

Brezkontaktno merjenje temperature

Tilen Tinta, Luka Melinc

Mentorja: prof. dr. Jovan Bojanovski, prof. dr. Janko Drnovšek

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za Elektrotehniko

Abstract.

This paper presents our work on a project for the automation of a non-contact measurement system with an infrared thermometer and a calibrator for measuring the temperature of an object through the emitted energy. We developed a Python-based system, created with the Qt Designer framework, for setting up the calibrator dynamics, camera, and calibrator parameters, and executing the measurement process. For each device, we have written a library with available functions, which makes the program very transparent. The software was developed with vertical integration in mind, making it very easy to switch to new devices and add new functions and features to existing hardware as well.

The developed software includes a GUI for easy navigation between the sub-menus, parameter settings, and measurement taking.

1 Uvod

Za projekt pri predmetu AVMS sva si izbrala projekt ena, brezkontaktno merjenje temperature. Za to sva uporabila termalno kamero Minolta Land Cyclops 300AF ter kalibrator FLUKE 4181. Razvila sva programsko opremo, ki omogoča avtomatiziranje meritev, nastavitve parametrov strojne opreme. S programom se nastavi merilni cikel, dinamiko kalibratorja in izvede meritev.

Z našim programom smo brezkontaktno merili temperaturo preko izsevane energije telesa. Merimo energijo elektromagnetnega sevanja telesa s prostornino V . Energijo volumna idealnega črnega telesa, ki seva energijo opišemo z uporabo Planckovega zakona:

$$E_v = \frac{8 \pi f^2 V}{c^3} * \frac{h f}{e^{kT} - 1} \quad (1)$$

Kjer je E_v energija v volumnu V . na določenem frekvenčnem intervalu, f frekvenca, h Planckova konstanta, c svetlobna hitrost, k Boltzmanova konstanta in T absolutna temperatura.

Ker mi nismo imeli idealnega črnega telesa, smo morali upoštevati tudi emisivnost. Ta je odvisna od lastnosti površine, valovne dolžine in temperature.

2 Minolta Land Cyclops 300 AF

Minolta Land Cyclops 300AF je infrardeči termometer z merilnim območjem od -50 do 1000 stopinj celzija. Zaznava lahko infrardeče valovanje na spektru 8 do 13 μ m, pri čemer ima ločljivost 0.1 stopinje pri temperaturnem razponu od -50 do 199.99 stopinje celzija in ločljivost eno stopinjo pri temperaturah od 100 do 1050 stopinj celzija. Omogoča merjenje s štirimi različnimi načini, Manual, Peak, Average in Valley. Kamera lahko komunicira z zunanjim krmilnikom preko vodila RS232. Ima vgrajenih mnogo funkcij, s katerimi lahko izvaja širok nabor specifičnih nalog, od avto fokusa do zajema podatkov.



Slika 1: Infrardeči termometer Minolta Land Cyclops AF300

3 Fluke 4181

Fluke 4181 je infrardeči kalibrator namenjen kalibraciji ter testiranju infrardečih merilnikov. Uporabljen model ima delovno območje med 35 in 500 stopinjami celzija. Z njim je mogoče upravljati preko vmesnika na napravi ali kot je bilo storjeno v našem primeru prek vodila RS232. Omogoča nastavljanje velikega števila parametrov za delovanje same naprave ter izvajanje kalibracije. Temperaturo lahko nastavimo sami po korakih ali pa to nastavi instrument sam tako, da sledi našim kalibracijskim profilom. Te je mogoče shraniti v napravo za kasnejšo uporabo. Celotno gretje oz. hlajenje

je regulirano za katero lahko ravno tako nastavljamo parametre kot so hitrost gretja (stopinje/min), čas v ustaljenem stanju. Naprava nam omogoča tudi dostop do parametrov, ki so kritični za delovanje in so hkrati zaklenjeni z geslom.



Slika 2: Infrardeči kalibrator Fluke 4181

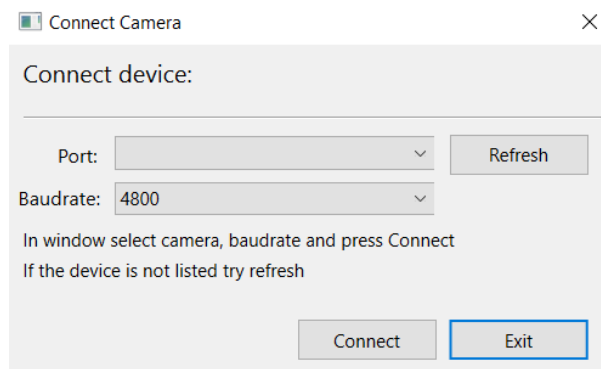
4 Grafični vmesnik

Sprva smo poskušali program narediti s programskim okoljem LabView. Pri tem smo se zaradi pomanjkanja izkušenj z delom s tem softwarom ubadali z precej napakami, zato smo se odločili, da bomo nalogo izvedli s Pythonom.

Grafični vmesnik sva zasnovala v programskem jeziku Python s knjižnico Qt designer. Gre za framework, ki s pomočjo *drag-and-drop* omogoča preprosto in hitro dodajanje in odzemanje grafičnih blokov. Omogoča tudi enostavno poimenovanje spremenljivk, kar olajša kasnejše delo na backendu. Priročno je tudi dejstvo, da je to *cross-platform* orodje in se prilagaja različnim operacijskim sistemom.

Ob zagonu programa se nam najprej odpre okno za nastavitve serijske komunikacije s kamero, nastavimo lahko port, preko katerega bomo dostopali do kamere ter baudrate komunikacije s kamero. Brez povezane kamere se načeloma ne da dostopati do glavnega okna programa. Ker je program v osnovi namenjen

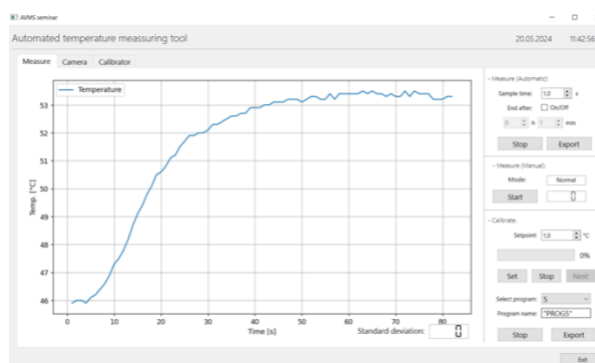
opravljanju meritev temperature, je to osnovna zahteva za uporabo programa.



Slika 3: Vhodno okno za povezavo s kamero

Grafični vmesnik je zasnovan iz treh glavnih podstrani: Measure, Camera in Calibrator.

Grafični vmesnik programa, ki upravlja s kalibratorjem, je zasnovan z zavihki. Imena zavihkov ter funkcije, ki jih najdemo v njih, so poimenovana in zastavljena enako kot so te na samem kalibratorju. To omogoči uporabniku, ki je domač s samo napravo, lažje delo s programom.

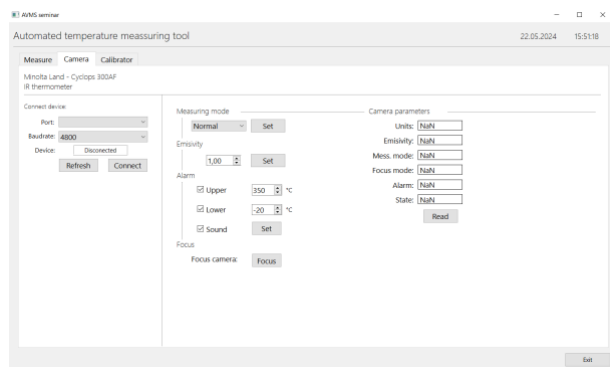


Slika 4: Podokno Measure s prikazom izvedene meritve

Podokno Measure je namenjeno izvajanju in spremljanju meritev. Vključuje graf za spremljanje meritev ter prikazuje standardno deviacijo zadnjih 10 vzorcev ter nastavljanju glavnih parametrov za izvajanje meritev. Izbere se lahko program kalibratorja, vzorčni čas kamere, čas konca meritve. Ob začetku zajemanja meritev z vzorčnim časom se kamera avtomatsko fokusira ter izbere klasičen način merjenja (Normal mode). ob koncu omogoča tudi izvoz datoteke CSV z meritvami. V primeru kalibracije kamere vsebuje izhodni dokument podatke o izmerjeni temperaturi kamere in temperaturi kalibratorja.

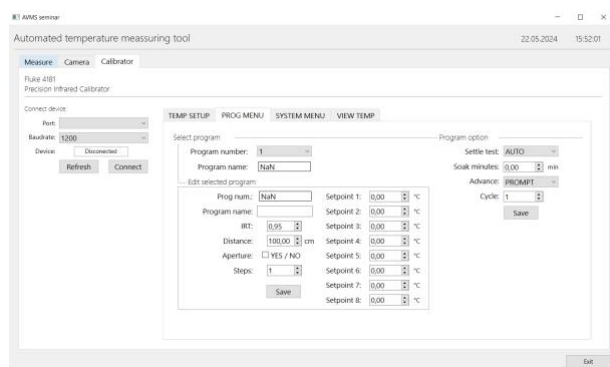
Podokno Camera je namenjena nastavljanju parametrov povezane kamere. Omogoča nastavitve načina merjenja kamere, emisivnost, nastavitve alarma ob doseg določene temperature, izvedbe fokusiranja kamere.

Poleg tega se v programu preberejo in izpišejo trenutno nastavljeni parametri kamere.



Slika 5: Podokno *Camera* z nastavitvami kamere

Tretje podokno *Calibrator* omogoča nastavljanje parametrov priključenega kalibratorja. V temu podoknu se nastavi baudrate ter port, preko katerega se bo povezal kalibrator. Poleg tega podokno vključuje štiri dodatna pod-pod okna, enega za nastavitev temperature, emisivnosti, cut outa, enega za nastavitev programa kalibratorja, setpointov programov ter drugih parametrov, ki so potrebni za definiranje programov za kalibratorje. Tretje podokno je namenjeno bazičnim nastavitvam kot so naprimer jezik, nastavitve PID regulatorja, IR kalibracija, informacije o strojni opremi, ...



Slika 6: Podokno *Calibrator* za nastavitve kalibratorja

V četrtem podoknu je podana tabela, ki opisuje omejitve kalibratorja pri oddajanju temperature glede na emisivnost kalibratorja.

Za vsako od naprav je bila napisana knjižnica v programskem jeziku python, v katerih so vključene vse funkcije, katere naprava omogoča. Koda je napisana na način, da je popolnoma prenosljiva za primer uporabe v drugih programih. Program je napisan pregledno in v prihodnje omogoča enostavno dodajanje funkcij in odpravljanje morebitnih napak.

5 Problemi

Sprva nisva bila prepričana, točno kakšne ukaze je potrebno pošiljati kameri, da jih bo ta ustrezno interpretirala. Pomagala sva si s orodjem putty, s katerim sva kameri neposredno pošiljala ukaze ter prejemale odgovore. Izkazalo se je, da je bila napaka v nastavitvah komunikacije s kamero. Zaradi tega sva se odločila za uporabo Pythona, saj je glede komunikacije precej bolj neposreden in pregleden.

Ko sva se odločala, katero ogrodje uporabiti za grafiko, sva preizkusila precej različnih opcij. Tkinter se je izkazal za precej omejenega. Poleg tega sva poskusila še nekaj drugih orodij za izdelavo grafičnega vmesnika, vendar pa sva na koncu uporabila QT designer, ki se je izkazal za daleč najboljšega.

Ko sva delala na komunikaciji s kalibratorjem, sva ugotovila, da pri nekaterih funkcijah komunikacija ni delovala in da po poslanem ukazu nismo prejeli nobenega odgovora kalibratorja. Ugotovili smo, da se je to dogajalo le pri ukazih, kjer smo lahko nastavljali indeks ukaza znotraj oglatih oklepajev. Ugotovila sva, da so te ukazi varljivo označeni v dokumentaciji, saj so v primeru ukaza te podani skupaj z oglatimi oklepaji, v resnici pa je potrebno ukaz poslati brez njih, le z indeksom ukaza.

6 Možne nadgradnje

Možno je dodajanje dodatnega procesiranja podatkov za izračunavanje statistik. Poleg tega je zelo enostavno dodajanje nadgradenj posamezne naprave in novih naprav samo z dodajanjem nove knjižnice oziroma dodajanje novih funkcij v obstoječe.

Trenutno je mogoče na strani samega kalibratorja dostopati tudi do funkcij ki so lahko zaščitene z geslom. To bi bilo v primeru uporabe takšne aplikacije v industrijskem okolju nezaželeno, saj operaterjem ni vedno pametno omogočiti polnega dostopa do naprave. V tem primeru bi se lahko dostop do nekaterih zavihkov onemogočilo z geslom.

7 Uporaba programske opreme

Ob zagonu programa se nam odpre okno ki omogoča povezavo na merilnik temperature. Povezava je mogoča le na naprave ki so trenutno priključene. Pred povezavo je potrebno pravilno določiti tudi baudrate. Če je povezava uspešna se pojavi glavno okno programa. V nasprotnem primeru smo o napaki oz. neuspešni povezave obveščeni z opozorilom. V glavnem oknu lahko takoj začnemo z izvajanjem meritev če nam nastavljene nastavitve ustrezajo. V nasprotnem primeru lahko te spremenimo v glavnem oknu ali podoknu kamere. Meritve zaženemo s tipko start, s katero jih lahko tudi ustavimo. če bi želeli po določenem času zaključiti z zajemom meritev lahko to nastavimo pred

začetkom v zavihku measure. Grafični vmesnik omogoča tudi meritve enake kot jih izvaja zgornja tipka na kameri. to se stori v območju measure (manual). Način merjenja se nastavi zavihku nastavitve kamere. Za kalibracijo je potrebno najprej v zavihku kalibratorja nastaviti vse potrebne parametre - že prej nastavljen baudrate, emisivnost, zgornjo in spodnjo mejo za alarm, izvedba fokusiranja kamere, hkrati pa se lahko desno prebere trenutno nastavljene parametre kamere. Aplikacija omogoča upravljanje in shranjevanje profilov za kalibracijo. Z izbiro le tega lahko v osnovnem oknu zaženemo kalibracijo ki po nastavljenih nastavitvah upravlja z kalibratorjem in zajema podatke s kamere. Shranjene meritve je mogoče ob koncu kalibracije shraniti v csv datoteko.

8 Zaključek

Skozi delu a projektu sva ugotovila, da se kljub uporabi odprtokodnih rešitev lahko doseže podobno oziroma enako kvaliteto programske rešitve za avtomatizacijo in virtualizacijo meritev.

Najin pristop sicer ni najbolj trivialna, vendar pa najina rešitev ponuja več fleksibilnosti pri naslavljanju problema. Hkrati omogoča več možnosti pri integraciji z ostalimi napravami, dodajanju novih pristopov in lažjo vertikalno in horizontalno integracijo.

Viri:

Minolta docu: Minolta Land Cyclops 300AF interna dokumentacija

Fluke docu: 4181 Operation Manual (eng)

Qt designer: <https://build-system.fman.io/qt-designer-download>