

TECHNOLOGICKÝ LIST č. 79

~~poloprovozu ověřené technologie prototypu
uplatněné metodiky funkčního vzorku autorizovaného software*~~

Název: Optická měřicí aparatura pro měření změn objemu

Title: The optical measuring device for measuring changes in volume

Původce (-i): Martin Švejda, Marek Frič

Vlastník (-ci): Akademie múzických umění v Praze, Hudební a taneční fakulta,
Výzkumné centrum MARC

Lokalizace: 118 00 Praha 1, Malostranské nám 13

Abstrakt: Technologický list (TL) popisuje měřicí aparaturu pro měření objemových změn pomocí sady 4 kamer. Funkční vzorek obsahuje synchronizační zařízení na synchronizované spuštění a zastavení kamer a sledování přesného času spuštění uzávěrky kamer při nahrávkách. Součástí TL je i návod na ovládání kamer pomocí software FlyCapture2 a Libyuri.

Abstract: Technology sheet (TS) describes a measuring device for measuring the volume changes by a set of 4 cameras. Functional sample includes a synchronization device for synchronized starting and stopping of cameras and tracking the exact time of camera's shutter during recordings. Components TL is a guide to camera control via software FlyCapture2 and Libyuri.

Popis: Viz Příloha k TL č. 79.

Inovační aspekty: Bezkontaktní měření změn objemu pomocí kamer, synchronizační zařízení pro spuštění a zastavování nahrávání 4 kamer a sledování času uzávěrky.

Přínosy: Hlavním přínosem je umožnění bezkontaktního měření změn objemu, na základě sledování změn povrchu objektu. Praktické využití je při sledování dechových pohybů a způsobu použití dechu při hlasových úkolech.

Licence: Využití výsledku jiným subjektem je v některých případech možné bez nabytí licence (kód P). Vlastníkem licence je AMU. O udělení licence rozhoduje výlučně Výzkumné centrum MARC HAMU.

Licenční poplatek: Poskytovatel licence na výsledek požaduje licenční poplatek (kód A). Licenční poplatek je vyžadován pro komerční použití.

Obor: Umění, architektura, kulturní dědictví – AL, Akustika a kmity – BI

Projekt: MŠMT Institucionální podpora dlouhodobého koncepčního rozvoje AMU Praha, IP DKR projekt Zvuková kvalita

Identifikační číslo RIV:

Poznámky:

*nehodící se škrtněte

Údaje pro RIV:

Umístění: <http://zvuk.hamu.cz/vyzkum/publikacni.php>

Bližší upřesnění výsledku: B- funkční vzorek

Interní kód produktu: Dech 4 kamery

Číselná identifikace: TL.79

Technické parametry výsledku: Technické parametry a popis zařízení viz.

TECHNOLOGICKÝ LIST č. 79 (vydán r. 2015 Výzkumným centrem MARC, HAMU v Praze)

Ekonomické parametry výsledku: Funkční vzorek umožňuje měření přirozených změn dechových objemů

Kategorie výsledků podle nákladů: A - Náklady <= 5 mil Kč

IC: 61384984

Vlastník: Akademie múzických umění v Praze

Povinnost odvést licenční poplatek: P/Z – povinné někdy (pro komerční použití)

Povinnost licence: A – povinné vždy

Příloha technologického listu č. 79

Měřicí aparatura pro měření změn objemu

1 Úvod

Měření objemu vzduchu v plicích je v klinické praxi měřeno pomocí klinických spirometrů, kde se princip měření opírá o měření objemu průtokoměrem. V praxi to znamená, že průtokoměr je pomocí dechové masky spojený se subjektem, jeho dýchací cesty přímo ústí do měřiče. Z akustického hlediska se tímto způsobem změni vyzařování a celková akustická impedance systému. Vokální trakt se tímto způsobem prodlouží a částečně uzavře, což má za následek výrazný posun všech rezonačních frekvencí a poloh formantů. Proto není tímto způsobem vhodné měřit dechové objemy při použití hlasu.

Měření pomocí kontaktních pletysmografů, tedy pomocí opásání subjektů pomocí různých tlakových pásů má za následek přeměrování změn objemu povrchu těla a umožňuje jenom měření změn obvodu v konkrétních sledovaných polohách, měření objemu je tím nedostatečné a nepopisuje lokální změny objemu a celkové dechové pohyby.

Z tohoto důvodu je pro účely měření dechu při mluvě nebo zpěvu nutná bezkontaktní metoda. Cala et al., 1996 [1] popisuje použití optických senzorů pro měření relativních změn povrchu těla a na základě toho měření změn objemu. Pro zefektivnění a zrychlení měřeného objemu, takto vytvořený systém používá infra-kamery a speciální reflexní kulovité markery nalepované na tělo subjektu.

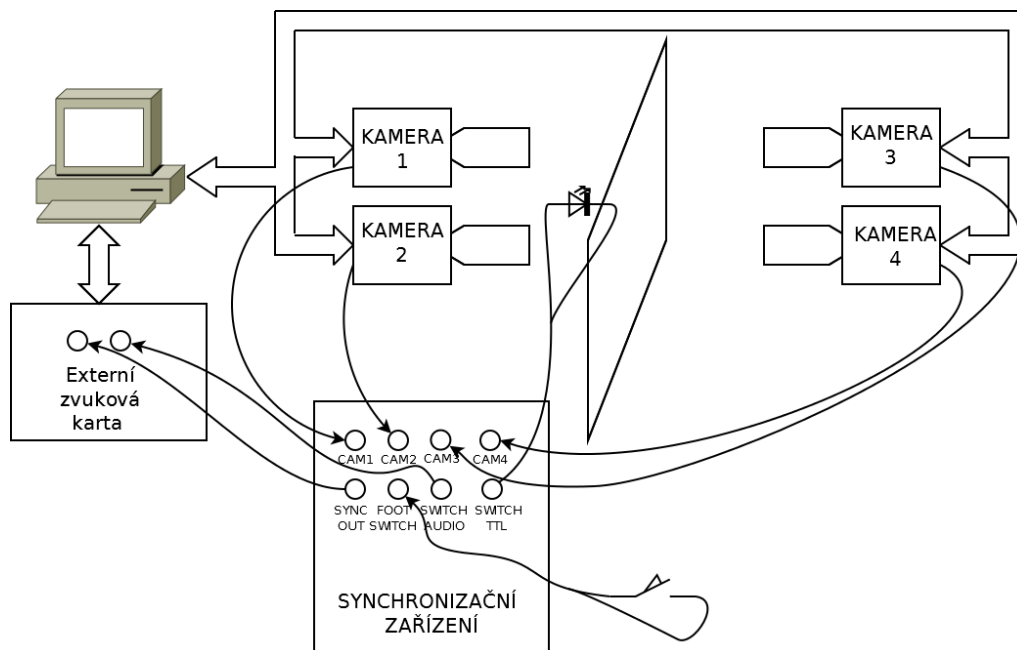
Předkládaný funkční vzorek využívá pro měření změn objemu dva páry kamer (jeden pár sleduje předmět zepředu, druhý zezadu), ze kterých je následně pomocí metod zpracování obrazu možno změřit lokální změny objemu, ale také určit dechové pohyby při změně objemu v návaznosti na měření hlasových úkolů bez omezení spirometrem nebo pletysmografem.

2 Měřicí aparatura

V této kapitole bude uvedeno zapojení měřícího systému po měření objemu a vysvětleny funkce jeho jednotlivých částí. Dále bude podrobně vysvětlena problematika synchronizace kamer.

2.1 Zapojení měřící aparatury

Schéma zapojení aparatury pro měření objemu je na Obr. 1. Kamery Point Grey Flea3 FL3-U3-Y3-M3-C jsou připojeny k měřicímu počítači prostřednictvím sběrnice USB 3.0. Aby všechny kamery zaznamenaly snímek vždy ve stejném okamžiku, jsou připojeny ke speciálnímu synchronizačnímu zařízení. K tomuto zařízení je připojen nožní vypínač, po jehož stisknutí se rozsvítí svítivá dioda, která je umístěna v zorném poli všech kamer. Stisknutí tlačítka zároveň vygeneruje krátký impulz na výstupu Switch Audio. Tento výstup je připojen na vstup externí zvukové karty. Na další vstup zvukové karty je připojen výstup SYNC OUT, což je synchronizační signál kamer.



Obr. 1 Schéma zapojení měřicí aparatury pro měření objemu

2.2 Synchronizace kamer

Pro co možná nejpřesnější výsledky analýzy měření objemu je třeba aby všechny používané kamery pořídily snímek vždy ve stejném časovém okamžiku. Toho lze docílit využitím synchronizace. Použity byly kamery Point Grey Flea3 FL3-U3-Y3-M3-C. Tyto kamery můžou být řízeny externím synchronizačním signálem a zároveň můžou poskytovat signál pro ostatní kamery. Nejjednodušší variantou synchronizace je v tomto případě tzv. Master/Slave synchronizace, kdy je doba expozice a snímková rychlost hlavní kamery nastavena prostřednictvím PC a ostatní kamery jsou řízeny synchronizačním výstupem hlavní kamery.

2.2.1 Konektor pro synchronizaci kamer Flea3

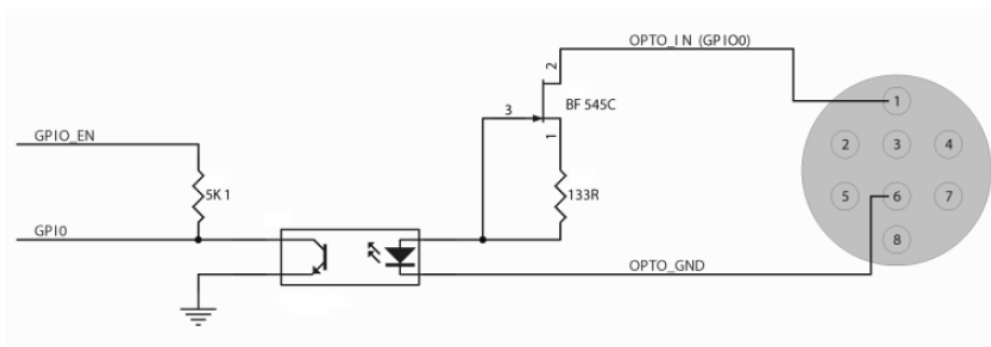
Na Obr. 2 je znázorněno zapojení jednotlivých pinů konektoru Hirose HR-25 GPIO použitého u kamer Flea3. Pro vyvedení synchronizačního signálu lze použít opticky izolovaný výstup O1 (hlavní - master kamera) a pro přivedení řídicího signálu na ostatní kamery lze použít opticky izolovaný vstup IO.

Diagram	Pin	Function	Description
	1	IO	Opto-isolated input (default Trigger in)
	2	O1	Opto-isolated output
	3	IO2	Input/Output/serial transmit (TX)
	4	IO3	Input/Output/serial receive (RX)
	5	GND	Ground for bi-directional IO, V_{EXT} , +3.3 V pins
	6	OPTO_GND	Ground for opto-isolated IO pins
	7	V_{EXT}	Allows the camera to be powered externally
	8	+3.3 V	Power external circuitry up to 150 mA

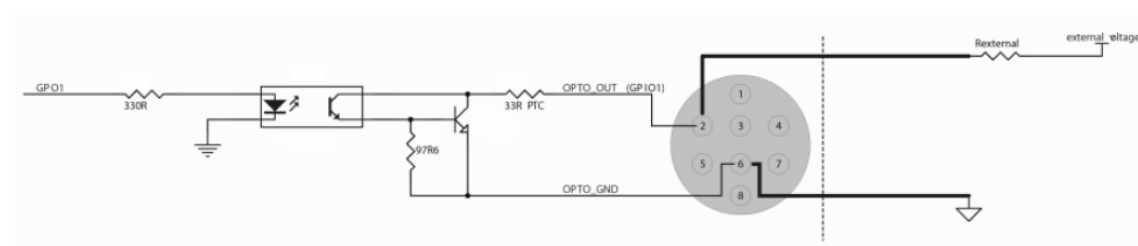
Obr. 2 Konektor pro synchronizace kamer Flea3 [1]

Na Obr. 3 je schéma zapojení opticky izolovaného synchronizačního vstupu kamery Flea3. Vstupní napětí log. 0 je od 0 do 1 V. Vstupní napětí log. 1 je od 1,5 do 24 V. Na Obr. 4 je pak zapojení opticky izolovaného výstupu. Aby bylo možné na výstupu odebírat synchronizační signál je třeba obvod opticky odděleného výstupu kamery napájet externím napětím přivedeném přes

externí rezistor. Elektrické veličiny při použití různých hodnot rezistorů jsou uvedeny v Tab. 1. Pro externí napájení obvodu opticky izolovaného výstupu lze využít pin 8, který umožňuje použít napětí 3,3 V. Nevýhodou ovšem je, že tento výstup lze použít jenom při synchronizaci dvou kamer.



Obr. 3 Schéma zapojení opticky izolovaného synchronizačního vstupu [1]



Obr. 4 Schéma zapojení opticky izolovaného synchronizačního výstupu [1]

External Voltage	External Resistor	OPTO_OUT Voltage	OPTO_OUT Current
3.3 V	1 k Ω	0.56 V	2.7 mA
5 V	1 k Ω	0.84 V	4.2 mA
12 V	2.4 k Ω	0.91 V	4.6 mA
24 V	4.7 k Ω	1.07 V	5.1 mA

Tab. 1 Elektrické parametry opticky odděleného výstupu kamer Flea3

2.2.2 Limity synchronizace kamer

Nevýhodou využití pinu s externím napájením v konektoru kamery je, že je tento zdroj dostatečně tvrdý pouze pro vzájemnou synchronizaci maximálně dvou kamer. Proto bylo navrženo a zkonstruováno speciální synchronizační zařízení, které umožňuje synchronizovat až čtyři kamery. Zařízení také výrazně zpřehledňuje a zjednodušuje propojování kamer, které mají být vzájemně synchronizovány.

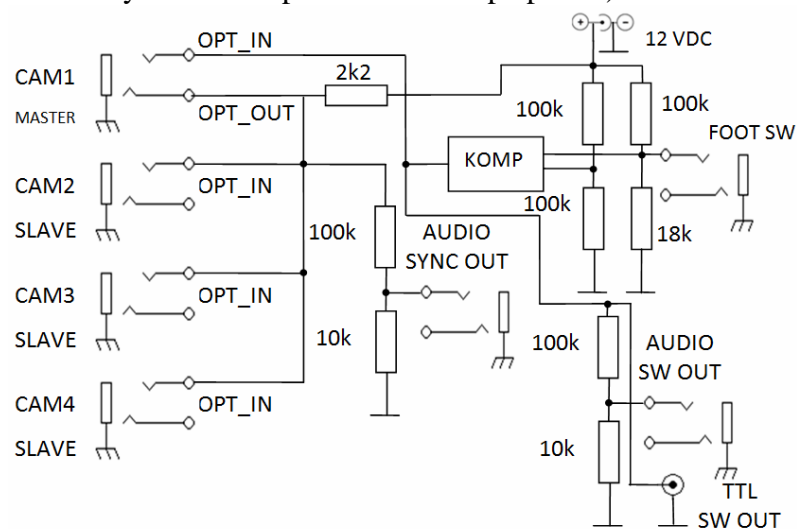
2.2.3 Synchronizace dalších měřených veličin

Velmi často je zapotřebí při měření objemu zaznamenávat další veličiny (např. zvukové stopy apod.). Pro správné vyhodnocení souvislosti obrazových dat a dalších veličin je nutné znát jejich přesnou časovou souvislost. Vlastností kamer Flea3 je, že po zapnutí na výstupu O1 generují synchronizační signál bez ohledu na to, zda je záznam nahráván či nikoliv. To ovšem znamená, že i při záznamu synchronizačního signálu není možné stanovit přesnou časovou souslednost s ostatními zaznamenanými veličinami. Tento problém lze řešit např. použitím tzv. optické klapky, kdy musí být provedena nějaká rychlá změna v obrazovém i zvukovém signále. Jako optická klapka byla využita svítivá dioda, která je rozsvícena stisknutím nožního spínače. Při stisku spínače je zároveň vygenerován elektrický pulz, který musí být přiveden do zvukové stopy společně se zaznamenaným zvukovým signálem. Pak je možné přesně stanovit souvislost mezi obrazovými a

zvukovými signály (nebo jinými veličinami převedenými na zvukový elektrický signál). Tato funkcionality byla přidána do zmíněného synchronizačního zařízení.

2.2.4 Synchronizační zařízení

Jak bylo zmíněno v odstavcích výše, synchronizace kamer a ostatních měřených veličin si vyžádala konstrukci speciálního synchronizačního zařízení. Schéma zapojení tohoto zařízení je na Obr. 5. Ke konektorům JACK 6,3 CAM1 se připojí hlavní kamera. Na vstupy CAM2 až CAM4 se prostřednictvím speciálních kabelů připojí jednotlivé kamery, které očekávají synchronizační signál. Na vstup FOOT SW je připojen nožní spínač. Na výstup TTL out je připojena svítivá dioda (optická klapka). Zařízení je napájeno 12 V stejnosměrného napětí. Na výstupu AUDIO SYNC OUT je přiveden synchronizační signál. Na výstupu AUDIO SW OUT je možné odebrat signál rozsvícení (resp. zhasnutí diody – záleží na polaritě nožního přepínače).



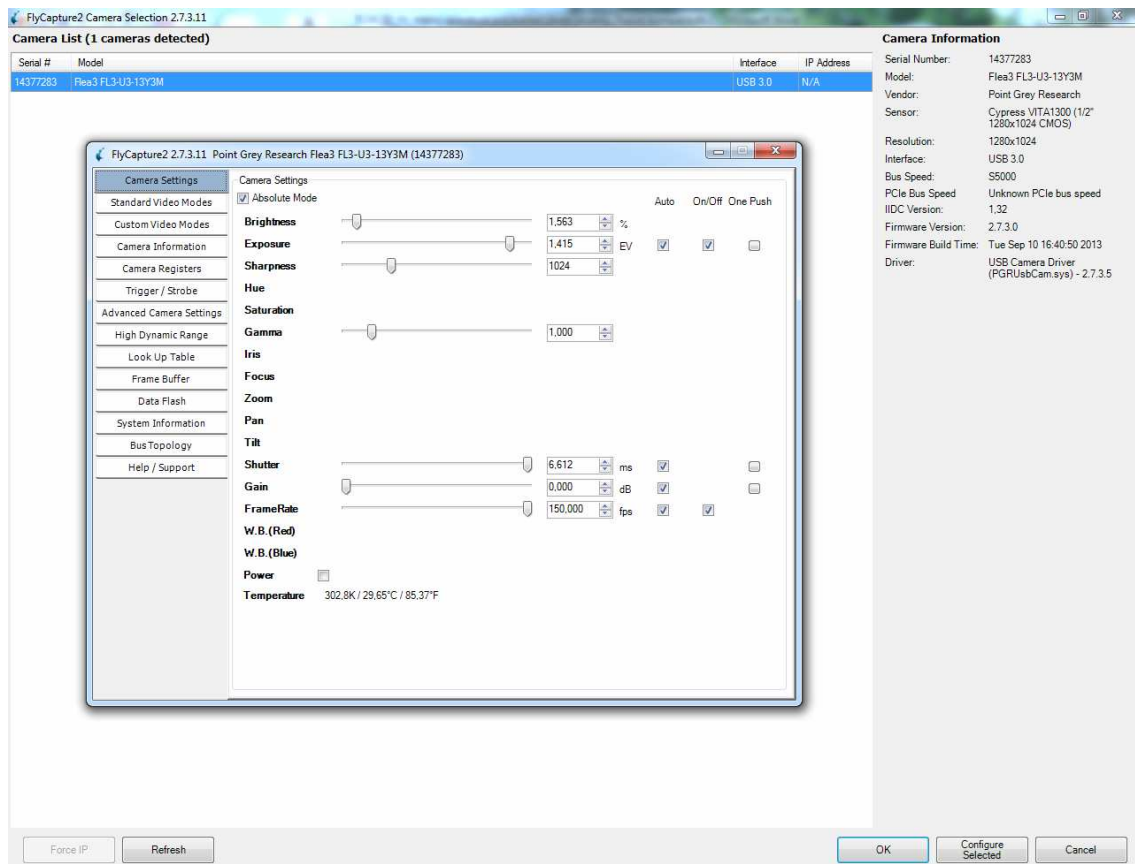
Obr. 5 Schéma zapojení synchronizačního zařízení

3 Záznam

V této kapitole je uveden postup jak zaznamenat obrazová data z kamer a případně další veličiny převedené na elektrický signál. Aparatura je zapojena podle schématu na Obr. 1.

3.1 Obsluha kamer Flea3

Společně s kamerami Point Grey je dodávána aplikace pro záznam z kamer nazvaná FlyCapture2. Bude popsáno, jak provést záznam z kamer prostřednictvím této aplikace. Okno nastavení parametrů kamer je na Obr. 6.



Obr. 6 Aplikace FlyCap, nastavení parametrů kamer

3.1.1 Postup pro nastavení kamer

- Otevřít tolik instancí programu, kolik je připojeno kamer
- Otevřít nastavení hlavní (řídící - master) kamery
- Nastavit požadovanou snímkovou frekvenci (fps)
- V záložce Trigger/Strobe odškrtnout Enable strobe for this pin v sekci Strobe Control v oddělení GPIO 1
- Otevřít postupně nastavení všech ostatních kamer a v záložce Trigger/Strobe v sekci Trigger Control zaškrtnout Enable/disable trigger a v seznamu Mode vybrat Mode 1 (Mode 1 znamená, že kamera má externím signálem řízenou jak snímkovou frekvenci, tak dobu expozice - shutter).
- Doba expozice řídící (master) kamery musí být o 11 ms kratší než je maximální možná doba expozice, která by odpovídala poměru 1/snímkovací frekvence, aby stihly ostatní kamery pulz zpracovat. Pokud ostatní kamery nestíhají pulz zpracovat projeví se to tím, že budou pracovat na poloviční snímkovací frekvenci, než má řídící kamera.

3.1.2 Nahrávání synchronizačních a dalších signálů

Nejprve je třeba spustit nahrávání synchronizačních a dalších zvukových signálů, aby bylo možné při následném zpracování zpětně synchronizovat obrazová a zvuková data.

3.1.3 Spuštění nahrávání

- U všech kamer stisknutím tlačítka Record spustit dialogové okno pro nahrávání
- Vybrat požadovanou složku pro ukládání snímků resp. videí
 - Pro co nejvyšší efektivitu nahrávání je třeba ukládat data z jednotlivých kamer na různá úložiště (aby nedocházelo k jejich zahlcení)

- Maximální doba záznamu se výrazně prodlouží při ukládání dat ve formátu videí
- Postupně spustit záznam na všech kamerách (řídící kamera nakonec)
Zatím generuje obrazová data jenom řídící kamera, protože ostatní kamery zatím nedostávají synchronizační signál
- V nastavení řídící kamery v záložce Trigger/Strobe zaškrtnout Enable strobe for this pin v sekci Strobe Control v oddělení GPIO 1, čímž dojde ke spuštění synchronizačního signálu a všechny kamery začnou nahrávat
 - Je vhodné sledovat zaplnění paměti RAM (procentuální využití paměti je uvedeno v okně nahrávání všech kamer) a při případné hrozbě úplnému zaplnění paměti je třeba nahrávání urychleně ukončit, jinak hrozí pád operačního systému a ztrátu veškerých neuložených dat
- Pro zastavení nahrávání v nastavení řídící kamery v záložce Trigger/Strobe odškrtnout Enable strobe for this pin v sekci Strobe Control v oddělení GPIO 1, čímž dojde k vypnutí synchronizačního signálu a všechny kamery kromě řídící přestanou nahrávat, poté zastavit nahrávání řídící kamery a poté všech ostatních

3.2 Efektivní nahrávání pomocí Libyuri

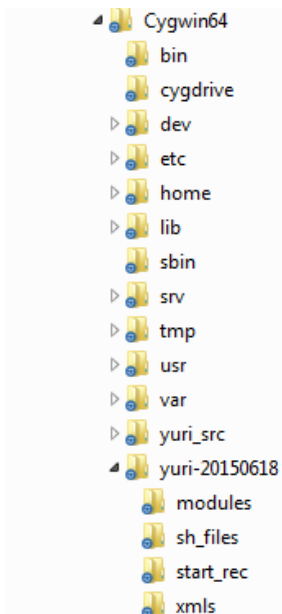
Nahrávání více obrazových a zvukových kanálů podle předchozího postupu je poměrně náročné na obsluhu, nepřehledné a je velmi náchylné na chybu (riziko zapomenutí spuštění některého nahrávacího kanálu...). Tento problém řeší využití programu Libyuri [3], který je vyvíjen pracovníky při Institutu Intermedií (ČVUT - FEL) a sdružení CESNET. Pomocí tohoto programu lze parametry kamer i zvukových kanálů nastavovat hromadně a zároveň nahrávání ihned spustit jedním kliknutím.

3.2.1 Libyuri

Program libyuri umožňuje pracovat s multimediálními datovými toky. Nejjednodušší způsob využití je pomocí XML konfiguračních souborů. Zpracování dat je v libyuri reprezentováno orientovaným grafem, kde uzly grafu reprezentují jednotlivé fáze zpracování a hrany předávání dat mezi nimi. Podrobné informace o konfiguračních souborech a manuálním spuštění programu lze nalézt v [4].

3.2.2 Soubory a složky potřebné pro běh libyuri

Libyuri je vyvíjen pro operační systémy založené na jádře Linux. Při použití na počítači s operačním systémem Windows je třeba použít emulátor Cygwin. Veškeré soubory jsou ukládány do podsložek emulátoru Cygwin, např. C:\Cygwin64\... (kořenová složka). Strom podsložek této kořenové složky je na Obr. 7. K tomuto listu je tato kořenová složka přiložena se všemi podsložkami a soubory potřebnými pro správnou funkci programu. Veškeré složky týkající se programu libyuri jsou ve složce yuri. Ve složce yuri se nachází adresář start_rec, ve kterém jsou uloženy soubory *.bat, které spouští Yuri v předpřipravených konfiguracích. Konkrétně soubory *.bat spouští tzv. shellové (*.sh) soubory, které jsou uloženy ve složce Cygwin64/sh_files. Shellové soubory obsahují příkazy potřebné pro spuštění Libyuri s využitím konkrétního konfiguračního souboru (konfigurační soubory jsou uloženy ve složce Cygwin64/xmls) s nastavením specifických parametrů (jedná se o nastavení např. snímkové rychlosti (fps) nebo nastavení zaznamenávaných zvukových kanálů).



Obr. 7 Strom složek potřebných pro program Libyuri

3.2.3 Předpřipravené konfigurace

Spouštěcí soubory *.bat jsou ve složce Cygwin64\start_rec.

- Soubor display.bat je třeba spustit vždy před spuštěním nahrávání (připraví grafické okno, ve kterém se zobrazí náhled nahrávání).
- Soubor audioInputs.bat umožňuje zjistit aktuálně připojené zvukové kanály a jejich indexy, které je třeba zadat při konfiguraci záznamu
- Soubory, které začínají na preview N spouští náhled záznamu z N kamer.
- Soubory rec N cam slouží k nahrávání z N kamer
- Soubory rec N cam M ch slouží k nahrávání z N kamer a M zvukových kanálů
- Soubory *Stream slouží k tomu, aby byla nahrávaná data zároveň posílána na danou IP adresu
- Soubory *Receive se musí spustit na PC, který má zaznamenávat data vysílaná počítačem, na kterém je spuštěn soubor *Stream

3.2.4 Změna konfigurace

V předpřipravených konfiguracích je nastavena nějaká snímková frekvence a další parametry, které pravděpodobně bude třeba přenastavit pro konkrétní záznam. Soubory *.bat umístěné ve složce Cygwin64\start_rec využívají ke spuštění soubory *.sh umístěné ve složce Cygwin64\sh_files. Parametry přenosu lze snadno měnit úpravou konkrétního souboru *.sh. Např. parametry záznamu spuštěného pomocí souboru C:\Cygwin64\start_rec\rec4cam8ch.bat lze přenastavit úpravou souboru Cygwin64\sh_files\rec4cam8ch.sh, který vypadá takto:

```
cd /yuri-20150618/
./yuri2.exe xmls/Cam4ch8Save.xml audio1=1 audio2=3 audio3=4 audio4=2 fps=60 shutter=5 rot=0 x=2
read -nl -r -p "Press any key to continue..." key
```

Pro změnu snímkovací frekvence je třeba přepsat hodnotu údaje *fps*. Údaj *shutter* udává dobu expozice snímku, *rot* určuje o kolik stupňů má být snímáný obraz otočen, do hodnot *audio N* je třeba zadat indexy zaznamenávaných kanálů, které lze zjistit spuštěním souboru C:\Cygwin64\start_rec\audioInputs.bat

3.2.5 Nahrávání

Když jsou nastaveny všechny potřebné parametry, je třeba nejprve spustit soubor C:\Cygwin64\start_rec\display.bat a poté soubor s předpřipravenou konfigurací. Dojde ke spuštění záznamu. Pro ukončení je třeba v okně, které se spustí a vypisuje průběh záznamu stisknout Ctrl+C. Veškerá zaznamenaná data jsou uložena do složky C:\Cygwin64\Measurements\složka s příslušným datem ve formátu RRRR-MM-DD

Literatura

- [1] CALA S. J., KENYON C. M., FERRIGNO G., CARNEVALI P., ALIVERTI A., PEDOTTI A., et al. (1996). Chest wall and lung volume estimation by optical reflectance motion analysis. J Appl Physiol (1985), Vol. 81, No. 6, pp. 2680-9.
- [2] Point Grey Research: Support. (2015). [online]. [cit. 2015-21-07]. Dostupné na: <<http://www.ptgrey.com/support/downloads/10120/>>.
- [3] Institut intermédií při ČVUT FEL: Libyuri. [online]. [cit. 2015-21-07]. Dostupné na: <<http://projects.iim.cz/yuri>>
- [4] Institut intermédií při ČVUT FEL: Libyuri - manuál. [online]. [cit. 2015-21-07]. Dostupné na: <<https://docs.google.com/document/d/1Er91S9X1hbZXQ4QAcT-sOyNoa07InvOOad3edsdLBb4/edit?usp=sharing>>