAI

Martynas Vervečka

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
El. paštas martynas.vervecka@el.vgtu.lt

Santrauka. Jutiklių tinklų duomenų suliejimas (sintezė) dažnai taikoma karyboje automatiniams taikinių atpažinimui, mūšio lauko stebėjimui, automatiniams transporto priemonių valdymui. Civiliniams tikslams sintezė pritaikoma medicinoje, įrenginių būklės stebėjimuose, protinguose namuose ir pan. Straipsnyje aptariamos jutiklių tinklų topologijos, jutiklių tinklų privalumai lyginant juos su izoliuotais jutikliais, pateikiamos dažniausiai paplitusių tinklų topologijos, atskleidžiami jų privalumai ir trūkumai.

Reikšminiai žodžiai: radarai, jutiklių tinklas, duomenų suliejimas.

Įvadas

Naujų jutiklių atsiradimas, tobulėjančios signalų apdorojimo technologijos teikia realaus laiko duomenų suliejimui daug perspektyvų. Tik atsiradus pirmosioms skaičiavimo mašinoms, atsivėrė galimybės modeliuoti natūralų gyvūnų ir žmonių jutimų suliejimo gebėjimą. Šiuo metu dažniausiai duomenų suliejimo sistemos naudojamos sekti judančius objektus, juos automatiškai identifikuoti ir vertinti situaciją (Malboubi *et al.* 2006).

Duomenų suliejimas yra paplitęs nuo senų laikų natūralioje aplinkoje. Gyvūnams ir žmonėms evoliucionuojant, jie įgijo savybę naudoti skirtingus jutimus siekdami išgyventi. Pavyzdžiui, įvertinti valgomo daikto kokybei vien regos neužtenka. Regos, lietimo, kvapo ir skonio pojūčių naudojimas duoda daug efektyvesnius rezultatus. Taigi natūralus skirtingų pojūčių duomenų suliejimas padeda tiksliau įvertinti supančią aplinką, aptikti pavojus, ir padidina šansus išgyventi (Smith *et al.* 1991).

Jutiklių tinklo duomenų suliejimo technologijos naudojamos labai plačiai. Panaudojimą galime suskirstyti į 2 dalis: karinį ir civilinį. Karyboje ši technologija naudojama automatizuotam taikinių atpažinimui, valdyti savarankiškai judančias transporto priemones, nuotoliniam stebėjimui, mūšio lauko stebėjimui, automatiniams pavojaus atpažinimo sistemoms ir pan. Civiliniai uždaviniai yra gamybos proceso ir sudėtingų mechanizmų būklės stebėjimas, robotai, medicina (Hall 2001).

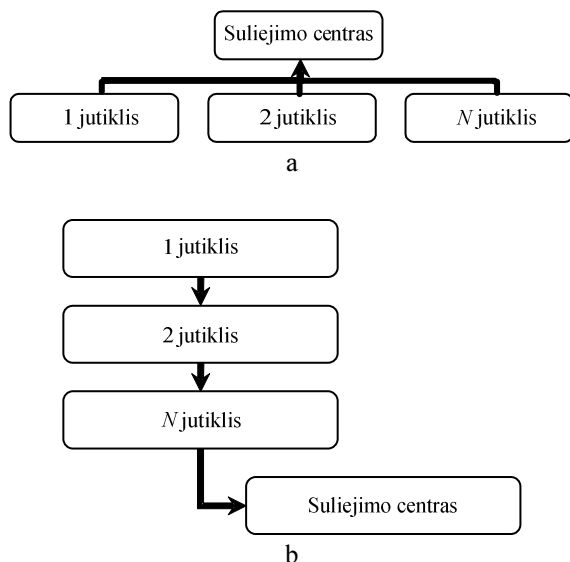
Būdai duomenis integruoti ar sulieti kilę iš tradicinių šakų: skaitmeninio signalų apdorojimo, statistinio įvertinimo, valdymo teorijos, dirbtinio intelekto ir klasikinių skaitinių metodų. Istoriskai duomenų suliejimo metodai pirmiausia buvo kuriami kariuomenės reikmėms, vėliau pradėti taikyti civilinėms reikmėms (Luo *et al.* 1989).

Jutiklių tinklo privalumai

Iš kelių jutiklių sulieti duomenys turi kelis privalumus lyginant su vieno jutiklio duomenimis. Jeigu naudojami keli identiški jutikliai, sujungus duomenis, galime tiksliau nustatyti stebimo objekto vietą ir greitį. Statistinis pranašumas gaunamas pridėjus N nepriklausomų jutiklių (pvz., stebimo objekto greičio ar pozicijos nustatymas pagerėja $N^{1/2}$ kartų), tokie pat rezultatai būtų gaunami sujungus N stebėjimų iš vieno jutiklio (Luo *et al.* 2007).

Antras privalumas pastebimas tada, kai yra žinomas atstumas arba judesys tarp dviejų jutiklių, taip pagerinama stebėjimo kokybė. Pavyzdžiui, žinodami dviejų jutiklių matuojančių objekto kryptį koordinatas, galime trianguliacijos būdu rasti stebimo objekto koordinatas. Ši technika naudojama atliekant vietovės matavimus ir komercinėje navigacijoje. Panašiai su dviem jutikliais, judančius vienas kito atžvilgiu žinoma trajektorija, galime rasti momentinę objekto poziciją, bei judėjimo greitį jutiklių atžvilgiu (Duarte *et al.* 2004).

Trečiasis jutiklių tinklo privalumas yra stebėjimo erdvės išplėtimas. Derinant skirtingus jutiklius pastebimos skirtingos objekto savybės. Pavyzdžiui, judantis objektas. Tarkime lėktuvą stebimas impulsiniu radaru ir infraraudonųjų spindulių jutikliu. Radaras tiksliai gali išmatuoti atstumą iki lėktuvo, tačiau krypties nustatymas nėra tikslus, tuo tarpu infraraudonųjų spindulių jutiklis tiksliai nustato krypties kampą iki objekto, tačiau negali išmatuoti atstumo. Jeigu šie du stebėjimai yra teisingai susiejami, objekto buvimo vieta nustatoma daug tiksliau negu naudojant tik vieną iš jutiklių, taip sumažinama aptikimo neapibrėžtis.



1 pav. Lygiagretaus (a) ir nuoseklaus (b) suliejimo struktūros
 Fig. 1. Parallel (a) and sequential (b) data fusion structures

Jutiklių tinklų topologijos

Tradicinė centralizuota informacijos apdorojimo sistema turi kelis duomenų šaltinius, iš kurių gauna neapdorotus duomenis ir juos perskaičiuoja. Nors tokios architektūros sistema atitinka reikalavimus, tačiau tai apkrauna pagrindinį procesorių ir komunikacijų linijas. Jeigu siunčiami dideli duomenų srautai, gaunama perkrova. Šiai problemai spręsti, siūloma naudoti paskirstytuosius skaičiavimus ir suliejimo procesą. Tarp siūlomų tinklų topologijų, viena iš populiariesnių yra lygiagretaus suliejimo struktūra (1 pav., a) (O'Neil *et al.* 1993).

Šioje sistemoje paskirstytieji jutikliai surenka informaciją, ją apdoroja ir glaudintą perduoda į suliejimo centrą, kur visų jutiklių pateikta informacija suliejama ir pateikiamas bendras rezultatas. Nuosekli suliejimo struktūra (1 pav., b), pasižymi tuo, kad kiekvienas jutiklis sulieja savo ir iš aukščiau esančio jutiklio atsiūsta informacija ir perduoda ją tolyn. Visais išvardintais atvejais komunkuoja objektas su objektu. Kai naujuose tinkluose komunikavimo struktūra gali būti nepastovi, kintanti laike ir pan. Komunikacinis tinklas tarp atskirų taškų gali būti jungiamas netiesiogiai ir ryšiui palaikyti naudojamas maršrutizatorius. Taip pat gali būti reikalaujama pateikti rezultatus iš skirtingų mazgų, o ne vieną bendrą rezultatą.

Jutiklių tinklo duomenų apdorojimo metodai

Jutiklio tinklo duomenims apdoroti yra trys alternatyvos: neapdorotų duomenų suliejimas, duomenų vektorių suliejimas, hibridinis duomenų suliejimas (neapdorotų duomenų suliejimas kombinuojamas su vektoriniu).

Kiekvienas iš šių atvejų pavaizduotas 2 pav. Jeigu jutiklių tinklą sudaro analogiški jutikliai (matuoja tą patį fizikinį dydį, pvz., du vaizdo ar garso jutikliai), tada jutiklių duomenis galima jungti tiesiogiai neapdorotus. Jungiant neapdorotus duomenis, dažniausiai naudojami klasikiniai skaičiavimo metodai, tokie kaip Kalmano filtravimas.

Kai duomenys iš jutiklių yra skirtingi, suliejimas galimas tik būsenos vektoriaus lygmenyje (Opitz 2008).

Pirmuoju atveju (2 pav., a) kiekvieno jutiklio gauti duomenys yra perskaičiuojami iš jutiklio koordinatinių sistemos į centrinio apdorojimo įrenginio koordinatinių sistemą. Tada duomenys susiejami, koreliuojami, bandant nustatyti, kurių jutiklių informacija yra bendra. Tai svarbu padaryti, turint jutiklių tinklą ir daug fizinių objektų. Koreliacijos metu siekiama nustatyti, kurios savybės priklauso tam pačiam fiziniam objektui.

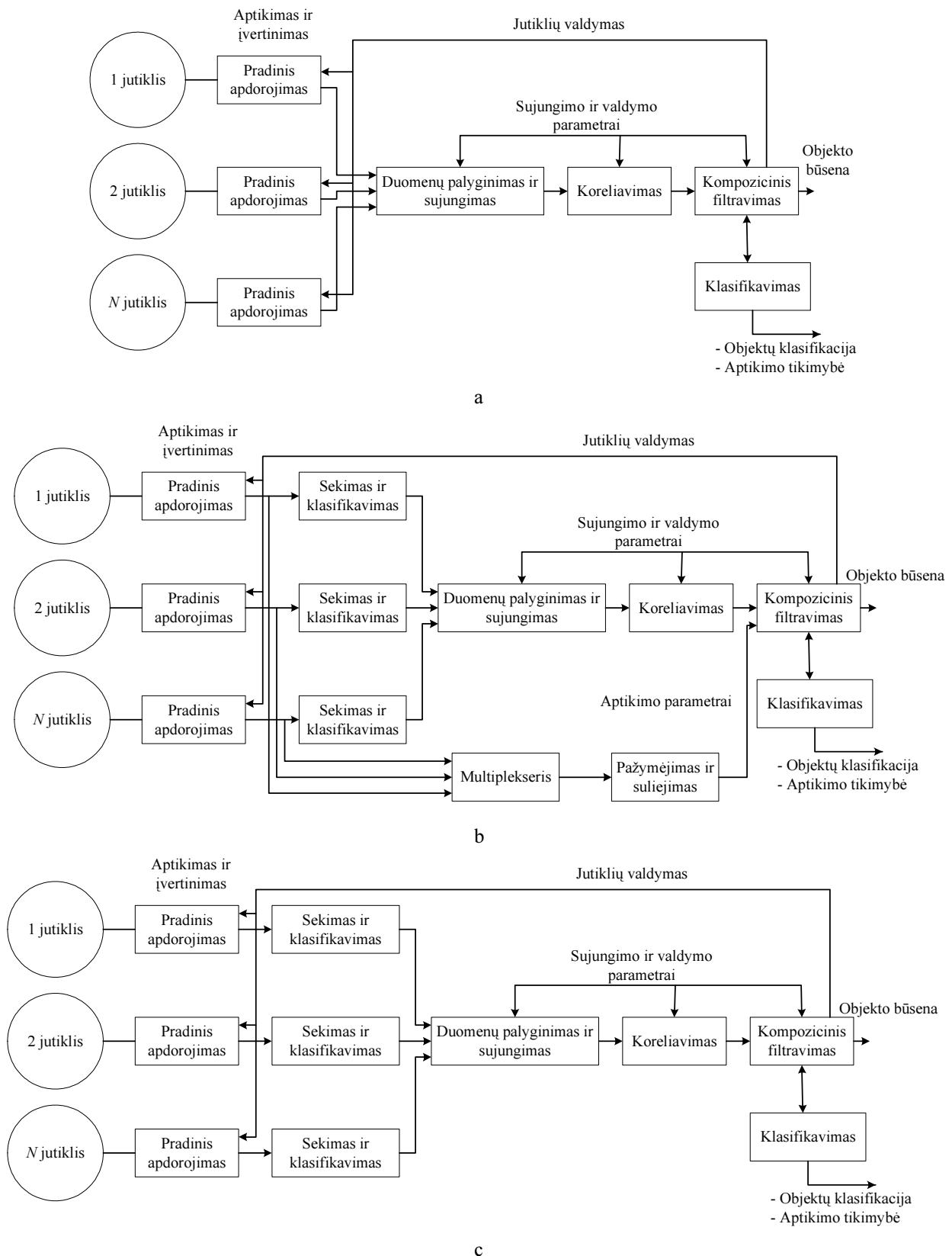
Koreliuodami surandame, kurie pėdsakai priklauso sekamam objektui. Koreliavimo poreikis dar aktualesnis, kai stebimoje vietoje yra daug objektų. Visuomet, kai nustatomas objektas ir vykdomas duomenų suliejimas naudojamas Kalmano filtras. Toks centralizuotas būdas teoriškai yra pats tiksliausias duomenų suliejimo būdas, tariant, kad susiejimas ir koreliavimas buvo atliktas teisingai. Be to, šiam metodui svarbu, kad iš jutiklių į centrinį kompiuterį būtų siunčiami neapdoroti duomenys – tai apkrauna ryšio linijas. Siunčiant vaizdus gali neužtekti turimų linijų pralaidumo juostos (Luo *et al.* 2007).

Neapdorotų duomenų suliejimo savybės:

- didesni duomenų kiekiai;
- komplikotas suliejimo procesas;
- dideli duomenų srautai apkrauna ryšio linijas;
- didesnis tikslumas.

Antruoju atveju (2 pav., b) duomenys suliejami, kai kiekvienas jutiklis atsiunčia apskaičiuotą objekto informaciją (vietos, požymių ir identifikavimo numerio) ir būsenos vektorių, kuriame kiekvienas jutiklis apskaičiuoja objekto poziciją ir greitį pagal savo duomenis). Pozicijos ir greičio įverčiai (būsenos vektorius), pateikiami suliejimo procesui, kuris iš visų vektorių sukuria sujungtą vektorių. Svarbu atkreipti dėmesį, kad duomenų suliejimo ir susiejimo – koreliavimo funkcija turi būti atlikta, tačiau dabar ji vykdoma būsenos vektorių lygmenyje.

Architektūros privalumas yra sumažėję duomenų srautai, nes siunčiamas tik būsenos vektorius, ir reikia mažiau duomenų koreliavimo procedūrai atlikti. Tačiau duomenų suliejimas vektorių lygyje yra mažiau tikslus už suliejimą duomenų lygyje, nes prarandama informacija tarp jutiklio ir suliejimo vietos. Taip pat pradiniai duomenys turi informaciją apie signalo kokybę, kuri yra tik aproksimuojama būsenos vektoriumi.



2 pav. Jutiklių tinklo duomenų apdorojimo architektūros, esant neapdorotų duomenų (a), paskirstytam duomenų vektorių (b) ir hibridiniam duomenų (c) suliejimui

Fig. 2. Sensor network data fusion architectures (a – raw data fusion, b – distributed data vector fusion, c – hybrid data fusion)

Duomenų vektorių suliejimo savybės:

- kiekvienas jutiklis nustato poziciją;
- suliejimas vyksta būsenos vektoriaus lygmenyje;
- ryšio linijomis perduodami sumažėję duomenų srautai;
- suliejimo metu tenka mažiau skaičiuoti.

Trečiasis architektūros variantas (2 pav., c) – hibridinis duomenų suliejimas. Jame duomenų suliejimo lygis kombinuojamas su būsenos vektoriaus suliejimu. Čia, kai reikalingas nedidelis apkrovimas naudojamas būsenos vektoriaus metodas, o kai reikalingas tikslumas arba kai reikia sekėti daug objektų, naudojamas duomenų lygio suliejimas. Priklausomai nuo esamų jutiklių savybių, dalį jų galima naudoti duomenų lygmens suliejimui, dalį būsenos vektoriams. Nors hibridinė architektūra suteikia daugiau pasirinkimo galimybių, tačiau ji reikalauja ir papildomo pasirinkimo proceso valdymo.

Hibridinio duomenų suliejimo savybės:

- duomenų lygio suliejimas;
- vektorių lygio suliejimas;
- pasirinkimo galimybė tarp mažos pralaidumo spartos ir tikslesnių duomenų;
- lanksti sistema, reikalaujanti papildomo stebėjimo ir valdymo.

Sistemos projektavimo uždavinys yra parinkimas vieno iš išvardintų suliejimų variantų. Nėra optimalios sistemos visiems procesams. Pasirenkant sistemą, tenka balansuoti tarp skaičiavimo įrenginių galimybių, ryšio kanalo pralaidumo, reikalingo tikslumo, jutiklių galimybių ir kainos.

Išvados

1. Duomenų suliejimo sritis sparčiai tobulėja. Joje vykdoma daug tyrimų. Jutiklių tinklų duomenų suliejimas dažnai taikoma karyboje automatiniam taikinių atpažinimui, mūšio lauko stebėjimui, automatiniam transporto priemonių valdymu. Be to, duomenų suliejimas taikomas medicinoje, įrenginių būklės stebėjimuose, intelektualiuose namuose ir pan. Jutiklių tinklo duomenis galima apdoroti trimis būdais: sulieti neapdorotus duomenis, sulieti duomenų vektorius ir taikyti hibridinį suliejimą.

2. Neapdorotų duomenų suliejimas yra sudėtingas tenka siųsti didelius duomenų srautus. Tačiau jis garantuoja didelį tikslumą.

3. Suliejant duomenų vektorius, skaičiavimai vykdomi kiekviename jutiklyje. Sumažėja duomenų srautai. Metodas mažiau tikslus.

4. Naudojant hibridinį duomenų suliejimą, vykdomi duomenų ir vektorių lygmens suliejimai. Sistema leidžia lanksčiai rinktis tikslumą ar didesnę kanalo pralaidumą.

5. Metodo parinkimas priklauso nuo reikalaujamo tikslumo, turimų ryšio linijų pralaidumo, skaičiavimo proceso sudėtingumo ir galimo klaidų skaičiaus.

Literatūra

- Duarte, F. M.; Hu, H. Y. 2004. A tutorial on multisensor integration and fusion, *Journal of Parallel and Distributed Computing* 64: 826–838. doi:10.1016/j.jpdc.2004.03.020
- Hall, L. D. 2001. *Handbook of Multisensor Data Fusion*. London: CRC Press. 586 p.
- Luo, C. R.; Chou, C. Y.; Chen, O. 2007. Multisensor fusion and integration: Algorithms applications, and future research directions, in *International Conference on Mechatronics and Automation*, 1989–1991.
- Luo, C. R.; Kay, G. M. 1989. Multisensor integration and fusion in intelligent systems, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 19: 901–931. doi:10.1109/21.44007
- Malboubi, M.; Akhlaghi, J.; Saraf, M. A.; Sadeghi, M. H. 2006. The intelligent identification of air and sea targets in coastal radars, in *3rd European Radar conference*, 17–21.
- O'Neil, D. S.; Pao, Y. L. 1993. Multisensor fusion algorithms for tracking, in *American Control Conference*, 859–863.
- Opitz, F. 2008. Multisensor data fusion architectures for NCO, in *The 5th European Radar Conference*, 300–303.
- Smith, C. R.; Erickson, J. G. 1991. Multisensor data fusion: concepts and principles, in *IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing* 1: 235–237.

SENSOR NETWORK DATA FUSION METHODS

M. Vervečka

Abstract

Sensor network data fusion is widely used in warfare, in areas such as automatic target recognition, battlefield surveillance, automatic vehicle control, multiple target surveillance, etc. Non-military use example are: medical equipment status monitoring, intelligent home. The paper describes sensor networks topologies, sensor network advantages against the isolated sensors, most common network topologies, their advantages and disadvantages.

Keywords: radar, sensor network, data fusion.