T A

Č R

Název organizace: Vysoké učení technické v Brně
Jméno řešitele: Ing. K. Horák

Název organizace: CAMEA spol. s r.o.
Jméno řešitele: doc. J. Honec

Verifikační platforma asistenčního vizuálního systému v dopravě

Abstrakt

Verifikační platforma asistenčního vizuálního systému v dopravě je jako výsledek pracovního balíčku č. 8 součástí širší skupiny výsledku pro sběr a zpracování dat v dopravních úlohách za účelem zvýšení bezpečnosti automobilové dopravy. Obecně jsou za asistenční vizuální systémy v dopravě považovány všechny takové systémy, které řidiči ve vozidle buďto pomáhají řešit popř. zcela zamezit krajním situacím za jízdy nebo jen zvýšit komfort jízdy zprostředkováním informace získané na bázi optické informace např. antikolizní systém s chodci resp. parkovací asistenční systém. Asistenční vizuální systém řešený v rámci tohoto pracovního balíčku se zaměřuje pouze na dvě konkrétní úlohy: spolehlivá detekce kritických dopravních značek a monitorování aktuálního stavu únavy řidiče. Specifikovaným výsledkem je pak verifikační platforma tohoto systému obsahující mobilní hw i sw potřebný pro pořízení a zpracování obrazové informace.

Popis výsledku

Výsledek je z hlediska RIV kategorií rozdělen na dvě části:

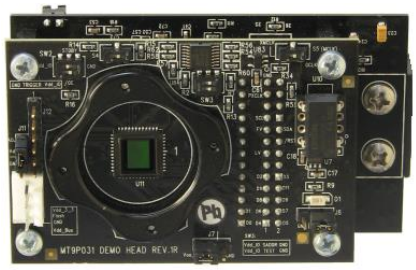
1. RIV-G (funkční vzorek)
   Funkční vzorek je tvořen mobilní platformou pro pořízení a zpracování obrazu na bázi průmyslové kamery bez použití speciálního vnějšího osvětlení.

2. RIV-R (software)
   Softwarové vybavení mobilní platformy pro pořízení a následné autonomní zpracování obrazové informace (knihovny CommonImProc, DriverImProc a TrafficSignImProc).

Ad 1) Mobilní platforma pro pořízení a zpracování obrazu:

Koncepce mobilní platformy je od začátku postavena na principiálně jednoduchém modelu obsahující kameru umístěnou ve vozidle a snímající buďto vnější okolí vozidla (dopravní značky) nebo prostor

řidiče v interiéru vozu a mobilní vestavěnou výpočetní jednotku na bázi Embedded PC pro ukládání a zpracování obrazových dat přímo za jízdy. Jako samotné snímací prvky byly postupně podle výsledků experimentů testovány typově odlišné kamery (rozhranní USB/GigE, CMOS/CCD čip, rozlišení, FPS, optika atd.). Konkrétně čtyři typy kamer - Micron MT9P031 2592x1944/14 FPS, Evolveo XtraCam W3 1920x1080/30 FPS, Allied Vision Technologies Prosilica GC1290 1280x960/32 FPS a Allied Vision Technologies Manta G-125 1292x964/30 FPS.



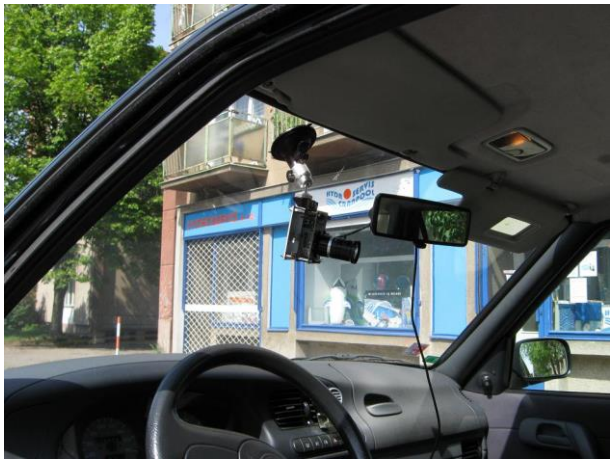
Boardová kamera Micron Technology (dnes už Aptina Imaging Corporation) MT9P031, čip 1/2.5“ CMOS, 2592x1944/14 FPS, USB

Uživatelská autokamera Evolveo XtraCam W3, čip 1/3“ CMOS, 1920x1080/30 FPS, microUSB

Průmyslová kamera Allied Vision Technologies Prosilica GC1290, čip 1/3“ CCD, 1280x960/32 FPS, GigE

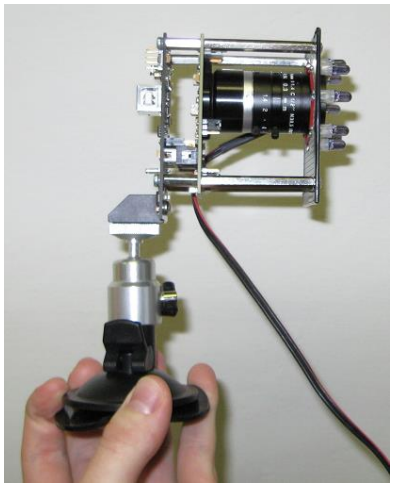
Průmyslová kamera Allied Vision Technologies Manta G-125, čip 1/3“ CCD, 1292x964/30 FPS, GigE

Umístění kamery ve vozidle je pro obě úlohy (detekce dopravních značek i odhad míry únavy řidiče) stejné a to na středu čelního skla s kotvením gumové příchytky pod zpětným zrcátkem tak, aby zařízení zakrývalo aktivní výhledovou plochu co nejméně (kvůli legislativním předpisům). Vestavěné PC je umístěno v kufru vozidla na pevné montáži a je možné ho s použitím nástrojů rychle demontovat pro ladění v laboratoři.



Testování polohy kamery na čelním skle v interiéru vozidla pro odhad míry únavy řidiče – vzhledem k bezpečnostním předpisům zvolená centrální poloha není nejvhodnější pro ideálně symetrické snímání řidiče a proto byly některé experimenty prováděny na uzavřeném parkovišti s centrovanou kamerou ve výřezu volantu a na čelním skle těsně nad palubní deskou.

První jmenovaná kamera deskového typu Micron MT9P031 byla v počáteční fázi testování pro úlohu detekce únavy řidiče vybavena také speciálním IR světlem umožňujícím detekci zornic řidiče také v noci. Ostatní experimenty probíhaly už jen za běžného denního osvětlení bez použití IR přisvětlení.



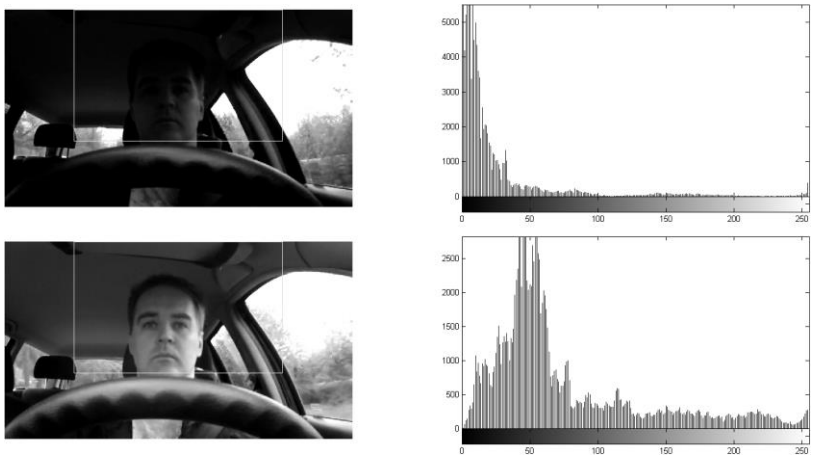
Montáž diodového IR prstence na boardovou kameru Micron MT9P031

Ad 2) Softwarové vybavení mobilní platformy

Pro mobilní platformu popsanou v předchozích odstavcích byly navrženy nové popř. modifikovány nebo doplněny dřívější knihovny pro zpracování obrazu a detekci a sledování objektů. Výsledek tvoří několik izolovaných modulů (CommonImProc, DriverImProc a TrafficSignImProc), tj. knihoven C/C++ implementovaných v MS Visual Studiu dále využívajících generických knihoven pro pořízení a zpracování obrazu (proprietární SW výrobce kamer, SimpleCV a OpenCV).

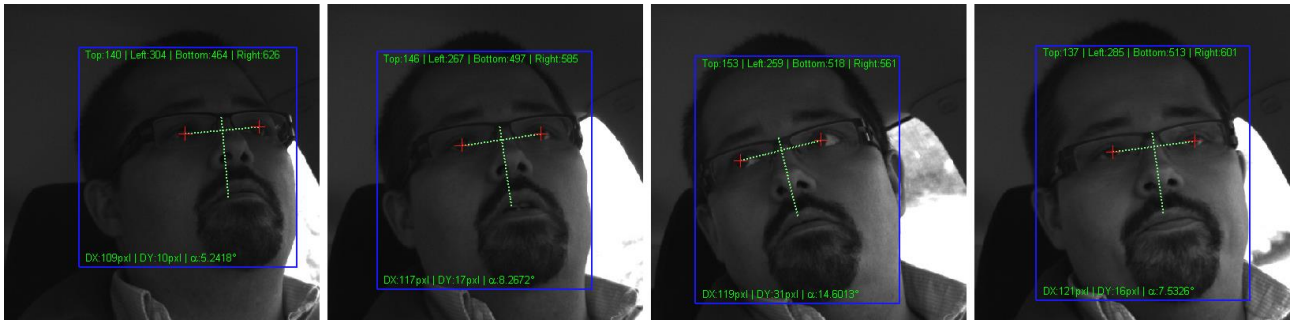
Detekce aktuální relativní míry únavy řidiče

Knihovny CommonImProc, DriverImProc a generické knihovny spolu s drivery kamer jsou použity pro úlohu detekce relativní míry únavy řidiče za jízdy.

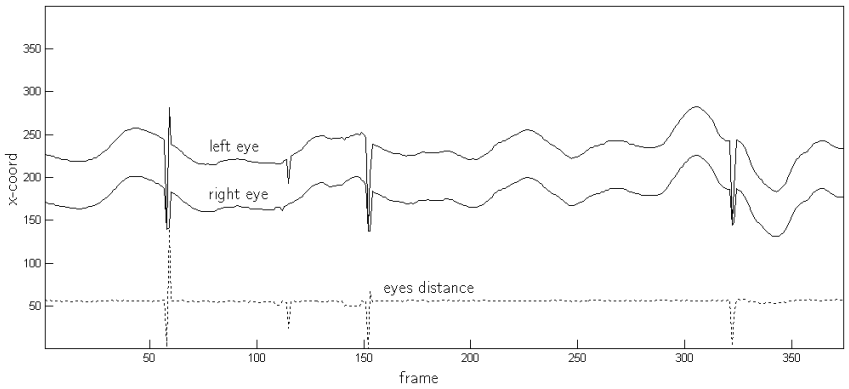


Jeden z kroků v modulu pořízení a uložení obrazu na embedded PC ve vozidle je algoritmické řízení expoziční doby (knihovna CommonImProc), které muselo být pro úlohu detekce únavy řidiče navrženo ad-hoc kvůli nestandardním světelným podmínkám v interiéru vozu (zejména vysoký kontrast,).

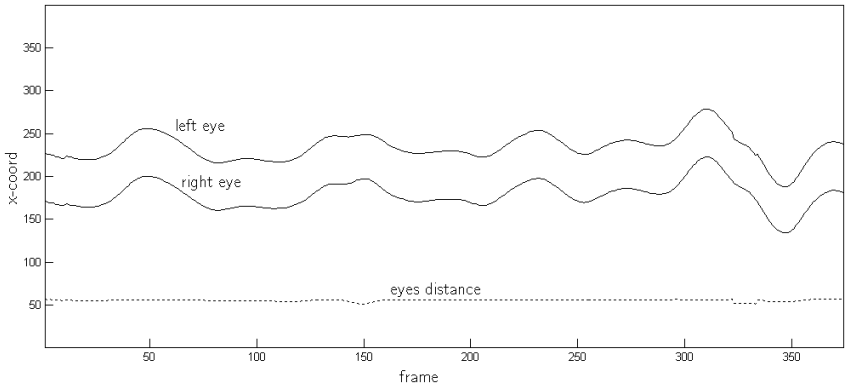
Knihovna DriverImProc zastřešuje funkce zpracování obrazu pro lokalizaci polohy a náklonu hlavy řidiče a detekci významných bodů ve jeho tváři – zornice očí jsou základním deskriptorem únavy. Algoritmy pracují s kombinací barevné informace a předpokládané geometrie těla člověka.



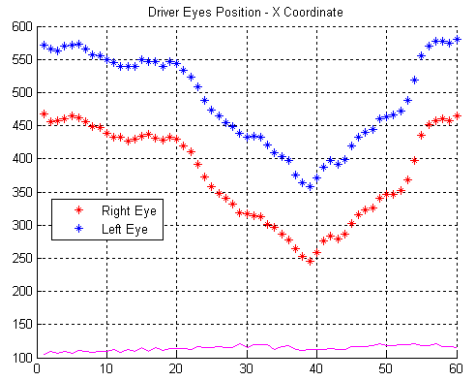
V oblasti hlavy řidiče jsou hledány středy očí a podle detekované osy nosu je odhadnuta poloha hlavy – rychlost a rozsah velikosti pohybu hlavy hraje důležitou roli při výpočtu aktuální míry únavy.

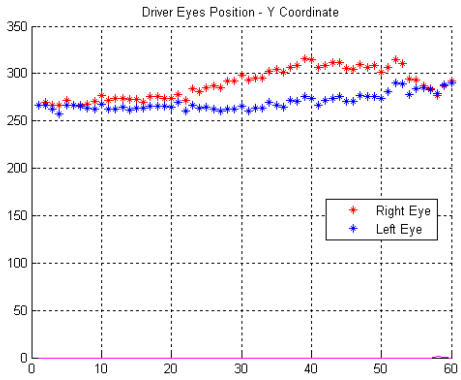


Na časovém průběhu prostorových souřadnic středů obou očí jsou detekovány okamžiky mrkání řidiče. Pravidelnost (perioda) mrkání spolu s několika dalšími extrahovanými atributy (doba trvání mrknutí PERCLOS, délka náběžné a sestupné hrany víčka apod.) slouží jako vstupní data modulu odhadu aktuální míry únavy řidiče.

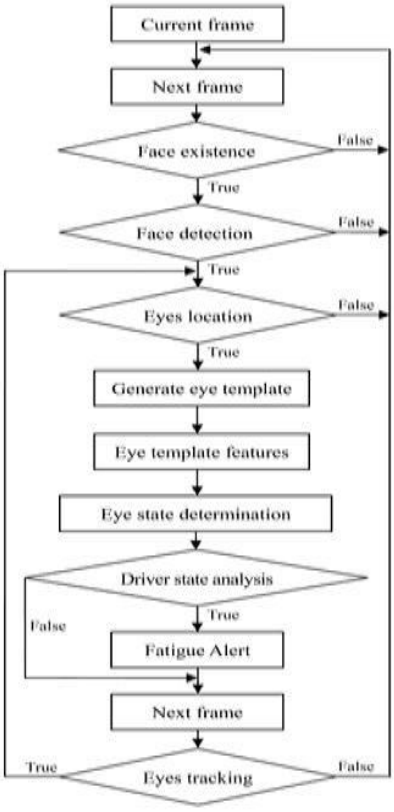


Pro stabilní sledování polohy očí ve snímku i v okamžicích mrkání se používá filtrovaný signál bez vysokých frekvencí změny detekované polohy zornic.





Vzhledem k převládající horizontální povaze pohybu hlavy řidiče za jízdy jsou pro výpočet jeho aktuální relativní míry únavy (vztaženo k začátku jízdy) uvažovány pouze x-souřadnice zornice – levý graf (modrá=levé oko, červená=pravé oko).



Rámcový vývojový diagram algoritmu pro sledování zornice řidiče.

Detekce dopravního značení

Knihovny CommonImProc, TrafficSignImProc a generické knihovny spolu s drivery kamer jsou použity pro úlohu detekce dopravních značek pro rychlou asistenci řidiče ve ztížených podmínkách (husté nebo jinak nepřehledné dopravní značení, nepříznivé povětrnostní vlivy apod.).

Princip systému pro automatické rozpoznávání dopravních značek využívá kameru sledující prostor před vozidlem obdobně jako řidič. Pořízené snímky aktuální dopravní situace jsou okamžitě zpracovány pomocí vestavěného počítače, který detekuje polohu a rozpoznává typ vybraných dopravních značek jako např. zákaz vjezdu, dej přednost v jízdě, jednosměrná ulice apod. Detekované dopravní značky pak vizuální systém hlásí řidiči buďto akusticky, tedy jako zvukové hlášení nebo vizuálně, čili zobrazí piktogram značky na vestavěném monitoru (vize je head-up display).

Pro detekci dopravního značení je knihovna TrafficSignImProc vybavena funkcemi využívající barevnou i geometrickou informaci piktogramů značek.

Vizuální systém pro rozpoznávání dopravních značek má v současné době asistenční povahu, řidič je tedy jen upozorněn např. na jízdu v protisměru nebo na omezení rychlosti v určitém úseku. Výsledky vizuálního systému žádným způsobem nezasahují do řízení vozidla, i když i to je plánováno do budoucna. Asistence je určena zejména do městské zástavby a na rychlostní silnice, kde se vyskytuje vysoký počet jak dopravních značek tak i vysoký počet jiných barevných symbolů a reklam znesnadňujících orientaci při řízení a zapamatování vyššího počtu značek např. při delším dálničním úseku s omezenou maximální přípustnou rychlostí.

Algortimy detekce dopravních značek v knihovně TrafficSignImProc jsou testovány na syntetických i reálných obrazech.

Několik screenshotů z vestavěného displaye řidiče v průběhu jízdy městem (Brno).

Knihovna CommonImProc mimo jiné zajišťuje správu pořízených snímků, konkrétně vkládá do každého pořízeného snímku tzv. digitální razítko. Razítko představuje jednoznačnou identifikaci snímku podle projektu, zařízení, lokace, času a volitelně i parametrů. Struktura razítka byla přejata z předchozí části projektu, znovu byla implementována pouze funkce tisku razítka do snímku právě v nové knihovně CommonImProc.

Block A | Block B | Block C

Při znalosti kódu lze z unikátního razítka zjistit název úlohy (např. TrafficDriver pro kontrolu únavy řidiče nebo TrafficSigns pro detekci svislých dopraních značek), zařízení pro pořízení obrazu, lokaci nebo umístění mobilního zařízení ve vozidle určitého typu a další.

Podpůrný hardware mobilní platformy pro testování výpočetní náročnosti algoritmů

Modul rychlé kamery – vlastní vývoj DPS s rozhranním gigabitového ethernetu (1G a 10G).

Parametry modulu:

- SoC Zynq s FPGA Kintex
- Zpracování obrazových dat do 20MP, snímková frekvence až 500 Hz, 10/12 bitová hloubka
- Korekce obrazu
- Podpora zpracování a vyhodnocení obrazu
- 1 x 10G Ethernet optika, XAUI, 4xGTP
- 1 x 1G Ethernet FPGA
- 1 x 1G Ethernet + PoE, procesor
- 1GB paměti pro ukládání snímků
- RTC, U-boot, OS Linux
- Rozměry 100x100mm
- Přechod na SoC variantu s FPGA Artix
- Snížení spotřeby, rozměry 50x60 mm