



Eiropas Reģionālās attīstības fonds

Prioritāte: 2.1. Zinātne un inovācijas

Pasākums: 2.1.1.1. Zinātne, pētniecība un attīstība

Aktivitāte: 2.1.1.1. Atbalsts zinātnei un pētniecībai

Projekta nosaukums: „Plaukstu datu nolasišanas un apstrādes sistēma” (PALMS)

Līguma noslēgšanas datums: 13.12.2013.g.

Projekta sākuma datums: 01.01.2014.g.

Projekta beigu datums: 30.06.2015.g.

Vienošanās Nr.2013/0035/2DP/2.1.1.1.0/13/APIA/VIAA/015

Eiropas Reģionālās attīstības fonda finansējuma saņēmējs: Elektronikas un datorzinātņu institūts (EDI)

ZINĀTNISKĀ PĒTĪJUMA PROGRESU APLIECINOŠĀ DOKUMENTĀCIJA

Pārskata numurs Nr.3. par periodu no 01.07.2014.g. līdz 30.09.2014.g.

Projekta zinātniskais vadītājs: Modris Greitāns, Dr.sc.comp., vad. pētnieks

Pētījuma projekta izpildītāju saraksts: Rihards Fuksis, pētnieks

Mihails Pudžs, pētnieks

Oļegs Ņikišins, pētnieks

Rinalds Ruskuls, asistents

Teodors Eglītis, elektronikas inženieris

Anotācija

PALMS ir Eiropas Reģionālās attīstības fonda līdzfinansēts projekts zinātnēi un pētniecībai. Projekta vispārīgais mērķis ir inovatīva un konkurētspējīga produkta izveide. Projekta ietvaros plānots izstrādāt plaukstu datu nolasīšanas un apstrādes sistēmu, kas balstīta uz biometrisko parametru (plaukstu asinsvadu, nospiedumu un ģeometrijas datu) izmantošanu. Projekts tiek veikts prioritārā zinātnes virzienā „Inovātīvi materiāli un tehnoloģijas”.

Projekta aktivitātes ietver:

- rūpnieciskos pētījumus, kas ietver izpēti, lai iegūtu zināšanas un prasmes izstrādājamās iekārtas radīšanai, kā arī atsevišķu komponentu daļu izstrādei un uzlabošanai;
- plaukstu datu nolasīšanas un apstrādes sistēmas prototipa eksperimentālo izstrādi;
- projekta vadību un publicitāti par projektu.

Projekts tiek īstenots sadarbībā starp Elektronikas un datorzinātņu institūtu un SIA „Infoserv-Rīga”. Izpildes ilgums – 18 mēneši.

Šajā dokumentā dots pārskats par projekta trešajā periodā (01.07.2014.-30.09.2014.) veiktajiem pētniecības darbiem un šobrīd sasniegtiem rezultātiem.

Ievads

Privāto objektu piekļuve šobrīd galvenokārt tiek kontrolēta izmantojot mehāniskās durvju slēdzenes, kuras iespējams atslēgt izmantojot atbilstošu atslēgu, vai elektromehāniskās slēdzenes, kuras galvenokārt atslēdz, izmantojot radio frekvenču identifikācijas (RFID) kartes, vai arī kodu slēdzenes. Taču šīm drošības metodēm ir vairāki trūkumi: atslēgas un RFID kartes mēdz nozaudēt vai nozagt; atslēgas mēdz viltot un slēdzenes uzlauzt; RFID karti var nodot kādai citai personai; koda slēdzenes var kādam pateikt, vai ievadīšanas brīdī nolasīt.

Lai risinātu šīs problēmas un samazinātu to rezultātā radušos zaudējumus, projekta ietvaros plānots izstrādāt personu atpazīšanas iekārtu, kas balstīta uz plaukstu datu izmantošanu. Ierīce balstīsies uz plaukstu asinsvadu, plaukstu nospiedumu un ģeometrijas datu nolasīšanu un atpazīšanu. Šāda nolasītāja priekšrocība ir tā, ka lietotājam personīgi ir jābūt klāt identifikācijas brīdī, lai piekļūtu objektam. Šādā gadījumā cilvēka plauksta ir objekta piekļuves atslēga. Tiek izslēgti tādi riski kā atslēgas nozaudēšana vai aizmiršana.

PALMS pētniecības grupas darbs ir saistīts ar augšminēto problēmu risinājumu. Šajā projekta pārskata posmā ir veikti darbi un sasniegti rezultāti sekojošos aktivitātes „Rūpnieciskie pētījumi” pētījumos:

- Plaukstu datu apstrādes algoritmu izpēte, lai apstrādātu dažādos reālos apstākļos iegūtus attēlus;
- Plaukstu datu iegūšanas un apstrādes algoritmu paralelizācija un implementēšana iegūtās sistēmās;
- Plaukstu datu šifrēšanas paņēmieni izpēte, datu efektīvas glabāšanas paņēmieni izpēte un testēšana;
- Plaukstu datu nolasītāja datu drošības risinājumu, datu pārraides arhitektūras un nepieciešamā drošības līmeņa izpēte.

Trešajā pārskata periodā ir uzsākts darbs pie projekta aktivitātes „Eksperimentālā izstrāde” apakšaktivitātēm:

- Plaukstu datu nolasīšanas un apstrādes sistēmas prototipa elektroniski iespaidplašu izstrāde, montāža un testēšana;
- Plaukstu datu nolasīšanas un apstrādes sistēmas prototipa kopējā montāža un testēšana.

Rezultātu kopsavilkums

Projekta trešajā periodā (01.07.2014.-30.09.2014.) veikto pētniecības uzdevumu un rezultātu kopsavilkums ir sekojošs:

Plaukstu datu apstrādes algoritmu izpēte, lai apstrādātu dažādos reālos apstākļos iegūtus attēlus:

Šajā kontekstā par vektorālām (vai punktu) pazīmēm sauku tādus pazīmes, kas attēlā tiek:

- aprakstītas pēc koordinātēm, kurās ir atrastas (katrai pazīmei – savs koordinātu pāris (x,y) klāt pie pārējām aprakstošām vērtībām),
- izdalītas nevienmērīgi (nav piesaistītas pie noteiktām stabilām koordinātēm un var variēt no attēla uz attēlu).

Papildus šiem kritērijiem vektorālās pazīmes var būt:

- izdalītas mainīgā daudzumā (dažas pazīmes var neeksistēt nākamajā attēlā, bet dažas jaunas var parādīties).

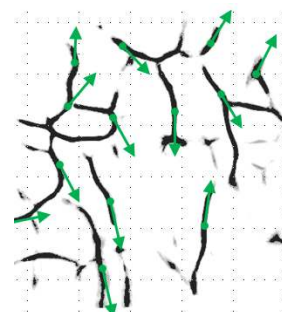
Viens no pazīmju veidiem ir lokāli-maksimālās NH-CMF līniju intensitātes (pirmais apraksts: Palm Vein Biometrics Based on Infrared Imaging and Complex Matched Filtering, M. Greitans, M. Pudzs, R. Fuksis), kas tiek aprakstītas ar pozicionētiem intensitātes vektoriem (*matching intensity vectors*).

Vienkāršākais šo pazīmju detektēšanas veids ir izmantot lokālo MAX(ABS()) operāciju – tā garantē vienmērīgu punktu izvietojumu attēlā un nemainīgu pazīmju skaitu. Katra pazīme tiek aprakstīta izmantojot 4 vērtības: atrašanās vietu (x, y) un līnijas virziena-intensitātes vektora parametrus (dx, dy).

Pazīmju salīdzināšanas notiek pēc sekojoša principa (Processing of Palm Print and Blood Vessel Images for Multimodal Biometrics, M. Greitans, M. Pudzs, R. Fuksis, BioID 2011):

Katrs vektors no attēla 1 tiek salīdzināts ar katru vektoru no attēla 2, novērtējot:

- a. vektoru ietekmi uz līdzības koeficientu (proporcionāla vektoru garumiem / izdalīto līniju intensitātēm $|v_p(A)| \cdot |v_q(B)|$),



b. vektoru leņķisko atšķirību $|\cos \angle(v_p(A), v_q(B))|$,

c. vektoru pozicionēšanas atšķirības - $\exp\left(-\frac{d_1^2}{\sigma_1^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{d_2^2}{\sigma_2^2}\right)$.

Kopumā divu vektoru līdzības koeficients ir:

$$s_{p,q} = |v_p(A)| \cdot |v_q(B)| \cdot |\cos \angle(v_p(A), v_q(B))| \cdot \exp\left(-\frac{d_1^2}{\sigma_1^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{d_2^2}{\sigma_2^2}\right)$$

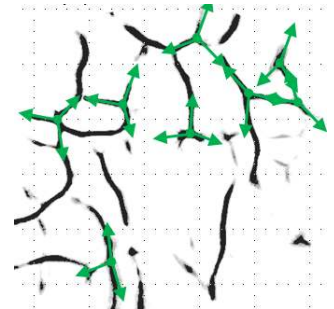
Bet divām vektoru kopām (katra uzņemta savam attēlam – A un B), līdzības koeficientu aprēķina sekojoši:

$$s(A, B) = \sum_p \sum_q s_{p,q}$$

Lai aprēķināta vērtība būtu izteikta vienībās no 0...1 (procentos), koeficientu mērogo sekojoši:

$$S(A, B) = \frac{s(A, B)}{\sqrt{s(A, A) \cdot s(B, B)}}$$

Otrs veids kā aprakstīt asinsvadu/rievu struktūras ir A. Smolovska aprakstītas RVVA pazīmes. Katra RVVA pazīme ir trīs (vai vairāku) līniju krustpunkti. Šādu krustpunktu detektēšana atšķiras no intensīvāko līniju detektēšanas un prasa speciālo algoritmu pielietojšanu; kā arī nenodrošina vienādu pazīmju skaitu visos attēlos (pat vairāk – dažiem attēliem, rievojuma/asinsvadu tīklojuma struktūras dēļ, izdalīto krustpunktu skaits var būt arī 0).



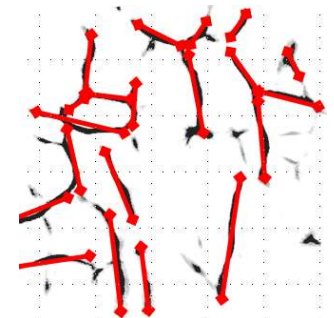
Ja katru krustpunktu aprakstošus vektorus apraksta kā: $v_{p,1}$, $v_{p,2}$ un $v_{p,3}$, tad attēla līdzības koeficienta aprēķins notiek sekojoši:

- Novērtētas līdzības starp katru vektoru no viena krustpunkta ar katru vektoru no otra krustpunkta:

$$s_{p,q} = \sum_{i=1}^3 \max_j |v_{p,i}(A)| \cdot |v_{q,j}(B)| \cdot |\cos \angle(v_{p,i}(A), v_{q,j}(B))| \cdot \exp\left(-\frac{d_{1i}^2}{\sigma_1^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{d_{2j}^2}{\sigma_2^2}\right)$$

Pārējais aprēķinu process norisinās līdzīgi, kā iepriekš aprakstītām pazīmēm. Var redzēt, ka divu attēlu salīdzināšanai izmantojot šo pieeju ir nepieciešama liela aprēķinu jauda, salīdzinot 1. attēla katras pazīmes katru vektoru ar 2. attēla katras pazīmes katru vektoru. Attēlos ar lielu krustpunktu skaitu (piem. rievu attēliem) ieteicams lietot citu metodi.

Līniju pazīmes ir trešais veids kā var aprakstīt asinsvadu / rievojuma struktūras. Līnijas varētu detektēt kā lokālos nogriežņus, izmantojot Hjū transformāciju; aprakstīt pēc sākuma un beigu punktu koordinātēm (x_1, y_1, x_2, y_2) . Salīdzināšanas veids pagaidām nav izstrādāts.

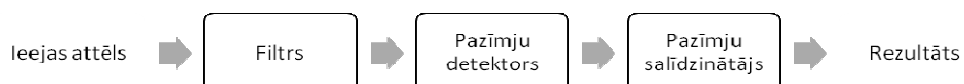


Katra pazīmju veida priekšrocības un trūkumi:

PAZĪMJU VEIDS	PIEKŠROCĪBAS	TRŪKUMI
LOKĀLI IZTEIKTĀKĀS LĪNIJAS	Viegli detektēt, Vienkāršākā salīdzināšana (katrs punkts ar katru),	Var bīdīties gar līniju, kurā tiek detektēti, Problēmas ar blakus-esošām līnijām (maksimumi var detektēties no attēla uz attēlu pamīšus), Detektētais maksimums pārlec starp šūnām, kurā notiek detektēšana, ja attēls bīdās.
LĪNIJU KRUSTPUNKTI	Vienkārša detektēšana, Atkārtojamība (nam problēmu ar detektēšanas šūnām un blakus-esošām līnijām)	Skaitu nosaka krustpunktu skaits – dažiem attēliem var būt pārāk mazs, Aprēķinu-intensīva attēlu salīdzināšana.
LĪNIJAS	Detektēšanai neizmanto režģus ar šūnām, Nevar nebūt nodedektēti, ja attēlā ir līnijas.	Grūti detektēt (Hjū transformācija).

Paņēmiens izmantojamo pazīmju efektivitātes novērtēšanai

Attēlu filtra, pazīmju detektora vai salīdzināšanas algoritma (visur neizslēdzošais „vai”) izstrādē ir nepieciešams koriģēt algoritma uzbūvi un pieskaņot parametrus. Šajā procesā ir nepieciešams paņēmiens – kā novērtēt iegūtās sistēmas „darbības kvalitāti”, lai radītu atgriezenisko saiti starp veiktām algoritma izmaiņām, un iegūstamiem rezultātiem.



Att. 1 - Veidojamā sistēma – sastāv no trīs komponentiem, kur katrs ir jāpieskaņo

Veidojamā sistēma ir pārāk sarežģīta (Att. 1), lai algoritma izmaiņas novērtētu „ar aci”, tāpēc arī ir domāta šī datu konsistences koeficienta aprēķinu metodika. Tā balstās uz sekojošiem pieņēmumiem:

1. Sistēmas „darbības kvalitāte” tiek vērtēta pēc tajā apstrādājamiem datiem;

Apskatītajā gadījumā šie dati ir (secīgi, no datu avotam līdz rezultātiem): uzņemtais plauksts attēls, filtrētais plauksts attēls, detektētas plauksts pazīmes, salīdzināšanas rezultāts (uzņemta attēla un datubāzes attēla līdzība). Tā kā katra nākamā vērtība ir atkarīga no visām iepriekšējām, tad novērtēt visas var *savstarpējie attēlu salīdzināšanas rezultāti*. Attēlu līdzība būs fundamentāls jēdziens šajā materiālā, taču aprakstīts šis materiāls būs citādāk – intuīcija par „darbības kvalitātes” novērtēšanas tehniku būs saistīta ar iegūto pazīmju (vienai personai) vienmērību (konsistenci / atkārtojamību).

2. Biometrisko datu salīdzināšanas paņēmiens tiks ņemts vērā, rēķinot biometrisku datu konsistenci, šādi izpildot punktu 1.

Ja apskatāmai personai algoritmam izdodas dabūt stabili atkārtojamās pazīmes, tad dati ir konsistenci un arī gadījumos, kad šie dati nereprezentē tikai izvēlētas biometriskas pazīmes (tieši asinsvadu tīklojumu pēc asinsvadu izdalīšanas filtra, un rievas – pēc rievu izdalīšanas filtra), personu varēs atpazīt citu personu starpā.

Protams, tiks ņemta vērā arī iegūstamo pazīmju izkliede citu personu starpā. Tas arī saprotams, jo ja datu apstrādes algoritms apraksta visas personas ar vienām un tām pašām pazīmēm, tad savstarpēja personu atšķiršana nav iespējama.

Viens no veidiem kā aprakstīt pārējām personām iegūstamās pazīmes, ir tīpašu ja nav pietiekami lielas datubāzes, ir pazīmju parametru statistiskā novērtēšana un „vidēji statistiskās” svešas plauksts ģenerēšana. Šādā gadījumā apskatāmās personas pazīmes tiek salīdzinātas pret gadījuma ģenerētām vidējām svešo plaukstu pazīmēm. Tāpēc:

3. Galvenais sistēmas darbības novērtējums ir vienas personas biometrisku datu konsistence, salīdzinājumā pret gadījuma ģenerētiem datiem.

Šis moments (salīdzināšana ar gadījuma ģenerētiem datiem) ir ņemts no Huberta Schoutena darbā „Statistical measurement of interobserver agreement” [1] aprakstītā „Kappa” koeficienta. Pēc [1] koeficientu Kappa rēķina (lai novērtētu piem., vairāku ekspert-atzinumu savstarpēju saskaņu) sekojoši:

$$k = \frac{o - e}{1 - e} [\%], \quad (1)$$

kur o – datos novērojamā saskaņa (no vārda „observed”), e – datos sagaidāma saskaņa, ja ekspert-atzinumi būtu gadījuma-ģenerētie (no vārda „expected”), 1 – ideālā saskaņa starp datiem (tāda būtu iespējama tikai ja visi eksperti nosaka precīzi vienu un to pašu secinājumu bez jebkādam deviācijām). Ideju, kas slēpjas zem šīs formulas var saprast ar šādu zīmējumu no [1]:

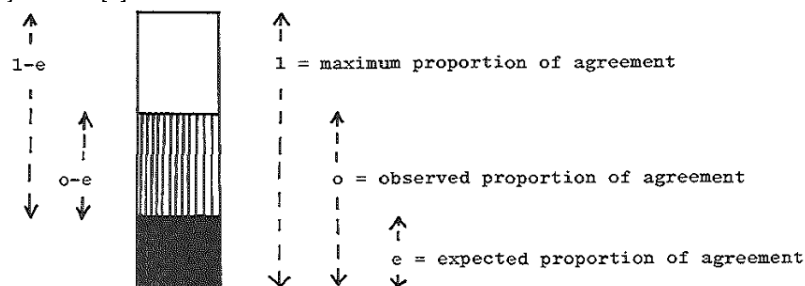


FIGURE 1.2-1 Interpretation of $kappa = \frac{o-e}{1-e}$

Att. 2 - Paskaidrojošais zīmējums Kappa formulai [1]

Kā redzams Att. 2, Kappa ir procentuāli izteikts lielums – cik lielu saskaņu o eksperti ir sasnieguši, salīdzinājumā pret ideālo (jeb, 1), ignorējot iespējamo gadījuma-veida sakrītību e . Gadījuma-veida sakrītība ekspert-atzinumiem ir iespējama tīri no statistiskiem apsvērumiem: piemēram, ja ir zināmas N diagnozes kādai slimībai, tad pirmajam

ekspertam ir varbūtība noteikt konkrēto slimību ir $p_1 = \frac{1}{N}$, bet otrajam ekspertam varbūtība piekrist pirmajam

ekspertam ir $p_2 | p_1 = \frac{1}{N^2}$, pat ja abi eksperti savas darbības veiks gadījuma-veidā. Šādu gadījuma-veida sakrītību Kappa koeficienta aprēķinā ignorē. Līdzīgi, mērot plauksts pazīmju konsistenci, jāignorē arī iespējamo datu sakrītību pazīmēm, kas var būt līdzīgas tīri gadījuma-veidā. Piemēram, noteiktas rievas (*palmar, thenar creases*) ir redzamas visiem cilvēkiem gandrīz vienādi un nevar kalpot kā biometriskā informācija šo cilvēku atšķiršanai.

Konsistences koeficienta aprēķins

Biometrisku datu konsistences koeficients var tikt rēķināts šādi:

$$consistency = \frac{\bar{S}_{observed} - \bar{S}_{chance}}{\bar{S}_{ideal} - \bar{S}_{chance}} [\%] \quad (2)$$

Kur visi lielumi \bar{S} ir vidējas līdzības. Apskatīsim katru vērtību sīkāk, pieņemot, ka ir dota datubāze ar apskatāmās personas biometriskiem attēliem $p(n), n = 1 \dots N$, un datubāze ar svešo personu (vai gadījuma-veida ģenerētiem) biometriskiem attēliem $q(m), m = 1 \dots M$.

Ideālā līdzība \bar{s}_{ideal} ir apskatāmās personas biometrisko attēlu līdzības koeficientu $s(p_i, p_i)$ maksimālo vērtību vidējais novērtējums:

$$\bar{s}_{ideal} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N s(p(n), p(n)) \quad (3)$$

Šī vērtība ir analogs vērtībai „1” Kappa koeficienta aprēķinā. Vidējā novērojamā līdzība biometriskiem datiem ir aprēķināmā sekojoši (un ir analogs lielumam „0” Kappa koeficienta aprēķinā):

$$\bar{s}_{observed} = \frac{1}{N^2} \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^N s(p(n), p(k)) \quad (4)$$

Gadījumu-veida sakritība biometriskiem datiem (analogs vērtībai „e” Kappa koeficienta aprēķinā) tiek aprēķināta sekojoši:

$$\bar{s}_{chance} = \frac{1}{N \cdot M} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M s(p(n), q(m)) \quad (5)$$

Šādi, aprēķinātais datu konsistences koeficients apmierina visas iepriekšēji uzstādītas prasības:

- Tas ir vienāds ar 100% tikai gadījumā, ja dati $p(n)$ ir visi identiski,
- Tas ir vienāds ar 0% tikai gadījumā, ja datus $p(n)$ nevar atšķirt no datiem $q(m)$,
- Tā vērtība ir atkarīga un pozitīvi korelē ar apskatāmo datu $p(n)$ savstarpējo līdzību,
- Tā vērtība ir atkarīga un negatīvi korelē ar svešo datu $q(m)$ savstarpējo līdzību.

Izvestais datu konsistences koeficients var tikt izmantots biometriskā sistēmā esošo funkcionālo moduļu vispārīgam darbības novērtējumam, taču tas prasa intensīvus aprēķinus – savstarpējus attēlu salīdzināšanas koeficientus $s(p(n), p(k))$ un $s(p(n), q(m))$, kas lielai datubāzei var aizņemt lielu laika periodu, lai aprēķinātu.

Plaukstu datu iegūšanas un apstrādes algoritmu paralelizācija un implementēšana iegultās sistēmās:

Lai daļēji izveidotos plaukstu detektēšanas, ROI atrašanas un biometrisku pazīmju izdalīšanas algoritmu precizitāti tuvināti varētu novērtēt Matlab vidē, tie tika pārveidoti, izmantojot fiksētā punkta aritmētiku – šādi algoritmi tiek tuvināti vai ir identiski tādiem, kādi tiks implementēti FPGA – iespējams algoritmus precīzi simulēt un novērtēt to, kādi vārda garumi izmantotami.

Jāņem vērā, ka darbības, kuras iespējamas realizēt uz FPGA:

- aritmētiskās darbības: +, -, /, *;
- salīdzināšanas darbības: <, >, ≥, ≤, ==;
- minimālās / maksimālās vērtības meklēšanu (min, max);
- loģiskās operācijas, piem., |, & u.c., arī kombinācijas, piem., a | (b & (c | d));
- bitu pārbīdi (šādi tiek veikta reizināšana ar 2^n , kur n – vesels skaitlis);
- darbību a^b , ja b – naturāls skaitlis;
- Tādas darbības, kā sin(a), cos(a), atan(a), ctan(a), exp(a), log(a) var aprēķināt tuvināti, izmantojot CORDIC algoritmu, bet jābūt kādam īpašam iemeslam šo operāciju izmantošanai;
- Tuvināti var aprēķināt arī dažādas izteiksmes, piem., $c = \sqrt{a^2 + b^2}$.

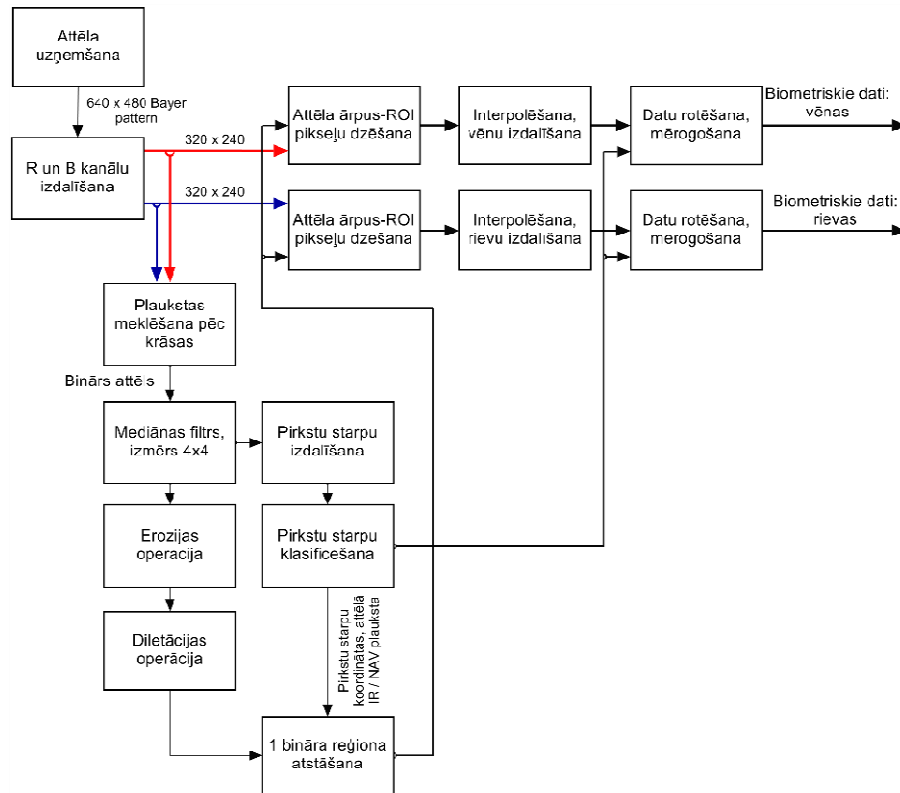
Pastāv arī dažādi citi algoritmi, kurus iespējams implementēt un kuri aizgūti no datortehnoloģiju pirmsākumiem – piem., iespējams attēlā ievilkt riņķa līniju vai elipsi tikai izmantojot bitu pārbīdes un saskaitīšanas operācijas, neizmantojot riņķa līnijas vienādojumu.

Papildus tam, ka tiek izmantotas tikai minētās darbības, algoritms tiek pārrakstīti, izmantojot fiksēto punktu. Kā piemērs - bloka ieejā (sākotnēji kādam Matlab skriptam vai funkcijai) tiek padots unsigned tipa mainīgais ar vārda garumu 16 biti, bet decimālās daļas – 8 biti – t.i. S=0, W=16, F=8. Uzskatāmības labad piemērā tiks izmantota pseido-random 100 skaitļu vektors:

```
W = 16
F = 8
S = false
fi_num = numerictype('Signed', S, 'WordLength', W, 'FractionLength', F);
a = fi(randi(65536, 1, 100)/2^8, fi_num);
```

Mainīgā a veselās daļas garums ir 8 biti. Piemēra labad veiksīm ar mainīgo dažādas aritmētiskās un loģiskās darbības. Komentāros paskatīsimies, cik gara reāli var būt vārda veselā daļa:

```
% Ceļam skaitļus kvadrātā veselās daļas maksimālais garums - 8*2=16 biti:
b = a.*a;
% Dalām skaitļus ar 4, veselās daļas garums - 16-2=14 biti:
c = b/2^2;
% Dalām skaitļus ar 4, izmantojot bitshift operāciju, veselās daļas garums -
14-2=12 biti:
d = bitshift(c, -2);
```

Att. 4 – Iespējamā algoritmu blokshēma, 2. variants

Izvēli par labu vienam vai otram no piedāvātajiem variantiem noteiks biometrisku datu salīdzināšanas rezultāti.

Šajā laika posmā arī tika veikti sekojoši uzdevumi saistībā ar algoritmu implementēšanu FPGA:

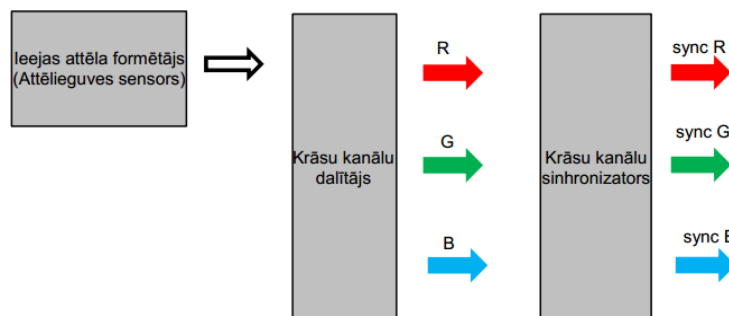
- paplašinātas atklūdošanas iespējas tālākai sistēmas darbībai:
 - iespēja nosūtīt/saņemt datus no/uz datora – gan baita vērtības, gan masīvus;
 - dažādu attēlu iegūšana datorā un nosūtīšana no datora;
- Apstrādes algoritmu (filtru) iespējamie realizācijas veidi.

Ņemot vērā to, ka atklūdošana FPGA bāzētās sistēmās ir apgrūtināta, tā iemesla pēc, ka signālu ģenerēšana un reprezentācija ir pašā zemākajā līmenī (bitos vai to masīvos), tad tika izveidota speciāla pieeja, lai šo procesu atvieglotu un padarītu turpmāko izstrādi ērtāku.

Pirmais posms bija pilnveidot datu nosūtīšanu/saņemšanu no datora uz/no FPGA. Tas ļauj ērtākā veidā ģenerēt un reprezentēt datus, piemēram, bīdes kvalitātes novērtēšana. Iepriekšējos mēnešos tika realizēta vienkārša funkcionalitāte, kas ļauj nosūtīt / saņemt baita vērtības no/ uz datora. Šajos mēnešos, šī funkcionalitāte tika papildināta ar masīva nosūtīšanu (lieti noder, ja jāsūta vai jāsaņem bīde), tika izveidoti 64 kanāli šādā tipa funkcionalitātei. Šis process tika izveidots parametrizējams, lai atvieglotu koda modifikāciju tālākai izstrādei, tas ir, nepieciešamības gadījumā atliek nomainīt konstantes un kanālu skaits tiek nomainīts uz sev nepieciešamo.

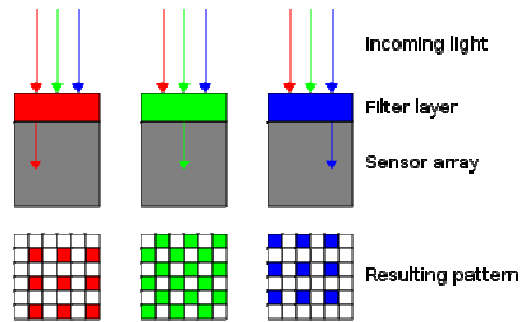
Vairāki kanāli tiek izmantoti, jo pie katra kanāla varēs izvadīt kādu no apstrādes starposmiem un pārliecināties par tā pareizību, kā arī daļēji aizstāt MATLAB koda realizāciju ar daļēju funkcionalitātes implementāciju FPGA.

Kā piemērs var tikt apskatīts oriģinālas bīdes iegūšana un šīs pašas bīdes sadalīšana krāsu kanālos (krāsu kanālu sadale notiek FPGA). Realizācija tiks aprakstīta turpmāk tekstā.



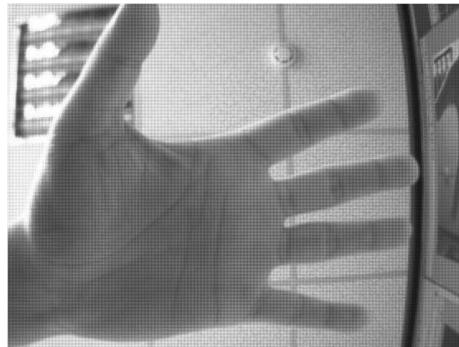
Izveidojot vairākus kanālus datu nosūtīšanai ir iespējams pieslēgties pie katras izejas un nepārkompilejot dizainu, notestēt izveidoto moduļu pareizību, tādā veidā paātrinot un atvieglot atklūdošanas gaitu. Turpinot attīstīt šo sistēmu, tādā pat veidā varēs pieslēgties dažādiem filtriem, piemēram, Gausa.

Nākamais solis bija veikt priekšapstrādi ieejas attēlam. Tas saistās ar krāsu kanālu sadali. Ieejas attēls tiek iegūts pēc "Bayer pattern" izklājuma, tas nozīmē, ka katrs pikselis nesatur pilno krāsu informāciju (katram pikselim nav RGB komponentes), bet gan tikai viena krāsu komponente – R, G vai B.



Att. 5 - Bayer pattern

Apskatot šo pikseļu izkārtojumu tiek veidots speciāls modulis, kas ieejas datu plūsmu sadala pēc krāsām – izejā tiek iegūti samazinātas izšķirtspējas attēli, un katrs atdalītais kanāls reprezentē savu krāsu, attiecīgi R, G vai B. Tas tiek darīts, jo kolēģu pētījumi liecina, ka ar vienu uzņemto bildi var iegūt informāciju par asinsvadiem (ņemot sarkano kanālu) un informāciju par rievām – ņemot zilo krāsu kanālu. Tas ir attēlots Att. 6, Att. 7, Att. 8.



Att. 6 - Oriģinālais attēls - 640x480 pikseļu izšķirtspēja



Att. 7 - Sarkanais kanāls - 320x240 pikseļu izšķirtspēja



Att. 8 – Zilais kanāls - 320x240 pikseļu izšķirtspēja

Pēc šīs operācijas ir nepieciešams veikt šo krāsu kanālu sinhronizāciju tā, lai tie būtu "izlīdzināti" laikā un šos datus būtu iespējams nodot tālākai apstrādei. Šī uzdevuma veikšanai bija nepieciešams izveidot galīgu stāvokļa automātu (FSM).



Att. 9 - Sadalīto krāsu kanālu savstarpēja izlīdzināšana pēc laika

Pēc šo uzdevumu veikšanas tiek pieslēgta iepriekš izveidota funkcionalitāte, kas ļauj mums iegūt katru no šiem starposmiem datorā un pārlicināties, ka iegūtās bildes ir pareizas.

Detalizētākai pārbaudei tiek nolemts nodrošināt iespēju nosūtīt ieejas attēlu no datora, kas ļautu stabili kontrolēt vēlamā attēla īpašības un līdz ar to būtu paredzams apstrādātā attēla rezultāts.

Šim nolūkam mēs izmantojam vienu ieejas kanālu, caur kuru ir iespējams nosūtīt masīvu no datora.

Lai izdalītu nepieciešamo informāciju no plaukstas attēliem (informācija par asinsvadu un rievu tīklojumu) iegūtos attēlus ir nepieciešams apstrādāt ar dažādiem 2D filtriem. Pirmais posms ir veikt attēlu izpludināšanu (Blurring), tas tiek panākts izmantojot 2D Gausa filtrus. Standarta pieeja šādos gadījumos ir izmantot 2D FIR filtru, kuram tiek nosūtīti maskas koeficienti, kas reprezentē Gausa funkciju. Lai gan šī pieeja ir realizējama FPGA, tomēr, resursu ziņā, tas nav pieņemams. Tāpēc tika apskatītas citas realizācijas metodes kā, piemēram, simetrisku filtru implementēšana FPGA. Simetrisks filtrs ir tāds, kuram x un y virzienos maskas vērtības sakrīt. Šādus filtrus ir iespējams realizēt kā virknē slēgtus divus 1D FIR filtrus. Ja salīdzināt šādu realizācijas sarežģītību, tad pirmajā variantā sarežģītība ir N^2 , bet otrajā variantā sarežģītība ir $2N$, kur N ir maskas garums. Būtiska nozīme ir arī filtru izkārtojumam, tas ir, kādā virzienā tiks veikta pirmā apstrāde, pēc novērtēšana, tika secināts, ka lietderīgāk filtrēt vertikālajā (y) virzienā, bet pēc tam horizontālajā (x) virzienā. Arī šādā veidā tiek panākta resursu taupīšana.

Plaukstu datu šifrēšanas paņēmieni izpēte, datu efektīvas glabāšanas paņēmieni izpēte un testēšana:

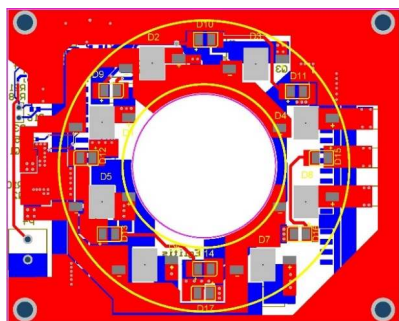
Tika izpētīta un implementēta MATLAB vidē Slepian-Wolf kodēšanas sistēma, ar mērķi pielāgot to plaukstu biometrijas datu šifrēšanai. Lai saprastu biometrijas datu glabāšanas un autentifikācijas tendences, tika apskatīti vairāki raksti: Neyire Deniz Sarier, „A New Approach for Biometric Template Storage and Remote Authentication, Advances in Biometrics Lecture Notes in Computer Science Volume”, Barbosa, M., Brouard, T., Cauchie, S., de Sousa, S.M. „Secure biometric authentication with improved accuracy”, Schoenmakers, B., Tuyls, P. „Efficient binary conversion for paillier encrypted values”, Boyen, X., Dodis, Y., Katz, J., Ostrovsky, R., Smith, A.: „Secure remote authentication using biometric data”, kā rezultātā tika veidots biometrijas datu šifrēšanas algoritms MATLAB vidē, izmantojot plaukstu rievu un asinsvadu datus ar HoG algoritma palīdzību. Tika veikts darbs arī pie šifrēšanas algoritma izstrādes, izmantojot biometrijas datu vektoru, kas iegūts ar histogram of vector algoritma palīdzību, izstrādāta BioHash šifrēšanas programmatūra, kas šobrīd tiek testēta un atklājota.

Plaukstu datu nolasiņājamā datu drošības risinājumu, datu pārraides arhitektūras un nepieciešamā drošības līmeņa izpēte:

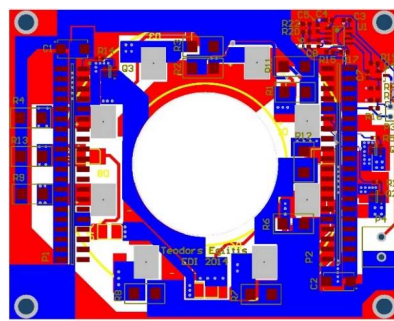
Šajā pārskata periodā tika apskatīti un analizēti biometrijas datu drošības līmeņi mūsdienu sistēmās, lai šāda veida algoritmus varētu realizēt iegultās sistēmās. Tika uzsākta biometrijas datu drošības līmeņa noteikšanas algoritma implementēšana, tā problēmu izpēte un algoritma uzlabošana. Nākamajos pārskata periodos tiks turpināts darbs pie šī algoritma uzlabošanas un papildināšanas, lai to varētu izmantot projekta veidotajā sistēmā. Tiks apskatīti arī papildus algoritmi, ar mērķi tos izmantot esošā algoritma papildināšanai un drošības līmeņa paaugstināšanai.

Plaukstu datu nolasiņāšanas un apstrādes sistēmas prototipa elektroniski iespaidplašu izstrāde, montāža un testēšana:

Pētījumu rezultātā tika noteikta nepieciešamā zilā un tuvā-infrasarkanā (850 nm) apgaismojuma jauda un izvēlētas gaismas diodes un to izvietojums veidojamajai iekārtai, lai ar iekārtu uzņemtajos attēlos būtu optimāli apgaismota plauksta, pie kam, būtu iespējams uzņemtajos attēlos detektēt plaukstu, atrast tajos ROI, kā arī izdalīt plaukstu biometrisko informāciju – plaukstu vēnu un rievu tīklojumu. Tika arī izprojektēta diožu plate (turpmāk LED plate), uz kuras novietotas gaismas diodes, kā arī ventilatora kontroles integrālā mikroshēma. LED plates struktūrschéma redzama šī darba pielikumā, bet PCB shēmas slāņi, skatā no augšas un apakšas apskatāmi attiecīgi Att. 10 un Att. 11.



Att. 10 – PALMS LED plates PCB shēmas augšējais slānis



Att. 11 – PALMS LED plates PCB shēmas apakšējais slānis

Plaukstu datu nolasiņāšanas un apstrādes sistēmas prototipa kopējā montāža un testēšana:

Pētījumu rezultātā tika noskaidrots iespējams veids, kā veidot iekārtas augšējo daļu, lai ierobežotu apkārtējā apgaismojuma (dabīgā un mākslīgā) ietekmi uz uzņemto attēlu kvalitāti – izveidojot blendi, kā arī samazinot atstarojumus, veidojot iekārtas augšējo daļu grubuļainu un melnā krāsā, kā arī minimizējot to daļu, kas atstaro gaismu – caurspīdīgo objektīva aizsargstiklu un matēto diožu gaismas izkliedētāju. Att. 12 redzams veidojamās iekārtas korpuss ar blendi. Iekārtai tiek prezentēta plauksta. Att. 13 redzama veidojamā biometriskā sistēma bez blendes.



Att. 12 – veidojamā biometriskā sistēma. Attēlā redzama iekārtas korpuss ar blendi aizsardzībai no apkārtējā apgaismojuma. Iekārtai tiek prezentēta plauksta.



Att. 13 – veidojamā biometriskā sistēma bez blendes

Secinājumi

Projekta PALMS pētnieciskā darbība „Rūpniecisko pētījumu” aktivitātē tiek sekmīgi turpināta. Noris plaukstu datu apstrādes algoritmu izpēte, plaukstu datu iegūšanas un apstrādes algoritmu paralelizācija, implementēšana iegultās sistēmās un plaukstu datu šifrēšanas paņēmieni izpēte un plaukstu datu nolasītāja datu drošības risinājumu, datu arhitektūras un nepieciešamā līmeņa izpēte.

Plaukstu datu apstrādes algoritmu izpēte, lai apstrādātu dažādos reālos apstākļos iegūtus attēlus. Tika izpētītas vektoriālas pazīmes, kas aprakstītas pēc koordinātēm un izdalītas nevienmērīgi. Noteikti trīs pazīmju veidi – lokāli izteiktākās līnijas, līniju krustpunkti un līnijas. Veikts konsistences koeficienta aprēķins, kas apmierina visas uzstādītās prasības. Turpmākā darbā tiks apskatīti citi algoritmi, ko iespējams implementēt sistēmā.

Plaukstu datu iegūšanas un apstrādes algoritmu paralelizācija un implementēšana iegultās sistēmās. Izmantot fikstā punkta aritmētiku, tika daļēji pārveidoti plaukstu detektēšanas, ROI atrašanas un biometrisko pazīmju izdalīšanas algoritmi, ar mērķi novērtēt to precizitāti FPGA. Lai izdalītu nepieciešamo informāciju no plaukstu attēliem, turpmāk tiks apskatīti papildus filtri implementēšanai FPGA.

Plaukstu datu šifrēšanas paņēmieni izpēte, datu efektīvas glabāšanas paņēmieni izpēte un testēšana. Šajā pārskata periodā tika izpētīti vairāki biometrijas datu šifrēšanas algoritmi, no kuriem daļa arī tika implementēti MATLAB vidē un veikta to eksperimentāla pārbaude. Kā ieejas dati, tika izvēlēti iepriekš iegūtie plaukstu attēli, no kuriem tiek izdalītas rievās un asinsvadi. Iegūtie datu vektori tālāk tiek šifrēti, izmantojot Slepian-Wolf kodēšanas sistēmu kā arī BioHash (biometrijas datu šifrēšanas algoritmu). Nākamajos pārskata periodos tiek plānots turpināt darbu pie biometrijas datu šifrēšanas algoritmu izstrādes un testēšanas, lai novērtētu kopējo sistēmas precizitāti izmantojot dažādas šifrēšanas metodes, kas varētu tikt implementētas veidotajā sistēmā. Kā arī, ir būtiski novērtēt algoritma sarežģītību, lai novērtētu tā implementēšanas iespēju gala sistēmā.

Plaukstu datu nolasītāja datu drošības risinājumu, datu pārraides arhitektūras un nepieciešamā drošības līmeņa izpēte. Tiks turpināts darbs pie datu drošības līmeņa noteikšanas algoritma uzlabošanas un papildināšanas, lai to varētu izmantot projekta veidotajā sistēmā. Tiks apskatīti arī papildus algoritmi, ar mērķi tos izmantot esošā algoritma papildināšanai un drošības līmeņa paaugstināšanai.

Šajā periodā ir uzsākta projekta darbība „Eksperimentālās izstrādes” aktivitātē. Noris plaukstu datu nolasīšanas un apstrādes sistēmas prototipa elektroniski iespiedplašu izstrāde, montāža un testēšana, plaukstu datu nolasīšanas un apstrādes sistēmas prototipa kopējā montāža un testēšana.

Plaukstu datu nolasīšanas un apstrādes sistēmas prototipa elektroniski iespiedplašu izstrāde, montāža un testēšana. Tika noteikta nepieciešamā apgaismojuma jauda un gaismas diodes, kā arī to izvietojums, iekārtas prototipam, lai uzņemtajos attēlos būtu optimāli apgaismota plauksta. Turpināsies darbs pie plaukstu detektēšanas uzņemtajos attēlos, un pie plaukstu informācijas nolasīšanas no tiem.

Plaukstu datu nolasīšanas un apstrādes sistēmas prototipa kopējā montāža un testēšana. Izpētīts iekārtas virsējās daļas izveides princips, ar mērķi ierobežot apkārtējās gaismas ietekmi uz uzņemto attēlu kvalitāti. Tiks turpināts darbs pie pārējo daļu izveides un traucējošo apstākļu novēršanas.

Publicitātes aktivitātes ietvaros ir izveidota un tiek uzturēta projekta mājas lapa EDI mājas lapas ietvaros, informācija par projektu ievietota gan www.bite.edi.lv, gan biometrijas grupas twitter kontā, par projekta uzsākšanu ir ievietota preses relīze nacionālā ziņu aģentūrā LETA un projekta norises vietā ir izvietota plāksne. Sekmīgi ir nodrošināta projekta vadība, regulāri notiek vadības grupas sēdes. Uzraudzības padomes sēdēs veikta projekta gaitas un iespējamo risku analīze.

Projekta izpildītājs T.Eglītis Fraunhoferas institūtā IGD, Vācijā, Darmštatē, sniedza informāciju par projekta PALMS pētniecības rezultātiem un problēmām un BIOSIG 2014 ietvaros, diskusijās ar biometrijas jomas pētniekiem no visas pasaules, apsprieda aktuālās projekta pētniecības problēmas.