

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**Αλγορίθμικές Θεμελιώσεις Δικτύου Αισθητήρων και του Διαδικτύου των Αντικειμένων**

## **End-to-end WSN Project 2023-2024**



**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: Άγγελος Τσαμόπουλος  
ΑΜ :1072591**

**Ακαδημαϊκό Έτος: 2023-2024  
Καθηγητής: Νικολετσέας Σωτήριος**

# ΕΡΩΤΗΜΑ 1

1)

Παρακάτω, φαίνονται διάφορα screenshots που επιβεβαιώνουν την ορθή εγκατάσταση των εργαλειών που ζητούνται (έχουν ήδη εγκατασταθεί):

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng$ sudo apt install build-essential doxygen git git-lfs curl wireshark python3-serial srec  
ord rlwrap  
[sudo] password for agg_tsamo:  
Reading package lists... Done  
Building dependency tree... Done  
Reading state information... Done  
build-essential is already the newest version (12.9ubuntu3).  
python3-serial is already the newest version (3.5-1).  
doxygen is already the newest version (1.9.1-2ubuntu2).  
rlwrap is already the newest version (0.43-1build3).  
srecord is already the newest version (1.64-3).  
wireshark is already the newest version (3.6.2-2).  
curl is already the newest version (7.81.0-1ubuntu1.16).  
git is already the newest version (1:2.34.1-1ubuntu1.10).  
git-lfs is already the newest version (3.0.2-1ubuntu0.2).  
The following packages were automatically installed and are no longer required:  
  libopengl0 libwpe-1.0-1 libwpebackend-fdo-1.0-1  
Use 'sudo apt autoremove' to remove them.  
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 4 not upgraded.
```

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT$ wget https://armkeil.blob.core.windows.net/developer/Files/downloads/gnu-rm/9-2020q2/gcc-arm-none-eabi-9-2020-q2-update-x86_64-linux.tar.bz2  
--2024-05-28 20:03:47-- https://armkeil.blob.core.windows.net/developer/Files/downloads/gnu-rm/9-2020q2/gcc-arm-none-eabi-9-2020-q2-update-x86_64-linux.tar.bz2  
Resolving armkeil.blob.core.windows.net (armkeil.blob.core.windows.net)... 20.209.15.139  
Connecting to armkeil.blob.core.windows.net (armkeil.blob.core.windows.net)|20.209.15.139|:443... connected.  
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK  
Length: 140360119 (134M) [application/octet-stream]  
Saving to: 'gcc-arm-none-eabi-9-2020-q2-update-x86_64-linux.tar.bz2.1'  
  
gcc-arm-none-eabi-9-2020-q2-updat 100%[=====] 133.86M 2.42MB/s in 56s  
2024-05-28 20:04:43 (2.40 MB/s) - 'gcc-arm-none-eabi-9-2020-q2-update-x86_64-linux.tar.bz2.1' saved [140360119/140360119]
```

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT$ sudo wget -nv http://simondouq.github.io/resources/mspgcc-4.7.2-compiled.tar.bz2 && \  
  sudo tar xf mspgcc*.tar.bz2 -C /tmp/ && \  
  sudo cp -f -r /tmp/msp430/* /usr/local/ && \  
  sudo rm -rf /tmp/msp430 mspgcc*.tar.bz2  
2024-05-28 20:16:28 URL:http://simondouq.github.io/resources/mspgcc-4.7.2-compiled.tar.bz2 [76070245/76070245] -> "mspgcc-4.7.2-compiled.tar.bz2" [1]
```

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT$ sudo apt-get install libc6:i386 libncurses5:i386 libstdc++6:i386 lib32z1  
Reading package lists... Done  
Building dependency tree... Done  
Reading state information... Done  
lib32z1 is already the newest version (1:1.2.11.dfsg-2ubuntu9.2).  
libc6:i386 is already the newest version (2.35-0ubuntu3.7).  
libstdc++6:i386 is already the newest version (12.3.0-1ubuntu1~22.04).  
libncurses5:i386 is already the newest version (6.3-2ubuntu0.1).  
The following packages were automatically installed and are no longer required:  
  libopengl0 libwpe-1.0-1 libwpebackend-fdo-1.0-1  
Use 'sudo apt autoremove' to remove them.  
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 4 not upgraded.
```

Παρακάτω, φαίνεται ο φάκελος που δημιουργήθηκε με όλα τα αρχεία του Contiki-ng :

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng$ ls
CODE_OF_CONDUCT.md  Makefile.dir-variables  Makefile.identify-target  README.md      doc      tests
CONTRIBUTING.md     Makefile.embedded       Makefile.include        SECURITY.md    examples  tools
LICENSE.md          Makefile.help          Makefile.tools         arch      os
```

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng$ ls ./arch/platform
cc2538dk cc26x0-cc13x0 cooja gecko native nrf nrf52840 openmote simplelink sky zl zoul
```

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng$ ls ./os
contiki-default-conf.h contiki-lib.h contiki-main.c contiki-net.h contiki.h dev lib net services storage sys
```

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng$ ls ./os/sys
atomic.c      clock.h      ctimer.h      int-master.h   log.c           node-id.c    pt-sem.h      stack-check.h  timer.h
atomic.h      compower.c  energest.c  lc-addrlabels.h log.h          node-id.h    pt.h          stimer.c
autostart.c   compower.h  energest.h  lc-switch.h   memory-barrier.h platform.h  rtimer.c      stimer.h
autostart.h   critical.h  etimer.c    lc.h          mutex.c        process.c   rtimer.h      subprocess.h
cc.h          ctimer.c   etimer.h    log-conf.h   mutex.h        process.h   stack-check.c timer.c
```

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng$ ls ./os/net
app-layer link-stats.c linkaddr.c mac          nbr-table.h net-debug.h netstack.h packetbuf.c queuebuf.c routing
ipv6       link-stats.h linkaddr.h nbr-table.c net-debug.c netstack.c nullnet    packetbuf.h queuebuf.h security
```

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng$ ls ./os/dev
battery-sensor.h button-hal.h  gpio-hal.c  leds.h      radio.h      serial-line.h spi-legacy.h watchdog.h
ble-hal.h        button-sensor.h gpio-hal.h  nullradio.c rom.h       slip.c       spi.c       xmem.h
button-hal.c    eeprom.h      leds.c      nullradio.h serial-line.c slip.h      spi.h
```

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng$ ls ./examples
6tisch      cplusplus    ip64-router    mqtt-client  nullnet      rpl-udp      snmp-server
benchmarks  dev          libs          multicast    platform-specific sensniff    storage
coap        hello-world  lwm2m-ipso-objects my_hello_world rpl-border-router  slip-radio  websocket
```

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world$ make WERROR=0 TARGET=native
MKDIR      build/native/obj/.deps
CC        hello-student.c
CC        ../../arch/platform/native./platform.c
CC        ../../arch/platform/native./clock.c
CC        ../../arch/platform/native/dev/xmem.c
CC        ../../arch/platform/native/dev/buttons.c
CC        ../../arch/platform/native./cfs-posix.c
CC        ../../arch/platform/native./cfs-posix-dir.c
CC        ../../arch/cpu/native/net/tun6-net.c
CC        ../../arch/cpu/native./rtimer-arch.c
CC        ../../arch/cpu/native./watchdog.c
CC        ../../arch/cpu/native/dev/eeprom.c
CC        ../../arch/cpu/native./int-master.c
CC        ../../arch/cpu/native/dev/gpio-hal-arch.c
CC        ../../os/contiki-main.c
CC        ../../os/dev/button-hal.c
CC        ../../os/dev/gpio-hal.c
CC        ../../os/dev/leds.c
CC        ../../os/dev/nullradio.c
CC        ../../os/dev/serial-line.c
CC        ../../os/lib/aes-128.c
CC        ../../os/lib/assert.c
CC        ../../os/lib/ccm-star.c
CC        ../../os/lib/circular-list.c
CC        ../../os/lib/crc16.c
CC        ../../os/lib/csprng.c
CC        ../../os/lib/dbl-circ-list.c
CC        ../../os/lib/dbl-list.c
CC        ../../os/lib/heapmem.c
CC        ../../os/lib/hexconv.c
CC        ../../os/lib/ifft.c
CC        ../../os/lib/iq-seeder.c
CC        ../../os/lib/list.c
CC        ../../os/lib/memb.c
CC        ../../os/lib/random.c
CC        ../../os/lib/ringbuf.c
CC        ../../os/lib/ringbufindex.c
CC        ../../os/lib/sha-256.c
CC        ../../os/lib/trickle-timer.c
CC        ../../os/net/link-stats.c
CC        ../../os/net/linkaddr.c
CC        ../../os/net/nbr-table.c
CC        ../../os/net/net-debug.c
CC        ../../os/net/netstack.c
CC        ../../os/net/packetbuf.c
CC        ../../os/net/queuebuf.c
CC        ../../os/net/ipv6/ip64-addr.c
```

Στο παραπάνω screenshot, γίνεται η μεταγλώττιση του κώδικα και δημιουργείται το εκτελέσιμο σε native αρχιτεκτονική.

Μετά από αυτό, βλέπουμε το εκτελέσιμο αρχείο **hello-world.native** και τον φάκελο **build**:

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world$ ls
Makefile  README.md  build  hello-student.c  hello-student.native
```

Τέλος, τρέχουμε το εκτελέσιμο και φαίνονται παρακάτω τα αναμενόμενα αποτελέσματα (εκτύπωση hello, student κάθε 10 δεύτερα):

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world$ ./hello-student.native
[WARN: Tun6      ] Failed to open tun device (you may be lacking permission). Running without network.
[INFO: Main     ] Starting Contiki-NG-develop/v4.9-659-gdbf5b1a75
[INFO: Main     ] - Routing: RPL Lite
[INFO: Main     ] - Net: tun6
[INFO: Main     ] - MAC: nullmac
[INFO: Main     ] - 802.15.4 PANID: 0xabcd
[INFO: Main     ] - 802.15.4 Default channel: 26
[INFO: Main     ] Node ID: 1800
[INFO: Main     ] Link-layer address: 0102.0304.0506.0708
[INFO: Main     ] Tentative link-local IPv6 address: fe80::302:304:506:708
[INFO: Native   ] Added global IPv6 address fd00::302:304:506:708
Hello, student
^C
```

Επιτυχώς καθαρίζουμε τον φάκελο από τα αρχεία μεταγλώττισης και το εκτελέσιμο με την εντολή **make TARGET=native clean**:

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world$ make TARGET=native clean  
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world$
```

Αντίστοιχα, όσον αφορά την αρχιτεκτονική sky:

```
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world$ make TARGET=sky
MKDIR      build/sky/obj/.deps
CC         hello-student.c
CC         ../../os/contiki-main.c
CC         ../../arch/dev/sensor/sht11/sht11.c
CC         ../../arch/dev/sensor/sht11/sht11-sensor.c
CC         ../../arch/platform/sky/dev/light-sensor.c
CC         ../../arch/platform/sky/dev/battery-sensor.c
CC         ../../arch/platform/sky/dev/button-sensor.c
CC         ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/spi-legacy.c
CC         ../../arch/dev/etc/ds2411/ds2411.c
CC         ../../arch/platform/sky/dev/xmem.c
CC         ../../os/lib/sensors.c
CC         ../../arch/dev/radio/cc2420/cc2420.c
CC         ../../arch/cpu/msp430./cc2420-arch.c
CC         ../../arch/cpu/msp430./cc2420-arch-sfd.c
```

όπου το εκτελέσιμο `hello-world.sky` δεν μπορεί να τρέξει στον υπολογιστή:

```

agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world$ ls
Makefile README.md build hello-student.c hello-student.sky
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world$ ./hello-student.sky
-bash: ./hello-student.sky: cannot execute binary file: Exec format error
agg_tsamo@Angelos:~/git_files/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world$ █

```

Γράφοντας την εντολή **make TARGET=sky motelist-all**, στο παρακάτω screenshot Βρίσκουμε το port:

```

angelos@angelos-HP-ProBook-450-G5:~/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world$ make TARGET=sky motelist-all
Port      Serial   VID     PID     Product          Vendor
-----  -----  -----  -----  -----
/dev/ttyUSB0  XBSD7856  0x0403  0x6001  Crossbow Telos Rev.B  XBOW
angelos@angelos-HP-ProBook-450-G5:~/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world$ █

```

Και την εντολή **make**:

```

angelos@angelos-HP-ProBook-450-G5:~/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world$ make TARGET=sky hello-student.upload PORT=/dev/ttyUSB0
MKDIR  build/sky/obj/.deps
CC    hello-student.c
CC    ../../os/contiki-main.c
CC    ../../arch/dev/sensor/sht11/sht11.c
CC    ../../arch/dev/sensor/sht11/sht11-sensor.c
CC    ../../arch/platform/sky/dev/light-sensor.c
CC    ../../arch/platform/sky/dev/battery-sensor.c
CC    ../../arch/platform/sky/dev/button-sensor.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/spi-legacy.c
CC    ../../arch/dev/etc/ds2411/ds2411.c
CC    ../../arch/platform/sky/dev/xmem.c
CC    ../../os/lib/sensors.c
CC    ../../arch/dev/radio/cc2420/cc2420.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/.cc2420-arch.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/.cc2420-arch-sfd.c
CC    ../../arch/platform/sky/dev/sky-sensors.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/.uip-ipchecksum.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/uart1.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/.slip_uart1.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/dev/uart-putchar.c
CC    ../../arch/platform/sky/.platform.c
CC    ../../os/lib/crc16.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/msp430.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/.flash.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/clock.c
CC    ../../os/dev/leds.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/.leds-arch.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/.watchdog.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/.lpm.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/rtimer-arch.c
CC    ../../arch/cpu/msp430/.int-master.c
CC    ../../arch/dev/radio/cc2420/cc2420-tscl-15ms.c
CC    ../../os/dev/button-hal.c
CC    ../../os/dev/serial-line.c
CC    ../../os/dev/spi.c
CC    ../../os/dev/slip.c
CC    ../../os/dev/nullradio.c

```

```
CC      ../../os/sys/rtimer.c
CC      ../../os/sys/node-id.c
CC      ../../os/sys/timer.c
CC      ../../os/sys/stack-check.c
LD      build/sky/hello-student.sky
nsp430-objcopy build/sky/hello-student.sky -O ihex hello-student.ihex
make IHEXFILE=hello-student.ihex sky-reset sky-upload
make[1]: Entering directory '/home/angelos/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world'
make -k -j 20 sky-reset-sequence
make[2]: Entering directory '/home/angelos/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world'
../../tools/sky/msp430-bsl-linux --telosb -c /dev/ttyUSB0 -r
MSP430 Bootstrap Loader Version: 1.39-telos-7
Use -h for help
Reset device ...
Done
make[2]: Leaving directory '/home/angelos/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world'
make -j 20 sky-upload-sequence
make[2]: Entering directory '/home/angelos/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world'
+++++ Erasing /dev/ttyUSB0
MSP430 Bootstrap Loader Version: 1.39-telos-7
Use -h for help
Mass Erase...
Transmit default password ...
+++++ Programming /dev/ttyUSB0
MSP430 Bootstrap Loader Version: 1.39-telos-7
Invoking BSL...
Transmit default password ...
Current bootstrap loader version: 1.61 (Device ID: f16c)
Changing baudrate to 38400 ...
Program ...
42455 bytes programmed.
+++++ Resetting /dev/ttyUSB0
MSP430 Bootstrap Loader Version: 1.39-telos-7
Use -h for help
Reset device ...
Done
make[2]: Leaving directory '/home/angelos/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world'
make[1]: Leaving directory '/home/angelos/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/my_hello_world'
```

**Τέλος, βλέπουμε τα αποτελέσματα της εκτέλεσης του κώδικα του mote:**

2) Τροποποιήθηκε το αρχείο broadcast.c (nullnet-broadcast1\_2\_1.c) για να βγάζει την MAC address του κεντρικού κόμβου, όπως φαίνεται και παρακάτω:

```
angelos@angelos-HP-ProBook-450-G5:~/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/test_nullnet$ make TARGET=sky login PORT=/dev/ttyUSB0
rlwrap ../../tools/serial-io/serialdump -b115200 /dev/ttyUSB0
connecting to /dev/ttyUSB0 [OK]
A\@D\@x]xD<AI\@DQ7[INFO: App      ] Parent node Mac Address: 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App      ] Parent node Mac Address: 2410.ea13.0074.1200
```

Έπειτα, τροποποιήθηκε το αρχείο unicast (nullnet-unicast1\_2\_2.c) ώστε να στέλνει μηνύματα στον κεντρικό κόμβο.

```
despoina@despoina-VivoBook-ASUSLaptop-X509FB-X509FB:~/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/test_nullnet$ make TARGET=sky login /dev/ttyUSB0
rlwrap ../../tools/serial-io/serialdump -b115200 /dev/ttyUSB0
connecting to /dev/ttyUSB0 [OK]
A\@e\@Am\xq\@D\@o[INFO: App      ] Sending 0 to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App      ] Sending 1 to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App      ] Sending 2 to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App      ] Sending 3 to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App      ] Sending 4 to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App      ] Sending 5 to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App      ] Sending 6 to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App      ] Sending 7 to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App      ] Sending 8 to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App      ] Sending 9 to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App      ] Sending 10 to 2410.ea13.0074.1200
```

Έπειτα για το τρίτο bullet, τροποποιήθηκαν και τα δύο αρχεία, unicast και broadcast όπου είναι τα αντίστοιχα nullnet-unicast1\_2\_3.c και nullnet-broadcast1\_2\_3.c.

Παρακάτω φαίνονται διάγορα screenshots εκτέλεσής τους:

```
angelos@angelos-HP-ProBook-450-G5:~/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/test_nullnet$ make TARGET=sky nullnet-unicast1_2_3.upload PORT=/dev/ttyUSB0
MKDIR build/sky/obj/.deps
CC nullnet-unicast1_2_3.c
CC ../../os/contiki-main.c
CC ../../arch/dev/sensor/sht11/sht11.c
CC ../../arch/dev/sensor/sht11/sht11-sensor.c
CC ../../arch/platform/sky/dev/light-sensor.c
CC ../../arch/platform/sky/dev/battery-sensor.c
CC ../../arch/platform/sky/dev/button-sensor.c
CC ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/spi-legacy.c
CC ../../arch/dev/etc/ds2411/ds2411.c
CC ../../arch/platform/sky/dev/xmem.c
CC ../../os/lib/sensors.c
CC ../../arch/dev/radio/cc2420/cc2420.c
CC ../../arch/cpu/msp430/.cc2420-arch.c
CC ../../arch/cpu/msp430/.cc2420-arch-sfd.c
CC ../../arch/platform/sky/dev/sky-sensors.c
CC ../../arch/cpu/msp430/.uip-ipchksum.c
CC ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/uart1.c
CC ../../arch/cpu/msp430/.slip_uart1.c
CC ../../arch/cpu/msp430/dev/uart-putchar.c
CC ../../arch/platform/sky/.platform.c
CC ../../os/lib/crc16.c
CC ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/msp430.c
CC ../../arch/cpu/msp430/.flash.c
CC ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/clock.c
```

```
angelos@angelos-HP-ProBook-450-G5:~/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/test_nullnet$ make TARGET=sky login PORT=/dev/ttyUSB0
rlwrap ../../tools/serial-io/serialdump -b115200 /dev/ttyUSB0
connecting to /dev/ttyUSB0 [OK]
[c#3#~C{#0C+0][INFO: App ] Sending data: ID=74a1, Count=0, Temp=33.12 C, Hum=49.03 %RH to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App ] Sending data: ID=74a1, Count=1, Temp=33.76 C, Hum=47.30 %RH to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App ] Sending data: ID=74a1, Count=2, Temp=34.27 C, Hum=45.99 %RH to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App ] Sending data: ID=74a1, Count=3, Temp=34.70 C, Hum=45.44 %RH to 2410.ea13.0074.1200
[INFO: App ] Sending data: ID=74a1, Count=4, Temp=35.05 C, Hum=44.31 %RH to 2410.ea13.0074.1200
```

Βλέπουμε ότι ο ένας από τους δυο κόμβους φύλασ στέλνουν επιτυχώς δεδομένα προς την εικονιζόμενη MAC address που είναι του κόμβου πατέρα (αντίστοιχα ισχύει και για τον άλλον).

```
angelos@angelos-HP-ProBook-450-G5:~/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/test_nullnet$ make TARGET=sky nullnet-broadcast1_2_3.upload PORT=/dev/ttyUSB0
MKDIR build/sky/obj/.deps
CC nullnet-broadcast1_2_3.c
CC ../../os/contiki-main.c
CC ../../arch/dev/sensor/sht11/sht11.c
CC ../../arch/dev/sensor/sht11/sht11-sensor.c
CC ../../arch/platform/sky/dev/light-sensor.c
CC ../../arch/platform/sky/dev/battery-sensor.c
CC ../../arch/platform/sky/dev/button-sensor.c
CC ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/spi-legacy.c
CC ../../arch/dev/etc/ds2411/ds2411.c
CC ../../arch/platform/sky/dev/xmem.c
CC ../../os/lib/sensors.c
CC ../../arch/dev/radio/cc2420/cc2420.c
CC ../../arch/cpu/msp430/.cc2420-arch.c
CC ../../arch/cpu/msp430/.cc2420-arch-sfd.c
CC ../../arch/platform/sky/dev/sky-sensors.c
CC ../../arch/cpu/msp430/.uip-ipchksum.c
CC ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/uart1.c
CC ../../arch/cpu/msp430/.slip_uart1.c
CC ../../arch/cpu/msp430/dev/uart-putchar.c
CC ../../arch/platform/sky/.platform.c
CC ../../os/lib/crc16.c
CC ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/msp430.c
CC ../../arch/cpu/msp430/.flash.c
CC ../../arch/cpu/msp430/f1xxx/clock.c
```

```
(myenv) despoina@despoina-VivoBook-ASUSLaptop-X509FB-X509FB:~/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/test_nullnet$ make TARGET=sky login /dev/ttyUSB0
rlwrap ../../tools/serial-io/serialdump -b115200 /dev/ttyUSB0
connecting to /dev/ttyUSB0 [OK]
A•A\D••Am\|DmqD->]A•wT•S•[INFO: Parent ] Received data from ID=74a1: Count=321, Temp=29.51 C, Hum=48.05 %RH
[INFO: Parent ] Received data from ID=87f1: Count=150, Temp=29.68 C, Hum=47.21 %RH
[INFO: Parent ] Received data from ID=74a1: Count=322, Temp=29.51 C, Hum=48.05 %RH
[INFO: Parent ] Received data from ID=87f1: Count=151, Temp=29.68 C, Hum=47.24 %RH
[INFO: Parent ] Received data from ID=74a1: Count=323, Temp=29.54 C, Hum=49.41 %RH
[INFO: Parent ] Received data from ID=87f1: Count=152, Temp=29.66 C, Hum=47.89 %RH
[INFO: Parent ] Received data from ID=74a1: Count=324, Temp=29.54 C, Hum=48.51 %RH
[ < : Parent ] Received data from ID=87f1: Count=153, Temp=29.63 C, Hum=47.34 %RH
[INFO: Parent ] Received data from ID=74a1: Count=325, Temp=29.51 C, Hum=48.22 %RH
```

Στα δυο τελευταία screenshot, διαπιστώνεται ότι ο κόμβος πατέρας λαμβάνει δεδομένα από τους δύο κόμβους φύλλα (διαφοροποιούνται από την ID τους όπου είναι τα δύο πρώτα byte της MAC τους καθώς η υπόλοιπη είναι ίδια)

## ΕΡΩΤΗΜΑ 2

Η βάση που χρησιμοποιήθηκε είναι η MongoDB.

Χρησιμοποιήθηκαν οι δύο εντολές που αναφέρονται στην εκφώνηση του project για την δημιουργία ενός named pipe.

Έχει φτιαχτεί το αρχείο **python store\_data.py** το οποίο διαβάζει το named pipe και εκτυπώνει το περιεχόμενο της γραμμής που διαβάζει. Επίσης, αποθηκεύονται τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στην βάση δεδομένων (την βάση μας την έχουμε ονομάσει **sensor\_database**). Παρακάτω φαίνονται διάφορα screenshots τα οποία δείχνουν την ορθή λειτουργία του προγράμματος:

```
(myenv) angelos@angelos-HP-ProBook-450-G5:~/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/test_nullnet$ make TARGET=sky PORT=/dev/ttyUSB0 serialdump > out_pipe
connecting to /dev/ttyUSB0 [OK]
[]
```

Το πρώτο screenshot περιέχει την εντολή που δώθηκε για να στέλνω το output του κώδικα του κόμβου πατέρα στον named pipe.

Τα παρακάτω screenshots (που τρέχουν σε άλλο terminal) επιβεβαιώνουν ότι τα μηνύματα που λαμβάνει ο κόμβος πατέρας είναι σε κατάλληλη μορφή και την αποθήκευση των δεδομένων στην βάση μας:

```
angelos@angelos-HP-ProBook-450-G5:~/Downloads/IOT/contiki-ng/examples/test_nullnet$ python3 store_data.py
Connected to MongoDB successfully.
Reading from out_pipe and storing data in MongoDB...
```

```

Line received: [2024-09-27 18:55:49] [INFO: Parent    ] Received data from ID=87f1: Count=388, Temp=30.26 C, Hum=52.30 %RH
Inserted into MongoDB: {'timestamp': '2024-09-27 18:55:49', 'sensor_id': '87f1', 'count': 388, 'temperature': 30.26, 'humidity': 52.3, '_id': ObjectId('66f6d585c68684ea0c440e4')}
Line received: [2024-09-27 18:56:04] [INFO: Parent    ] Received data from ID=74a1: Count=560, Temp=29.62 C, Hum=54.76 %RH
Inserted into MongoDB: {'timestamp': '2024-09-27 18:56:04', 'sensor_id': '74a1', 'count': 560, 'temperature': 29.62, 'humidity': 54.76, '_id': ObjectId('66f6d594c68684ea06c440c5')}
Line received: [2024-09-27 18:56:09] [INFO: Parent    ] Received data from ID=87f1: Count=389, Temp=30.23 C, Hum=52.61 %RH
Inserted into MongoDB: {'timestamp': '2024-09-27 18:56:09', 'sensor_id': '87f1', 'count': 389, 'temperature': 30.23, 'humidity': 52.61, '_id': ObjectId('66f6d599c68684ea06c440c6')}
Line received: [2024-09-27 18:56:24] [INFO: Parent    ] Received data from ID=74a1: Count=561, Temp=29.59 C, Hum=54.88 %RH
Inserted into MongoDB: {'timestamp': '2024-09-27 18:56:24', 'sensor_id': '74a1', 'count': 561, 'temperature': 29.59, 'humidity': 54.88, '_id': ObjectId('66f6d5a8c68684ea06c440c7')}
Line received: [2024-09-27 18:56:29] [INFO: Parent    ] Received data from ID=87f1: Count=390, Temp=30.19 C, Hum=52.68 %RH
Inserted into MongoDB: {'timestamp': '2024-09-27 18:56:29', 'sensor_id': '87f1', 'count': 390, 'temperature': 30.19, 'humidity': 52.68, '_id': ObjectId('66f6d5adc68684ea06c440c8')}
Line received: [2024-09-27 18:56:44] [INFO: Parent    ] Received data from ID=74a1: Count=562, Temp=29.55 C, Hum=54.82 %RH
Inserted into MongoDB: {'timestamp': '2024-09-27 18:56:44', 'sensor_id': '74a1', 'count': 562, 'temperature': 29.55, 'humidity': 54.82, '_id': ObjectId('66f6d5bcc68684ea06c440c9')}
Line received: [2024-09-27 18:56:49] [INFO: Parent    ] Received data from ID=87f1: Count=391, Temp=30.22 C, Hum=52.74 %RH
Inserted into MongoDB: {'timestamp': '2024-09-27 18:56:49', 'sensor_id': '87f1', 'count': 391, 'temperature': 30.22, 'humidity': 52.74, '_id': ObjectId('66f6d5clc68684ea06c440ca')}
Line received: [2024-09-27 18:57:04] [INFO: Parent    ] Received data from ID=74a1: Count=563, Temp=29.55 C, Hum=54.79 %RH
Inserted into MongoDB: {'timestamp': '2024-09-27 18:57:04', 'sensor_id': '74a1', 'count': 563, 'temperature': 29.55, 'humidity': 54.79, '_id': ObjectId('66f6d5d0c68684ea06c440cb')}

```

```

> db.sensor_data.find().pretty()
{
    "_id" : ObjectId("66f6d3cd7317f0a50e941849"),
    "timestamp" : "2024-09-27 18:48:29",
    "sensor_id" : "87f1",
    "count" : 366,
    "temperature" : 30.23,
    "humidity" : 52.68
}
{
    "_id" : ObjectId("66f6d3dc7317f0a50e94184a"),
    "timestamp" : "2024-09-27 18:48:44",
    "sensor_id" : "74a1",
    "count" : 538,
    "temperature" : 29.66,
    "humidity" : 54.63
}
{
    "_id" : ObjectId("66f6d3e17317f0a50e94184b"),
    "timestamp" : "2024-09-27 18:48:49",
    "sensor_id" : "87f1",
    "count" : 367,
    "temperature" : 30.22,
    "humidity" : 52.68
}
{
    "_id" : ObjectId("66f6d56cc68684eaa6c440c1"),
    "timestamp" : "2024-09-27 18:55:24",
    "sensor_id" : "74a1",
    "count" : 558,
    "temperature" : 29.59,
    "humidity" : 54.54
}

```

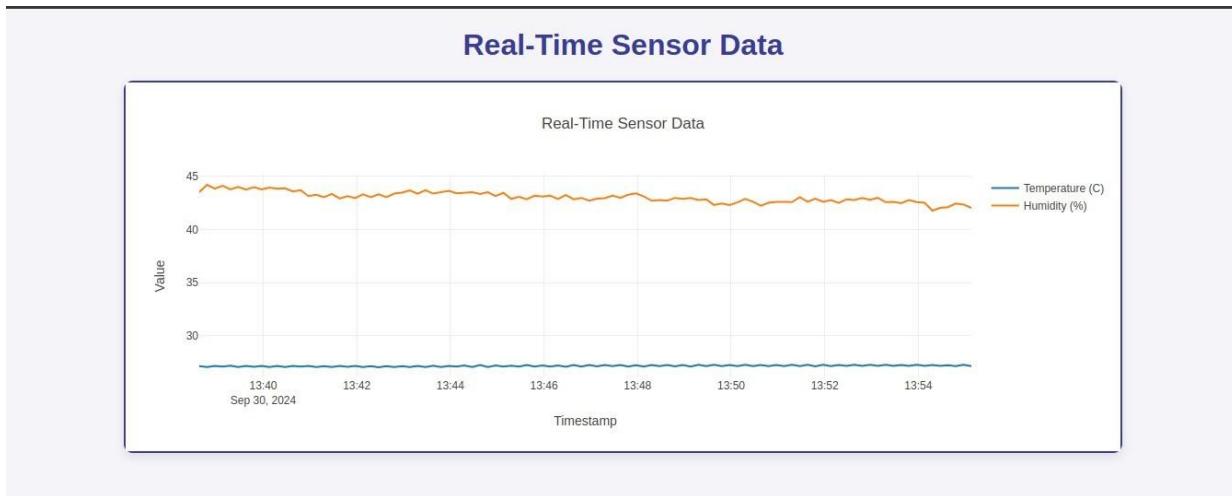
Στο τελευταίο screenshot μπορούμε να διακρίνουμε 4 δείγματα , δυο από κάθε αισθητήρα τα οποία έχουν αποθηκευτεί σε πραγματικό χρόνο στην βάση δεδομένων.

## Ερώτημα 3

Για την οπτικοποίηση των δεδομένων δημιουργήθηκε μια **web εφαρμογή** χρησιμοποιώντας το Flask. Η εφαρμογή αυτή παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα να βλέπουν τα δεδομένα των αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο και να ανακτούν ιστορικά δεδομένα.

Στο παρακάτω στιγμιότυπο φαίνονται τα **δεδομένα αισθητήρων (100 δείγματα)** σε πραγματικό χρόνο από την εφαρμογή μας.

- Άξονας X: Χρονική στιγμή λήψης των μετρήσεων.
- Άξονας Y: Τιμές θερμοκρασίας ( $^{\circ}\text{C}$ ) και υγρασίας (%).
- Περιγραφή Δεδομένων: Η μπλε γραμμή αντιπροσωπεύει τις τιμές της θερμοκρασίας, ενώ η πορτοκαλί της υγρασίας. Η υγρασία παρουσιάζει διακυμάνσεις, ενώ η θερμοκρασία είναι σταθερή.



Το στιγμιότυπο αυτό δείχνει τη φόρμα που επιτρέπει στους χρήστες να ανακτήσουν ιστορικά δεδομένα από τους αισθητήρες. Οι χρήστες μπορούν να:

- Εισάγουν Ημερομηνία Έναρξης και Λήξης για το χρονικό διάστημα που τους ενδιαφέρει.
- Επιλέξουν Αισθητήρα

- Πατήσουν το κουμπί **Get Historical Data** για να εμφανιστούν τα δεδομένα από το χρονικό διάστημα που καθορίστηκε.

### Retrieve Historical Data

Start Date (YYYY-MM-DD):

End Date (YYYY-MM-DD):

Choose Sensor:

**Get Historical Data**

Αυτό το στιγμιότυπο δείχνει την ίδια φόρμα ανάκτησης δεδομένων, με συμπληρωμένες ημερομηνίες και αισθητήρα. Κάτω από τη φόρμα εμφανίζονται οι μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας για το χρονικό διάστημα που επιλέχθηκε από τον χρήστη.

### Retrieve Historical Data

Start Date (YYYY-MM-DD):

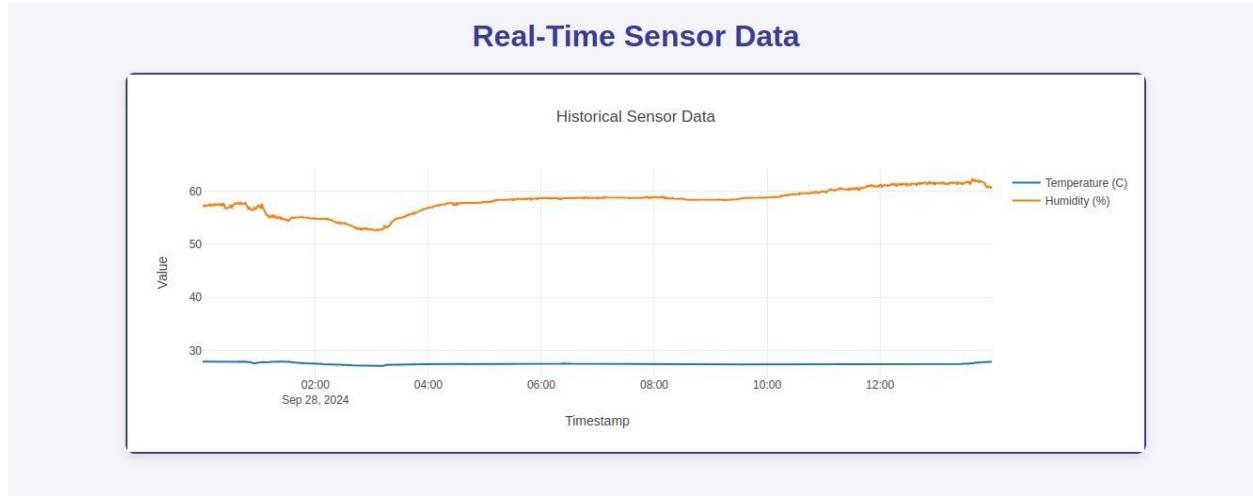
End Date (YYYY-MM-DD):

Choose Sensor:

**Get Historical Data**

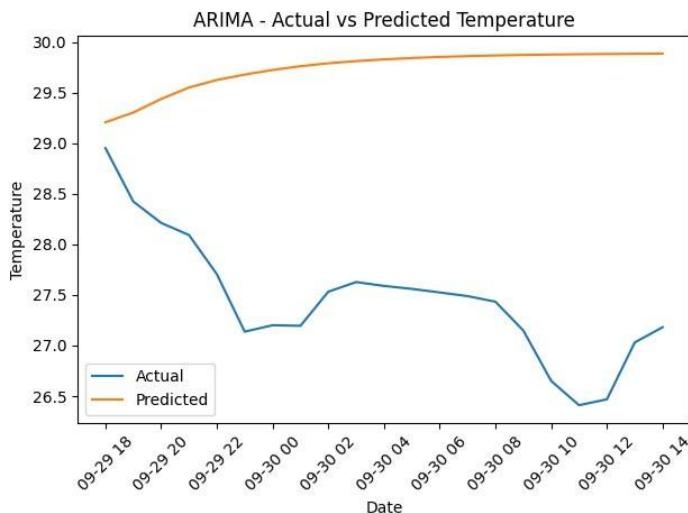
2024-09-28 13:58:51 - Temp: 27.9 C, Hum: 60.85 %  
2024-09-28 13:58:31 - Temp: 27.91 C, Hum: 60.76 %  
2024-09-28 13:58:11 - Temp: 27.91 C, Hum: 60.67 %  
2024-09-28 13:57:51 - Temp: 27.94 C, Hum: 60.64 %  
2024-09-28 13:57:31 - Temp: 27.9 C, Hum: 60.76 %  
2024-09-28 13:57:11 - Temp: 27.88 C, Hum: 60.73 %

Στο παρακάτω στιγμιότυπο απεικονίζονται τα δεδομένα αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο (Ιστορικά Δεδομένα). Το γράφημα απεικονίζει τις ιστορικές μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας σε πραγματικό χρόνο.

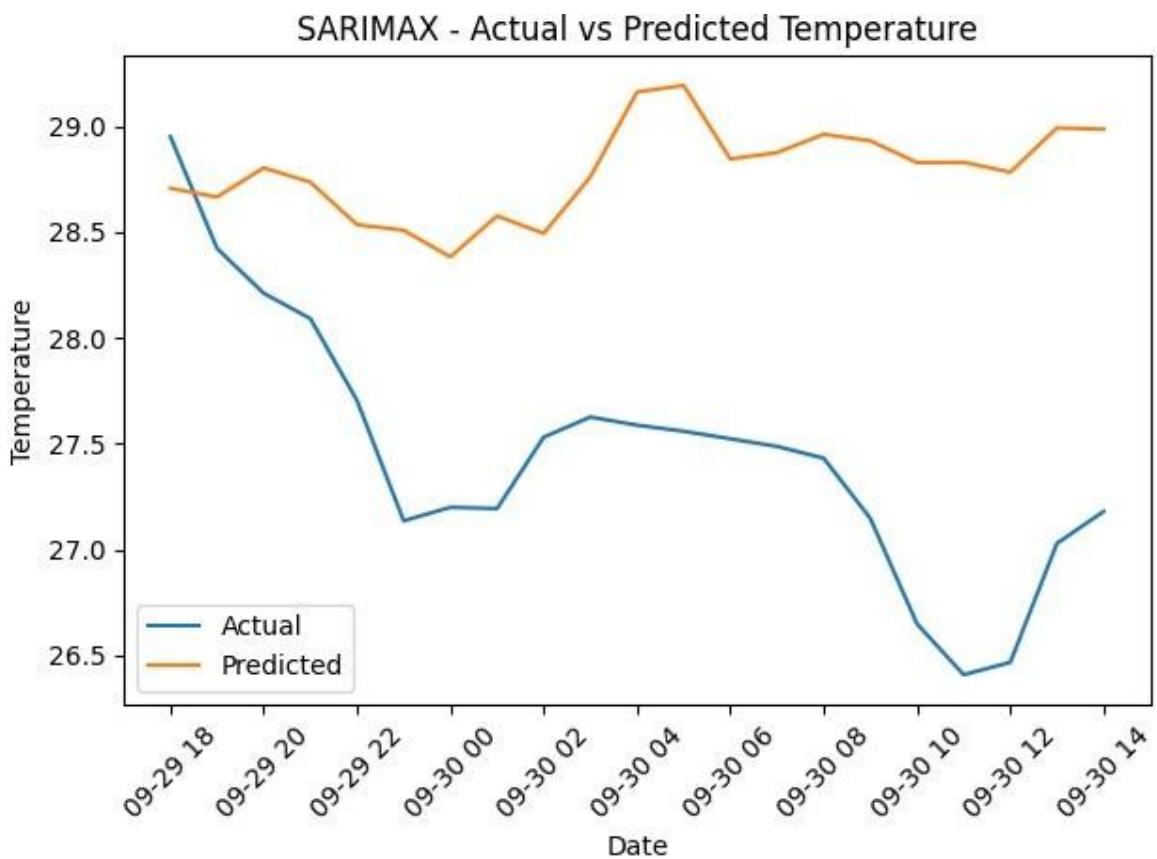


## Ερώτημα 4

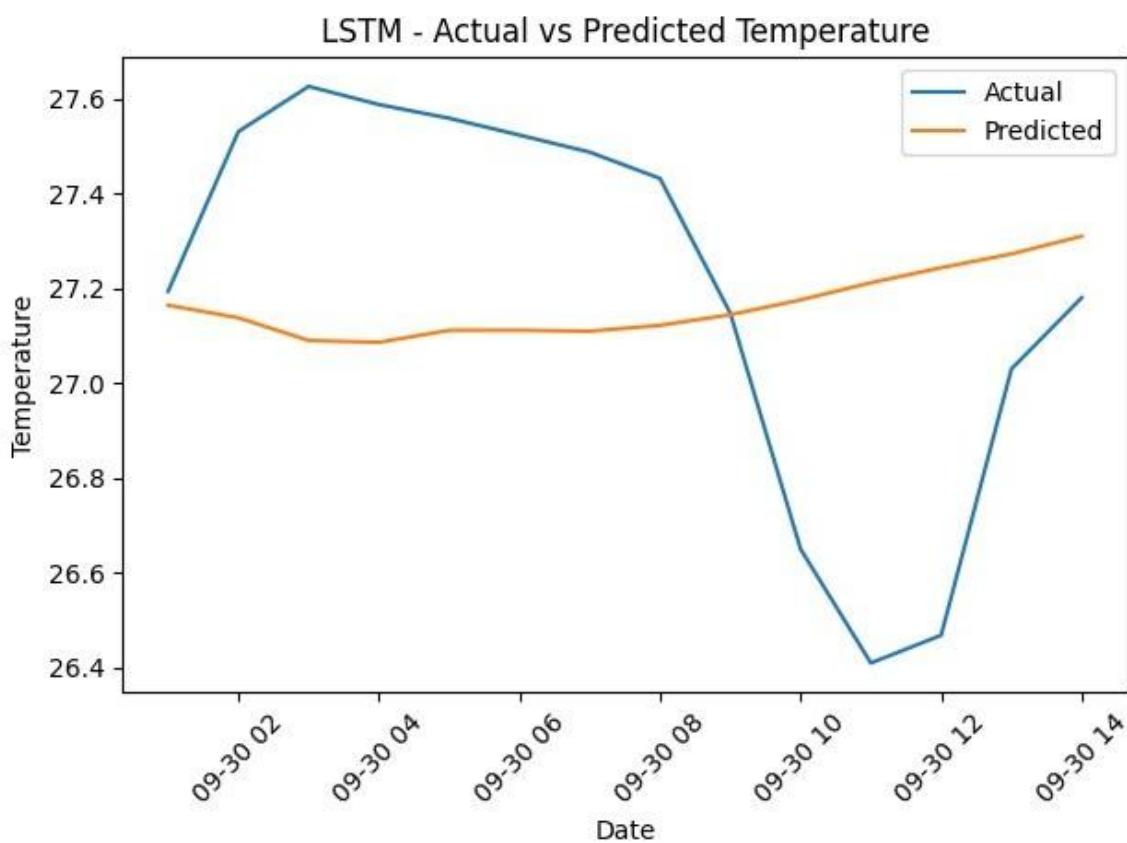
Παρουσιάζονται παρακάτω screenshots τα οποία δείχνουν την εκπαίδευση των μοντέλων **ARIMA**, **SARIMAX**, **LSTM** και **SimpleRNN** και προβλέπουν τις επόμενες τιμές μετρήσεων:



ARIMA - MAE: 2.2777785477196764, MSE: 5.784905241971222, MAPE: 0.08360662521862088

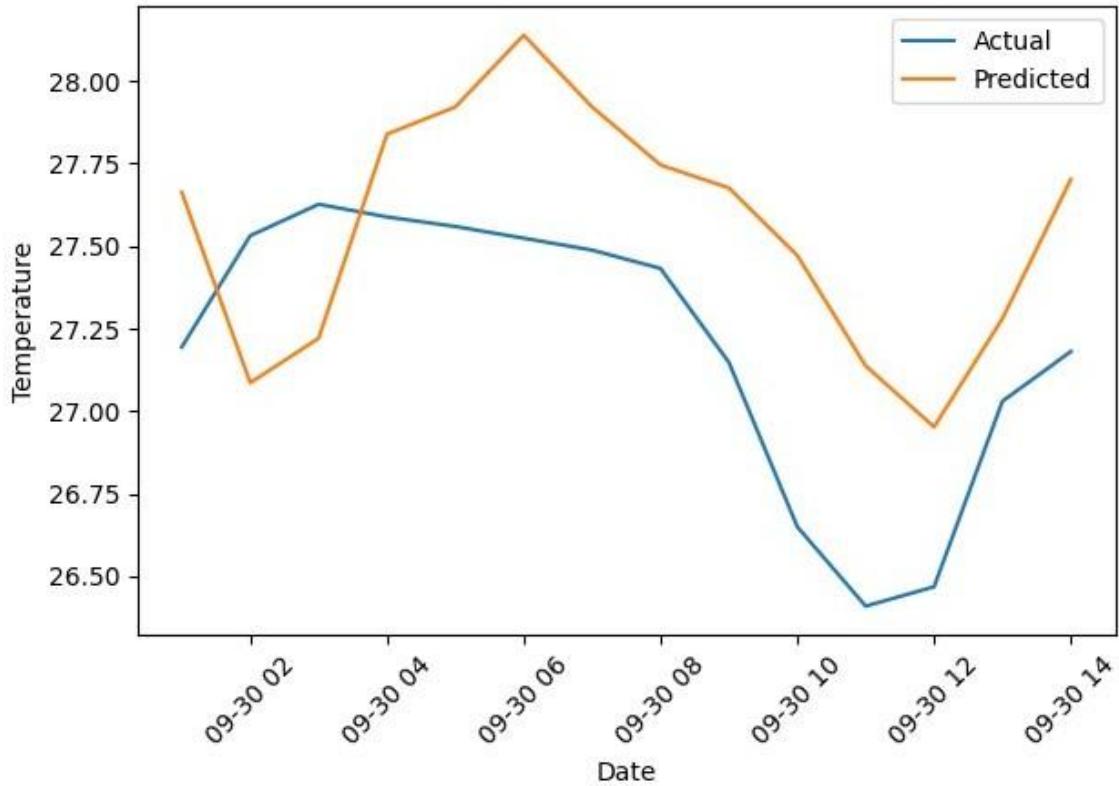


SARIMAX - MAE: 1.3568779397354596, MSE: 2.2083670904184647, MAPE: 0.04989257037667431



LSTM - MAE: 0.39200226135733934, MSE: 0.20728304959222982, MAPE: 0.014465899522142837

SimpleRNN - Actual vs Predicted Temperature



SimpleRNN - MAE: 0.47344440495213086, MSE: 0.2495582581743318, MAPE: 0.017460772919726062