

Technical University of Košice



**Faculty of Electrical Engineering  
and Informatics**

**Electrical Engineering and Informatics**

**XII**

Proceedings of  
the Faculty of Electrical Engineering and Informatics  
of the Technical University of Košice

**ISBN 978-80-553-3940-5**

2021

**Electrical Engineering and Informatics XII**  
**Proceedings of the Faculty of Electrical Engineering and Informatics**  
**of the Technical University of Košice**

Published by: Faculty of Electrical Engineering and Informatics  
Technical University of Košice  
Letná 9, 040 01 Košice, Slovak Republic

Date of publication: August 2021 Language: English, Slovak  
Printing: 50 pieces CD Pages: 471

Editorial board chairman: prof. Ing. Alena Pietriková, CSc.

Proceedings reviewers: prof. Ing. Ján Paralič PhD.  
prof. Ing. Daniela Perduková, PhD.  
prof. Ing. Alena Pietriková, CSc.  
prof. Ing. Ján Šaliga, CSc.  
Dr.h.c. prof. RNDr. Ing. Ján Turán, DrSc.  
prof. Ing. Iveta Zolotová CSc.  
assoc. prof. Ing. Norbert Ádám, PhD.  
assoc. prof. Ing. Anton Baláž, PhD.  
assoc. prof. Ing. Lubomír Beňa, PhD.  
assoc. prof. Ing. Marek Bundzel PhD.  
assoc. prof. Ing. Peter Butka PhD.  
assoc. prof. Ing. Lubomír Doboš, PhD.  
assoc. prof. Dr. Ing. Bystrík Dolník  
assoc. prof. Ing. Miloš Drutarovský, PhD.  
assoc. prof. Ing. Jaroslav Džmura, PhD.  
assoc. prof. Ing. Mária Gamcová, PhD.  
assoc. prof. Ing. Ján Gamec, PhD.  
assoc. prof. Ing. Eva Chovancová, PhD.  
assoc. prof. Ing. Ján Kaňuch, PhD.  
assoc. prof. Ing. Iraida Kolcunová, PhD.  
assoc. prof. Ing. Milan Lacko, PhD.  
assoc. prof. Ing. Marián Mach CSc.  
assoc. prof. Ing. Kristína Machová PhD  
assoc. prof. Ing. Dušan Medveď, PhD.  
assoc. prof. Ing. Ján Papaj, PhD.  
assoc. prof. Ing. Jaroslav Petráš, PhD.  
assoc. prof. Ing. William Steingartner, PhD.  
assoc. prof. Dr. Ing. Ján Vaščák  
assoc. prof. Ing. Jaroslava Žilková, PhD.

Editors: prof. Ing. Alena Pietriková, CSc.  
Ing. Emília Pietriková, PhD.

# Contents

<b>Martin Kolek, Roman Cimbala, Peter Havran</b> <i>Electrophysical properties of solid insulation materials</i> .....	7
<b>Luboš Ovseník, Jakub Oravec, Maroš Lapčák, Norbert Zdravecký</b> <i>Návrh automatizovaného systému pre tvrdé prepínanie hybridnej FSO/RF linky na báze strojového učenia</i> .....	12
<b>Luboš Ovseník, Jakub Oravec, Norbert Zdravecký, Maroš Lapčák</b> <i>Návrh 32-kanálového Ultra-DWDM systému pre potlačenie vplyvu nelineárnych javov SPM, XPM a FWM</i> .....	18
<b>Daniel Florek, Anton Baláž, Branislav Madoš</b> <i>Rozšírenie Minecraftu z pohľadu fungovania Bitcoinu</i> .....	24
<b>Branislav Sobota, Sára Javorková, Marián Hudák, Štefan Korečko</b> <i>The therapy of upper limbs with virtual reality technology</i> .....	38
<b>Andrea Petrášová, Branislav Madoš, Anton Baláž</b> <i>Návrh grafického súborového formátu pre ukladanie dvoj-dimenzionálnych dát s využitím HDS</i> ..	45
<b>Tara Stefányi, Valerie Novitzká</b> <i>Categorical model of simply-typed lambda-calculus with reference type</i> .....	51
<b>Matúš Križánek, František Babič, Viera Pavlišková</b> <i>Vytvorenie prototypu na spracovanie transakčných dát v MSP pomocou jazyka R</i> .....	57
<b>Kristián Mičko, František Babič</b> <i>Evidencia dočasného parkovania pomocou metód počítačového videnia a umelej inteligencie</i> .....	61
<b>Peter Havran, Roman Cimbala, Maksym Oliinyk</b> <i>Dielektrická spektroskopia transformátorového GTL oleja</i> .....	65
<b>Patrik Hrivniak, Dušan Medveď</b> <i>Využitie open-source platformy na elektroenergetické účely</i> .....	70
<b>Martin Chlebovec, Miloš Drutarovský</b> <i>Bezpečná vzdialená aktualizácia IoT senzora na báze ESP32</i> .....	76
<b>Ján Presada, Dušan Medveď</b> <i>Tepelná analýza priameho kontaktu</i> .....	82
<b>Pavol Silagyi, Dušan Medveď</b> <i>Analýza výroby elektrickej energie pri zbernicovom systéme prehriatej pary</i> .....	88
<b>Peter Havran, Roman Cimbala, Vladimír Kohan</b> <i>Impedance analysis of inhibited mineral oil</i> .....	94
<b>Ján Mihalík</b> <i>Kódovanie ľudskej hlavy v štandarde MPEG-4 SNHC</i> .....	100
<b>Michal Švingál, Dušan Kocur, Jána Fortes</b> <i>UWB-PerLoc-2D3D: softvér na lokalizáciu osôb v 2D a 3D priestore</i> .....	105
<b>Jakub Oravec, Luboš Ovseník, Maroš Lapčák, Norbert Zdravecký</b> <i>Vylepšenie vlastností logistického zobrazenia z hl'adiska obrazových šifrovacích algoritmov</i> .....	110

<b>Jakub Oravec, Luboš Ovseník, Norbert Zdravecký, Maroš Lapčák</b> <i>Parametrizovaný kvantizačný algoritmus pre obrazové šifrovacie algoritmy</i> .....	115
<b>Maroš Lapčák, Norbert Zdravecký, Luboš Ovseník, Jakub Oravec</b> <i>Design of a Backup RF Link for Hybrid FSO/RF System</i> .....	119
<b>Maroš Lapčák, Norbert Zdravecký, Ján Turán, Samuel Andrejčík</b> <i>Monitoring Weather Conditions for Hybrid FSO/RF System Using UAV Devices</i> .....	124
<b>Maroš Lapčák, Norbert Zdravecký, Luboš Ovseník, Jakub Oravec</b> <i>Analysis of the Proposed Horn Antenna as a Backup Line for Hybrid FSO/RF System</i> .....	128
<b>Samuel Andrejčík, Ján Turán, Maroš Lapčák</b> <i>CMS server pre Laboratórium optoelektronických systémov</i> .....	133
<b>Norbert Zdravecký, Luboš Ovseník, Maroš Lapčák, Jakub Oravec</b> <i>Investigation of amplifiers in DWDM systems</i> .....	138
<b>Norbert Zdravecký, Luboš Ovseník, Maroš Lapčák, Jakub Oravec</b> <i>Investigation of modulation in ultra-DWDM systems</i> .....	142
<b>Marek Fedor, Daniela Perduková</b> <i>Dynamická identifikácia vnútorných veličín asynchrónneho motora</i> .....	146
<b>Richard Nezník, Ján Papaj</b> <i>Využitie technológie Blockchain v 6G a MANET sieti</i> .....	154
<b>Filip Mondok, Anton Baláž, Emília Pietriková</b> <i>Web kiosk v OS Linux</i> .....	160
<b>Heidar Khorshidiyeh, Branislav Madoš, Anton Baláž</b> <i>Kompresia multi-dimenzionálnych dát s využitím transformácie ich dimenzionality</i> .....	165
<b>Miroslav Andraš, Dušan Medved</b> <i>Návrh nekonvenčného zdroja energie na konvenčné účely</i> .....	171
<b>Peter Havran, Roman Cimbala, Miloš Šárpataky</b> <i>Impedance spectroscopy of liquid dielectrics</i> .....	177
<b>Bohuslav Potočňák, Zdeněk Havlice, Lucia Veselovská</b> <i>Application for Truck Entry and Traffic Tracking</i> .....	183
<b>Daniel Slinčák, Zdeněk Havlice, Richard Széplaki</b> <i>System for Processing and Analyzing Test Results</i> .....	189
<b>Jerguš Kačmár, William Steingartner</b> <i>Doc2vec as an expansion to full-text search engine for a specific domain</i> .....	195
<b>Marek Grešák, Dušan Medved</b> <i>Inteligentné elektromery a ich využitie</i> .....	200
<b>Peter Havran, Roman Cimbala, Luboš Šárpataky</b> <i>Dielectric spectroscopy of transformer paper in the time domain</i> .....	205
<b>Jozef Frivaldský, Marián Mach</b> <i>Porovnanie transformačných operátorov horolezeckého algoritmu v rámci domény TSP</i> .....	210
<b>Peter Focko, Ján Genči</b> <i>Spracovanie EKG záznamov metódami strojového učenia</i> .....	216

<b>Tamás Porteleky, Dušan Kocur, Jána Fortes</b> <i>Softvér v programovacom prostredí LabView určený na sledovanie pohybujúcich sa osôb v reálnom čase</i> .....	222
<b>Marek Roháč, Miloš Drutarovský</b> <i>Bezpečnostné riziko pri generovaní náhodných dát v prostredí virtuálnych strojov s OS Windows</i> .	227
<b>Eva Kupcová, Miloš Drutarovský</b> <i>NTT s konštantnou dobou výpočtu v post-quantovej kryptografii</i> .....	233
<b>Jozef Doci, František Babič, Viera Pavlišková</b> <i>Vizualizácia geopriestorových dát o hovoroch na tiesňovú linku</i> .....	239
<b>Jákob Ildža, Dušan Medved</b> <i>Účinky elektromagnetického poľa na ľudský organizmus</i> .....	244
<b>Miroslav Biñas, Patrik Koscelanský</b> <i>Automation in creation of lists for tests execution in Arena</i> .....	250
<b>Filip Zverec, Ján Papaj</b> <i>Smerovanie a strojové učenie v MANET</i> .....	257
<b>Michaela Šaková, Ján Papaj</b> <i>Bezpečnosť a Blockchain v MANET</i> .....	263
<b>František Jakab, Lucia Michalénková, Dávid Cymbalák, Roman Vápeník</b> <i>Livestreaming Delivery with Enhanced Interactive Functions in NTI in SANET</i> .....	269
<b>František Jakab, Dávid Cymbalák, Miroslav Michalko, Martin Korének</b> <i>Multikamerová distribúcia streamovaného videa z UAV pri sledovaní pohybujúceho sa objektu</i> ..	274
<b>Patrik Schütz, Ján Vaščák</b> <i>Simulation of Activities in a Robotic Swarm</i> .....	279
<b>Maroš Baumgartner, Jozef Juhár, Ján Papaj</b> <i>Výkonová analýza prístupových technológií 5G sietí v simulátore NS-3</i> .....	285
<b>Marek Berka, Ondrej Kainz, Miroslav Michalko, František Jakab</b> <i>Controlling plant growing condition using machine learning</i> .....	291
<b>Jozef Eliáš, Ondrej Kainz, Miroslav Michalko, František Jakab</b> <i>Smart IoT security solution for premises monitoring</i> .....	296
<b>Matúš Huba, Ján Paralič</b> <i>Predikovanie úmrtí na Covid19 v rôznych časových oknách</i> .....	301
<b>Lenka Dobranská, Viera Pavlišková, František Babič</b> <i>Vizualizácia publikačnej činnosti výskumného tímu</i> .....	307
<b>Ján Vaščák, Dušan Herich</b> <i>Cloud Based System for Autonomous Vehicle Navigation</i> .....	312
<b>Miloš Šárpataky, Irida Kolcunová, Ján Zbojovský, Juraj Kurimský, Peter Havran</b> <i>Radiofrequency Shielding Enhancement of Building Materials by Carbon-Based Coating</i> .....	318
<b>Viktor Petro</b> <i>Vybrané metódy bezsnímačového riadenia synchrónneho motora s permanentnými magnetmi</i> ...	327

<b>Martin Hasin, Martin Havrilla</b> <i>Implementácia RSS algoritmu v procese meranie sieťovej prevádzky</i> .....	331
<b>Ján Vaščák</b> <i>Rekurentné fuzzy neurónové siete pri riadení pohonov mobilných robotov</i> .....	337
<b>Gabriela Vašková, Ján Papaj</b> <i>Viacpreskoková mobilné siete MANET a mobilné siete 6. generácie</i> .....	343
<b>Tomáš Maniak, Marek Pavlík</b> <i>Parametre náhradného modelu fotovoltického článku</i> .....	348
<b>Zuzana Pella, Juraj Kanuščák</b> <i>Analýza vplyvu predspracovania dát na vybrané modely analýzy dát</i> .....	352
<b>Tomáš Ondruško, Marek Pavlík</b> <i>Modelovanie účinnosti tienenia elektromagnetického poľa</i> .....	358
<b>Ján Vaščák</b> <i>Návrh inteligentného požiarneho varovného systému s využitím neurónových fuzzy prostriedkov</i> .	362
<b>Peter Girovský, Martin Závaš</b> <i>Riadenie BLDC motora</i> .....	368
<b>Peter Girovský, Stanislav Mačák</b> <i>Návrh algoritmu pre rozpoznávanie obrazu</i> .....	373
<b>Stanislav Ondáš, Miriama Fedorišinová</b> <i>Časové charakteristiky prekrývajúcej sa reči v konverzačných interakciách</i> .....	377
<b>Lukáš Koniar, František Ďurovský</b> <i>Riadenie horizontálneho zásobníka kontinuálnej linky</i> .....	382
<b>Eduard Pynzar, Matúš Pleva</b> <i>Overovanie hodnovernosti biometrického znaku</i> .....	388
<b>Daniel Majerník, Matúš Sulír</b> <i>Audiovisual Live Coding with Audience Participation via Parameter Guessing</i> .....	393
<b>Dávid Bodnár, František Ďurovský</b> <i>Riadenie zásobníka energie elektrického midibusu</i> .....	399
<b>Dávid Gula, Štefan Korečko, Branislav Sobota</b> <i>Prototypovanie riadenia dronov v zdieľanej webovej virtuálnej realite</i> .....	406
<b>Ján Vaščák</b> <i>Návrh systému na reguláciu klímy v skleníku s využitím siete ANFIS</i> .....	412
<b>Daniel Novák, Michal Kolárik</b> <i>Nástroje a knižnice pre analýzu dát v oblasti medicíny</i> .....	417
<b>Maroš Baumgartner, Jozef Juhár, Ján Papaj</b> <i>Simulovanie LTE a 5G prístupových technológií z pohľadu energetickej účinnosti s využitím NS-3</i> .....	422
<b>Ivan Čík, Marián Mach</b> <i>Concept of Concentration Metric for Convolutional Neural Networks</i> .....	428

<b>Branislav Sobota, Štefan Korečko, Matej Masrna</b> <i>Virtuálne prostredie pre podporu vzdelávania hendikepovaných osôb</i> .....	435
<b>Peter Michalik, Ladislav Pomšár, Iveta Zolotová</b> <i>Design Of Methodology for Selection Suitable Analytic Platform in the Area of Data Analysis</i> ..	442
<b>Ján Vaščák</b> <i>Tvorba zabudovaných systémov snímačov pre potreby inteligentného priestoru</i> .....	452
<b>Adrián Marcinek, František Ďurovský</b> <i>Matematický model výkonového multiport meniča</i> .....	458
<b>Tomáš Talian, Štefan Korečko, Branislav Sobota</b> <i>Perspectives of OR/TS2JavaConn Utilization in Automated Rail Control Simulation</i> .....	465
<b>Author's index</b> .....	470

# Multikamerová distribúcia streamovaného videa z UAV pri sledovaní pohybujúceho sa objektu

<sup>1</sup>František JAKAB, <sup>2</sup>Dávid CYMBALÁK, <sup>3</sup>Miroslav MICHALKO, <sup>4</sup>Martin KORÉNEK

<sup>1,2</sup> Univerzitný vedecký park Technicom, Technická univerzita v Košiciach

<sup>3</sup> Katedra počítačov a informatiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach

<sup>4</sup> Centrum vedecko-technických informácií SR

<sup>1</sup>frantisek.jakab@tuke.sk, <sup>2</sup>david.cymbalak@uvptechnicom.sk,

<sup>3</sup>miroslav.michalko@tuke.sk, <sup>4</sup>martin.korenek@cvtisr.sk

**Abstrakt** — Článok sa zaoberá využitím modelu automatický výberu najviac relevantného záberu na pohybujúci sa objekt v multikamerovom streamingovom toku generovanom kamerami bezpilotných lietadiel ( UAV ). Na základe analýzy adaptívnych streamingových protokolov s prepojením na mechanizmy počítačového videnia pri sledovaní polohy objektu v obraze bola navrhnutá adaptácia hodnotiacej metriky pre jednotlivé streamingové toky obrazu z UAV. Evaluácia metriky je založená na základe polohových a kompozičných parametrov vzhľadom na prekryv záberov v UAV pohybujúcej sa sústave. Mechanizmus evaluácie záberov zabezpečí indikáciu najviac relevantného záberu na objekt a okamžitú komunikáciu so streamingovým serverom pre zmenu výstupného streamingového toku sústavy UAV za aktuálne najviac hodnotený. Popisovaný model bol experimentálne overený v náhradných podmienkach.

**Kľúčové slová** — UAV, Streaming, Dron, Detekcia objektov vo videu

## I. ÚVOD

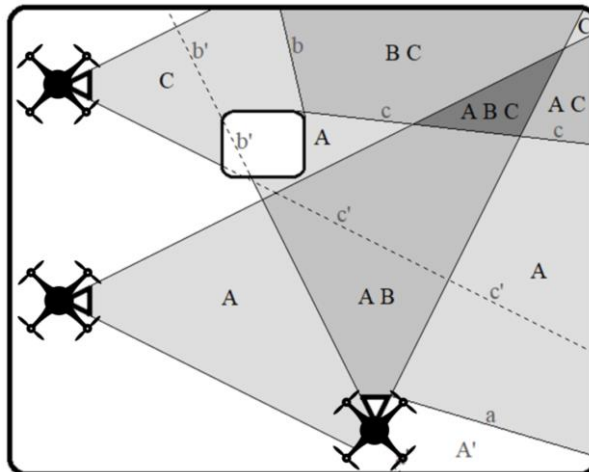
Sledovanie objektu v živom videu z priestoru pokrytým sieťou kamier je často skúmaným odvetvím najmä bezpečnostných systémov. Primárne je cieľom týchto výskumov riešiť problémy vznikajúce pri detekcii a trasovaní objektu v rôznorodých záberoch rôznej farebnosti a z rôznych uhlov. Pri detekcii objektu pomocou kamier umiestnených na bezpilotných lietadlách ( UAV ) sa otvára široké spektrum vznikajúcich problémových oblastí a ich riešenia. Cieľom tohto výskumu je adaptácia automatického modelu, ktorý na základe periodického ohodnocovania všetkých záberov streamovaných z kamier viacerých UAV, vyhodnocoval distribuované toky a na výstupe indikoval vždy iba najviac relevantný záber na objekt z vybraného UAV v reálnom čase. Je potrebné navrhnuť a prispôbiť hodnotiacu metriku streamovaných zdrojov, tak aby bolo hodnotenie v reálnom čase závislé na aktuálnej polohe sledovaného objektu na záber, veľkosti objektu v zábere a na ďalších vybraných parametroch záberu. Samotnej adaptácii predchádzala analýza súčasných streamingových technológií pre účely konfigurácie mechanizmu riadenia streamingu a vhodných detekčných a sledovacích algoritmov pre účely zostavenia mechanizmu hodnotenia zdrojov [1] obrazových tokov z UAV.

## II. ANALÝZA PROBLEMATIKY MULTIKAMEROVÉHO PRENOSU OBRAZU V SÚSTAVE UAV

Rozsiahly priestor s pohybujúcim sa objektom je v reálnych podmienkach väčšinou obťažné sledovať jedinou kamerou z jediného UAV. Riešenia sa ponúka vo forme samotného riadenia pohybu UAV v závislosti od umiestnenia projektu a navádzania UAV po trajektórii v smere za objektom. Avšak toto riešenie poskytne kamerový pohľad na sledovaný objekt vždy iba z jedného uhla záberu a v jednej veľkosti objektu vzhľadom na záber okolia. Taktiež neeliminuje prekážky v zábere objektu a pri manévroch ich obchádzania sa sledovaný objekt stráca z dohľadu a dochádza k chybovosti. Vhodnejším spôsobom na sledovanie sa pohybujúceho objektu v určenom priestore je sledovanie pomocou sústavy viacerých UAV tvoriacich multikamerový



system, ktoré ponúka väčšiu škálovateľnosť a pokrytie priestorov v rôznom tvare a s rôznymi priestorovými obmedzeniami. Pri takomto multikamerovom systéme [2] sa zobrazenie objektu z pohľadu vybraného UAV môže výrazne líšiť od zobrazenia objektu z pohľadu ostatných UAV a to najmä z dôvodu rozdielného osvetlenia, otočenia alebo aj z dôvodu rozdielov samotných vlastností jednotlivých kamier. Pri prekrývajúcich sa záberoch je možné objekt sledovať pomocou komunikácie a odovzdávania informácií medzi jednotlivými uzlami multikamerového UAV systému (Obr. 1).



Obr. 1 Prekrýv záberov kamier pri multikamerovom spracovaní obrazu z UAV a detekcii objektov v zábere

Pri zónovom pokrytí a snímania priestoru z UAV s neprekrývajúcimi sa zábermi jednotlivých kamier je sledovanie objektu problematické hlavne z dôvodu, že pozorovania objektu sú často oddelené nielen v priestore, ale aj v čase. Na rozdiel od sledovacích prístupov pri použití jednej kamery sa v tomto prípade nemôže blízkosť v priestore a čase využiť ako relevantná informácia medzi jednotlivými uzlami systému [3]. Napríklad objekt odchádzajúci zo záberu prvej kamery sa nedostane ihneď na záber nasledujúcej kamery, ale je tam určitá časová aj priestorová odchýlka. Taktiež sledovaný objekt sa môže dostať zo záberu jednej kamery na záber nasledujúcej kamery rôznymi cestami, čo môže ovplyvniť to, z ktorej strany záberu sa objekt objaví v nasledujúcej kamere.

Pri voľbe vhodných streamingových technológií je nutné vybrať vhodný video štandard / kodek, ktorý bude využitý prostredníctvom enkódera, ktorý v reálnom čase zabalí obrazový tok do kontajnera a odošle na streamingový server [4]. Dôležité sú ale najmä streamingové protokoly [5] a ich adaptácia na využitie v prenose obsahu z kamier umiestnených na UAV. Streamingové protokoly zabezpečujú v tomto prípade prenos paketov so živým multimediálnym obsahom [6] a podstatná vlastnosť pre účely využitia v tomto výskume je ich oneskorenie prenosu ( Obr. 2 )

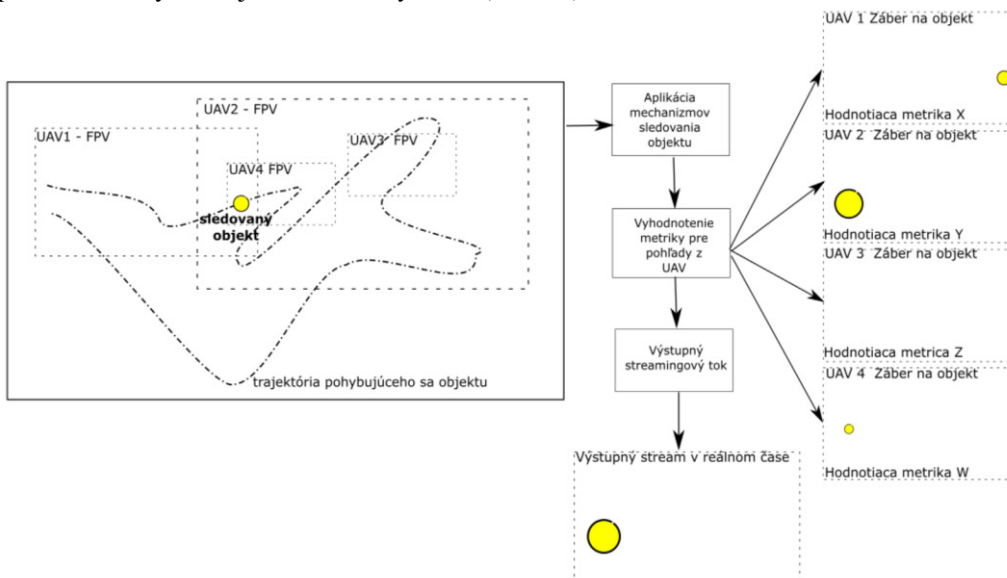
veľkosť oneskorenia	bežné cez web	redukované oneskorenie	nízke oneskorenie	blízke reálnemu času
typ vysielania	jednosmerné vysielanie veľkým skupinám	vysielanie správ či športových podujatí	streamovanie hier, e-športy	videokonferenčné hovory, ovládanie zariadení (PTZ kamery, drony)
čas. rozsah	45-18 sek.	18-5 sek.	5-1 sek.	menej ako 1 sek.
streamingové protokoly	HLS MPEG-DASH	vylepšené verzie HLS a DASH, RTMP	CMAF DASH, RTSP/RTP, „low latency“ HLS	WebRTC

Obr. 2 Analýza oneskorenia pri použití streamingových protokol pre účely prenosu obrazu v UAV [7]

### III. NÁVRH MODELU A EXPERIMENTÁLNE PROSTREDIE

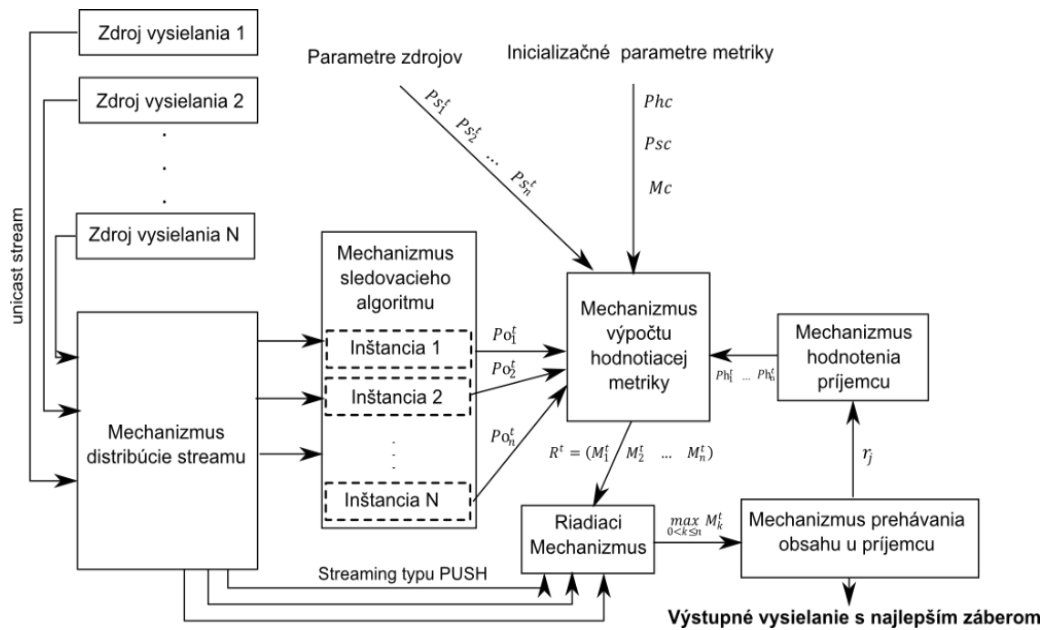
Štandardné prístup k detekcii pohybujúceho sa objektu v multikamerových sledovacích systémoch je formou indikácie objektu grafickým indikačným rámcom naprieč výstupmi zo všetkých kamier alebo zobrazia polohu objektu v globálnom pohľade na mape monitorovaného priestoru. Personál je teda nútený sledovať súčasne výstup zo všetkých kamier a hľadať v ňom zvýraznenú indikáciu alebo body detegovaného sledovaného objektu, respektíve sleduje súradnice a polohu na globálnej mape, v ktorej objekt reprezentuje iba určitý grafický bod a nie celé video. Z tohto dôvodu je pri prístupe nasadenia v kamerovom systéme viacerých UAV užitočným riešením prenášať snímaný obraz z jednotlivých UAV pomocou streamingových technológií a na výstupe zobrazit' v reálnom čase najviac relevantné živé video z UAV, ktoré má na sledovaný objekt najlepší uhol záberu a kompozíciu.

Pri návrhu adaptácie modelu vychádzajúceho z nášho predošlého výskumu multikamerového systému pre živé vysielania [1] sa vychádzalo z predpokladu, že jednotlivé zdroje živého vysielania z UAV z rôznych uhlov sú prenášané cez mechanizmus distribúcie streamov v podobe streamingového servera. Z distribučného mechanizmu sa prenesený tok každého záberu UAV videa dostáva k spracovaniu v mechanizme sledovacieho algoritmu v podobe jednej inštancie na každý zdroj videa. Každá inštancia mechanizmu pre sledovanie objektu záujmu vo videu posielala informácie o výsledku trasovania v reálnom čase a teda posielala vektor polohových a dimenzionálnych vlastností. Mechanizmus výpočtu hodnotenia taktiež dostáva na vstupe inicializačné parametre metriky obsahujúceho globálne konštanty jednotlivých zložiek metriky. Súčasne do mechanizmu výpočtu putuje vektor parametrov scény a kvality streamu odvíjajúci sa od použitia kódovania v mechanizme distribúcie alebo vstupnom enkodéry zdroja videa. Samotný mechanizmus výpočtu, ktorý priebežne zbiera vstupné parametre odosiela na výstup výsledkový vektor hodnotení všetkých vstupných zdrojov priamo do riadiaceho mechanizmu. Riadiaci mechanizmus v reálnom čase určí maximum hodnotenia a to, aký záber z konkrétneho UAV bude nastavený aktuálne na výstup vysielania. Riadenie je teda napojené priamo na mechanizmus prehrávania obsahu, kde sa z mechanizmu distribúcie zobrazí u príjemcu v prehrávači vždy len najviac relevantný záber ( Obr. 3 ).



Obr. 3 Návrh modelu multikamerového spracovania streamu z UAV (N=4)

Pri implementačnom návrhu bol na vstupe použitý živý tok obrazu zachytávaný N zdrojmi vysielania z UAV. Obraz z každého zdroja sa cez mechanizmus distribúcie streamu dostával prostredníctvom RTPS enkodéra priamo na WSE streamingový server. Následné sa každý distribuovaný RTPS stream prostredníctvom FFmpeg spracoval v separátnych inštanciách pyCMT v mechanizme sledovacieho algoritmu. Jednotlivé pyCMT inštancie odovzdávali výsledky o polohe a veľkosti sledovaného objektu systému pre výpočet finálnych metrik spolu s parametrami streamu z WSE servera a s parametrami hodnotenia príjemcov. Výsledné hodnoty metrik sa odovzdávali s informáciou maxima a identifikátora najvyššie hodnoteného streamu mechanizmu s vMix API. Odtiaľ sa následne posunul výsledný stream na výstup vo virtuálnom mixe, ktorý z WSE servera dostával každý tok separátne. Následne sa výstupný stream enkódoval na požadovaný formát mechanizmom prehrávania obsahu u príjemcu a dosiahol výstupné vysielania s najlepším záberom zo sústavy UAV ( Obr. 4 ).



Obr. 4 Štruktúra komunikácie a mechanizmov multikamerového spracovania streamu z UAV pri N uzloch

V simulačnom prostredí tvorenom prvotne náhradným riešením RTPS obrazových tokov boli realizované viaceré experimenty, pri ktorých sa snímal vybraný pohybujúci sa objekt záujmu viacerými pohybujúcimi sa kamerami súčasne v rôznych prostrediach s rôznou dynamikou záberu. Nasadený systém podľa navrhnutého modelu opätovne každý jeden zdroj video signálu duplikoval tak, aby jeden tok smeroval do mechanizmu pre výpočet metriky na báze sledovacieho algoritmu a druhý tok do streamingového mixu s enkodérom pre tvorbu výstupu vysielania. Výstupná obrazová metrika vypočítaná jednotlivo pre každý zdroj videa sa hodnotiacim mechanizmom získaním finálnych hodnotení pre všetky zdroje sa riadiacim mechanizmom našlo maximum, ktoré určilo, ktorý zdroj video signálu bude v danom momente na výstupe vysielania. Pri simuláciách predchádzajúcich implementácii na fyzických UAV sa v pilotnom riešení využije pripravené prostredia Gazebo a ROS (Obr. 5), kde sa virtualizuje kamerový výstup pri pohybe UAV vo virtuálnom prostredí.



Obr. 5 Použitie simulačného prostredia Gazebo a ROS

#### IV. ZÁVER

Výsledkom tejto publikácie je návrh adaptácie modelu automatickej distribúcie najviac relevantného záberu na objekt v multikamerovom systéme pozostávajúcom zo sústavy UAV. Adaptívna evaluačná metrika bola prispôbená formou použitia voľby váh jednotlivých zložiek metriky s prioritizáciou lokalizácie a veľkosti objektu. Parametre prenosu video a audio stopy boli v tejto adaptácii modelu segregované. Evaluačná metrika sa stala základom pre vytvorenie mechanizmu indikácie najviac relevantného záberu na pohybujúci sa objekt v sústave UAV s komunikáciou smerom na streamingový server. Experimentálna implementácia prebehla iba v náhradných podmienkach substitúcia UAV za kamerové pohybujúce sa moduly v streamingovom reťazci. Simulačné prostredie pre model je v príprave pre simulácie v prostredí Gazebo a ROS s budúcim transferom mechanizmu na reálne zariadenia.

Riešenie má potenciál prispôsobiť sa rôznym typom použitia ako napríklad UAV monitoring osôb a zvery pomocou sektorového snímania územia, monitoring dopravných prostriedkov pomocou siete UAV, interiérový UAV monitoring pohybu výrobných artiklov priemyselnej výroby v rozsiahlych skladoch a pod.

#### POĎAKOVANIE

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Inteligentné operačné a spracovateľské systémy pre UAV, kód ITMS: 313011V422, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

#### LITERATÚRA

- [1] CYMBALÁK D., VÁPENÍK R. a kol.: Multi-camera broadcasting model with automation of optimal scene switching. In: Infocommunications Journal. Vol. 8, no. 4, 2016 s. 15-22. - ISSN 2061-2079
- [2] VÁPENÍK R.: Non-Standard Situations in Multi-Camera Environment. In: SCYR 2017. - Košice : TU, 2017 s. 174-175. - ISBN 978-80-553-3162-1
- [3] VÁPENÍK R.: Object tracking in videoconferencing systems. In: SCYR 2015. – Košice : TU, 2015 s. 261-265. – ISBN 978-80-553-2130-1
- [4] JAKAB A., VÁPENÍK R.: Using modern streaming technologies for high quality and performance-oriented live streaming. In: SCYR 2014. – Košice : TU, 2014 s. 279-282. – ISBN 978-80-553-1714-4
- [5] JAKAB A., VÁPENÍK R.: High efficient live streaming using the latest available streaming technologies. In: Poster 2014. – Praha : ČVUT, 2014 s. 1-4. – ISBN 978-80-01-05499-4
- [6] CYMBALÁK D., VÁPENÍK R. a kol.: Enhanced Interoperability with New Collaborative and Streaming Functions Implemented in Slovak National Telepresence Infrastructure (NTI). In: 16th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA). – Starý Smokovec/Košice : IEEE, 2018 s. 105-110. - ISBN 978-1-5386-7914-2
- [7] WOWZA: Video Streaming Latency Report. Dostupné online. <https://www.wowza.com/blog/2019-video-streaming-latency-report>

**Electrical Engineering and Informatics XII**

**Proceedings of the**  
**Faculty of Electrical Engineering and Informatics**  
**of the Technical University of Košice**

Published by: Faculty of Electrical Engineering and Informatics  
Technical University of Košice  
Edition I, 471 pages  
Number of CD Proceedings: 50 pieces

Editors: prof. Ing. Alena Pietriková, CSc.  
Ing. Emília Pietriková, PhD.

**ISBN 978-80-553-3940-5**