



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TFE: POSADA EN MARXA DE COMUNICACIONS OPC UA PER A ROBOT
COL·LABORATIU

GUIA RÀPIDA PER LA CONFIGURACIÓ D'UNA XARXA OPC UA EN ROBOTS UR



Annex B

Autor: Pol Blancafort Figueras
Director: Pedro Ponsa Asensio
Convocatòria: Gener 2023

Resum

L'objectiu d'aquesta guia és proporcionar a estudiants i investigadors unes pautes inicials per tal de configurar un entorn OPC UA on es treballi amb el robot UR3e d'Universal Robots (o altres models de la marca).

Aquesta guia inclou instruccions concises i simplificades per a la posada en marxa del Servidor OPC UA, el Client així com programes d'exemple per il·lustrar el funcionament del protocol OPC, juntament amb captures i altra informació d'interès.

La informació inclosa en aquesta guia és un extracte sintetitzat del TFE 'Posada en marxa de comunicacions OPC UA per a robot col·laboratiu'. El treball acadèmic complet disposa d'informació ampliada sobre les característiques de la comunicació OPC UA, el robot UR3e i els possibles Clients que es poden utilitzar. També s'exposa en el treball un seguit d'aplicacions robòtiques que funcionen amb la tecnologia OPC UA. En cas que es vulguin ampliar els coneixements sobre aquesta tecnologia i/o entendre conceptes que apareixen en aquesta guia, es recomana la lectura del treball referenciat.

La diferència entre aquesta guia i el TFE complet és la brevetat amb la que s'exposen les passes de configuració. Aquesta guia està enfocada per exposar les instruccions directes sense preludis ni apartats complementaris.

Summary

The purpose of this guide is to provide students and researchers with initial guidelines for setting up an OPC UA environment for working with Universal Robot's UR3e model (or similar).

This guide includes concise and simplified instructions for setting up the OPC UA Server, the Client as well as sample programs to illustrate the operation of the OPC protocol, along with screenshots and other interesting information.

The information included in this guide is a summarized extract of the thesis 'Implementation of OPC UA communications for a collaborative robot'. The full academic paper provides extended information on the characteristics of the OPC UA communication, the UR3e robot and the possible clients that can be used. The paper also presents a series of robotic applications that work with OPC UA technology. In case you want to expand your knowledge about this technology and/or understand concepts that appear in this guide, it is recommended to read the referenced paper.

The difference between this guide and the complete thesis is the length in which the configuration steps are presented. This guide is focused on exposing the direct instructions without preludes or extended research.

Índex

RESUM	
INTRODUCCIÓ	1
Requeriments inicials.....	1
1. CONFIGURACIÓ DEL SERVIDOR	2
2. CONFIGURACIÓ DEL CLIENT	5
2.1. UAExpert	5
3. ÚS DE LA XARXA OPC UA EN ROBOTS UR	8
3.1. Programa del robot amb funcions OPC UA.....	9



Introducció

A grans trets, l'estàndard OPC UA és la revisió més nova del protocol OPC, de manera que incorpora els avenços de les anteriors versions i profunditza encara més en les diferents opcions de seguretat. Aquest últim, és un dels trets diferencials d'aquesta comunicació davant de les altres alternatives més establertes en la indústria (Modbus, Profinet...), les quals però ja comencen a considerar-se antiquades per incorporar sistemes de seguretat desfasats. OPC UA disposa també d'una gran flexibilitat degut a la seva elevada compatibilitat amb dispositius i mòduls de diferents fabricants.

La combinació de seguretat, compatibilitat i robustesa posiciona a l'estàndard OPC UA com una de les opcions més interessants per comunicar robots, operaris, sensors i màquines en les plantes de producció del present i del futur.

Per tal de treballar amb OPC UA cal que el dispositiu sigui compatible amb aquesta tecnologia. Els robots de la marca Universal Robots no són compatibles amb OPC UA de fàbrica, sinó que requereixen la compra d'un programari (PlugIn) extern que habiliti aquesta comunicació. Actualment l'empresa Rocketfarm comercialitza aquest programari (versió 3.0). Es pot comprar a la seva web (<https://www.rocketfarm.no/software-products/opc-ua-udma/>) tot i que també disposa d'un període de prova. Finalment destacar que el programari compta amb una breu guia d'instal·lació i usos bàsics.

Requeriments inicials

Aquesta guia proporciona les instruccions per configurar un entorn OPC UA on el robot UR3e (o altres robots de la marca Universal Robots) serà el Servidor i un programari específic en un ordinador actuarà de Client.

Ambdós dispositius han d'estar connectats a la mateixa xarxa LAN mitjançant Ethernet i cal saber quina adreça IP i quin port té el robot UR3e. (Per veure l'adreça IP d'un robot UR3e cal anar al símbol de tres barres horitzontals a la cantonada superior dreta, després clicar a 'Ajustes' > 'Sistema' > 'Red'.)

És imperatiu disposar del PlugIn URCap del fabricant Rocketfarm instal·lat en el robot UR3e. De la mateixa manera, cal disposar del programa UAExpert (o alternativament OPC Expert) en l'ordinador que farà de Client. Es poden descarregar en els següents links:

- <https://www.unified-automation.com/downloads/opc-ua-clients.html>
- <https://opcexpert.com/>

Si es compleixen aquests requisits, es pot procedir al primer pas de la guia.

1. Configuració del Servidor

Es denomina Servidor (*server*, en anglès) a l'element principal d'una xarxa de comunicacions OPC UA que té el rol d'iniciar la comunicació, aportar dades a la xarxa, oferir paràmetres de configuració etc.

Per configurar el Servidor, en primer lloc cal encendre el robot UR3e. El *TeachPendant* (nom tècnic de la pantalla de control tàctil del robot) disposa d'un botó ON/OFF platejat. Al prémer aquest botó el robot comença el procés d'engegada. Un cop acabi aquest procés, el robot es quedarà a la pantalla inicial.

El següent pas és activar el Servidor. Per fer-ho hem d'anar a Instalación > URCaps > OPC UA. Aquí podem trobar la configuració de OPC que ha implementat Rocketfarm. En pantalla podem veure quatre categories: Client / Server / Daemon / License.

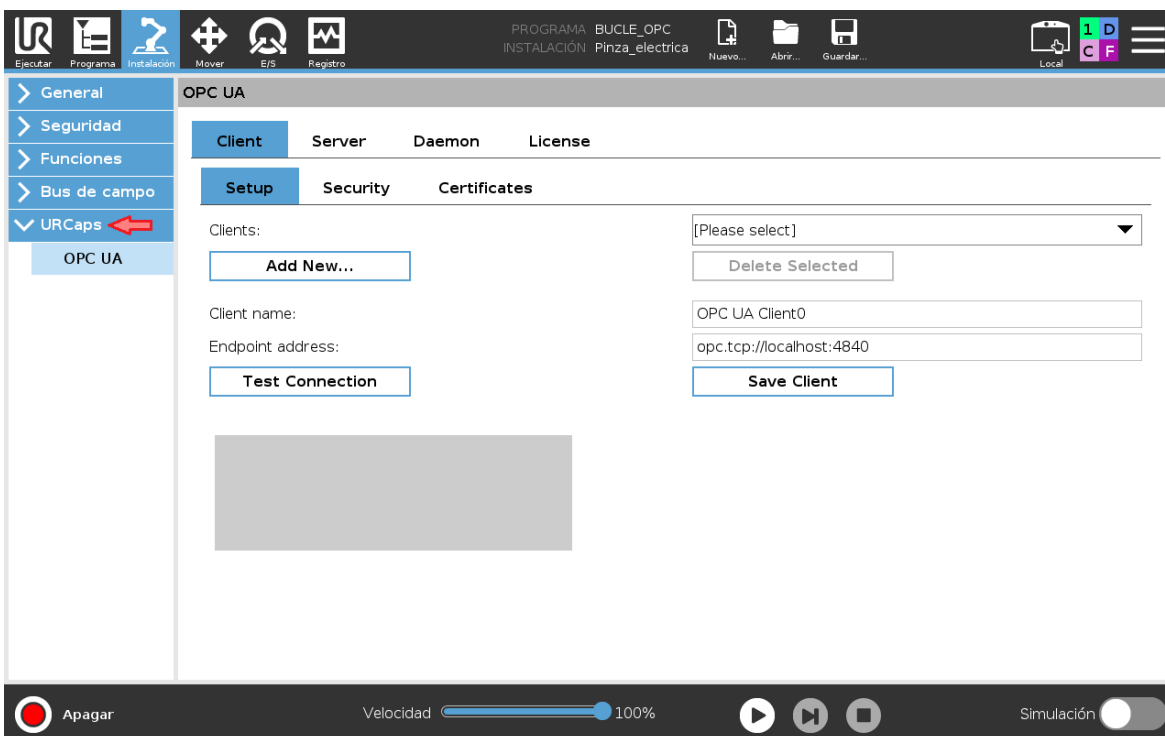


Figura 1. Pàgina de la configuració de la comunicació OPC UA

Procedim a clicar a Server. Primer hem de configurar el mètode de seguretat que incorporarem en el nostre entorn OPC UA. Per a estudiants que realitzen proves al laboratori, és suficient en seleccionar Security Mode > None i User Auth > Anonymous. Cal destacar que aquesta mateixa configuració de seguretat s'haurà de posar en el Client.

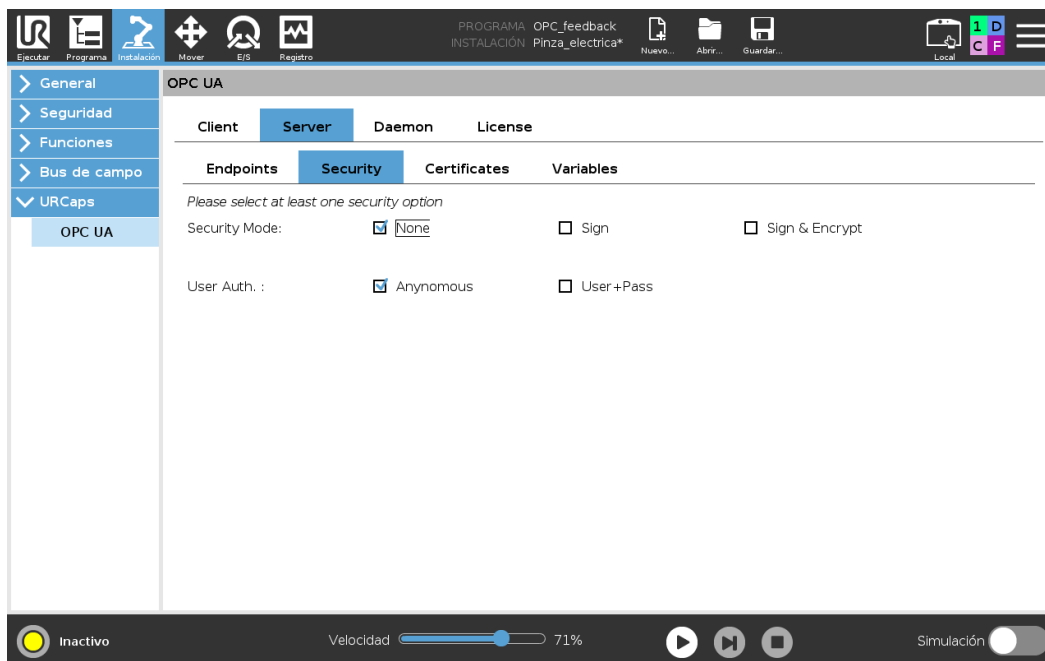


Figura 2. Paràmetres de seguretat a seleccionar.

Important: amb aquesta configuració el nostre entorn OPC UA no disposa de cap seguretat. Aquests paràmetres s’han seleccionat per facilitar la configuració del Servidor OPC i són vàlids només en un escenari acadèmic on es vulgui testejar la comunicació. En entorns professionals es recomana l’ús de paràmetres de seguretat més avançats.

Un cop hem seleccionat els mètodes de seguretat, es poden afegir les variables OPC que es creguin necessàries. Per fer-ho cal clicar a Variables. (La creació i l’assignació del valor inicial d’aquestes variables es pot realitzar únicament si el Servidor està apagat.)

Aquesta pàgina ens permet crear variables, editar-ne el nom i el tipus. Disposem de quatre tipus diferents (amb la 2.0 del PlugIn URCap OPC UA):

- String (ens permet imposar com a valor tant lletres com caràcters numèrics)
- Boolean (variable de tipus True/False)
- Integer (el valor d’aquesta variable serà sempre un número enter)
- Double (permet posar un decimal en números positius i negatius)

És important destacar que aquestes variables són complementàries a les **variables locals** que l’usuari pugui tenir pel programa principal del robot. Per tant, dins la comunicació OPC UA treballarem únicament amb les variables creades dins la pestanya Variables dins de OPC UA (més endavant es detalla com treballar amb les variables locals i les de OPC).

Si volem crear una nova variable OPC cal posar un nom, un tipus i assignar-li un valor inicial. Després cal prémer a ‘Add Variable’. Les variables creades ens apareixen a l’espai de la dreta, juntament amb l’opció “Delete Variable” que ens deixa esborrar la variable seleccionada. Si en el futur es desitja modificar les variables OPC, eliminar-les o introduir-ne de noves, es pot fer des d’aquesta mateixa pantalla.

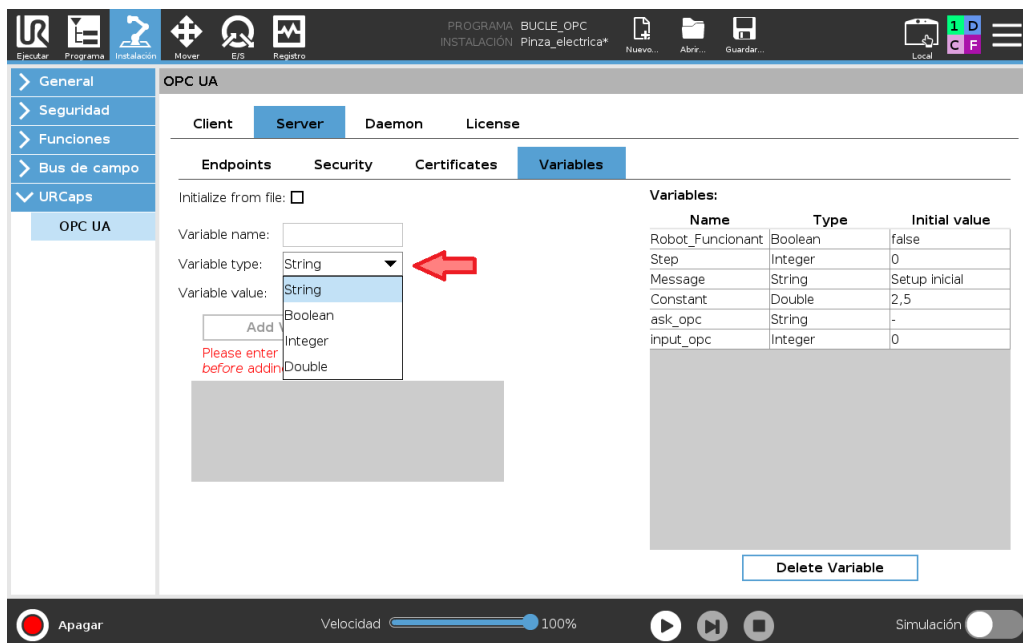


Figura 3. Creació de variables OPC.

Finalment, per tal d'encendre el Servidor, cal anar al primer apartat anomenat "Endpoints" el qual permet iniciar/parar el servidor i editar-ne el port. Al laboratori A5.4 el robot UR3e té assignat el port 4840.

Cal clicar sobre "Start Server" per a iniciar-lo (si Start no està disponible, primer clicar sobre Stop). Un indicador verd s'encén per informar que el servidor està funcionant.

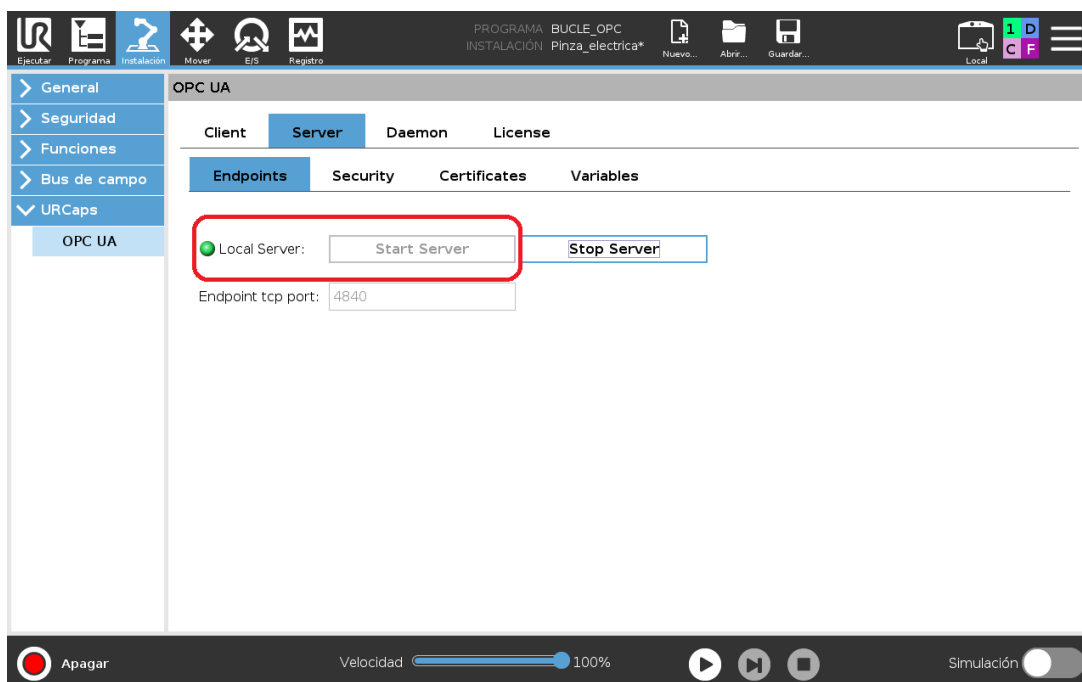


Figura 4. Engagar/apagar el Servidor OPC UA.

2. Configuració del Client

Anomenem Client a l'element secundari d'una xarxa de comunicacions OPC UA que es connecta al Servidor i pot llegir i/proporcionar dades a la xarxa. El Client tindrà accés a les variables OPC que s'hagin creat en la configuració del Servidor. Els Clients són programes informàtics compatibles amb OPC UA que poden tenir un rol de monitoratge (visualitzar les variables OPC i altres dades d'interès), un rol de control (editar el valor de les variables OPC) o ambdós simultàniament.

En aquesta guia es farà referència a un dels Clients de OPC UA més populars per ordinadors: UAExpert. En el següent apartat es detalla la seva configuració i el seu ús.

2.1. UAExpert

UAExpert és un dels productes que ofereix l'empresa alemanya Unified Automation. Aquesta companyia es centra en desenvolupar programaris al voltant de OPC i OPC UA. UAExpert és una de les seves propostes més populars, en part per què compta amb un gran suport dels desenvolupadors, fòrums per la comunitat i és gratuït (sense cap limitació de temps). Es pot descarregar des de la seva web: [OPC UA Clients - Unified Automation \(unified-automation.com\)](http://unified-automation.com)

Un cop hem instal·lat i obert el programa, per formalitzar la comunicació cal afegir un Servidor clicant el botó dret del ratolí sobre 'Server' en l'apartat 'Project'. Evidentment, cal que haguem engegat prèviament el Servidor en el robot UR3e.

Se'ns obrirà una nova pestanya on podem posar un nom del Servidor. Després cal anar a la pestanya 'Advanced' i a 'Endpoint Url' posarem **opc.tcp://130.130.130.51:4840**. Aquesta adreça correspon a l'adreça IP del robot + el port del servidor que hem iniciat en l'apartat anterior. En cada escenari es tindrà una adreça IP diferent.

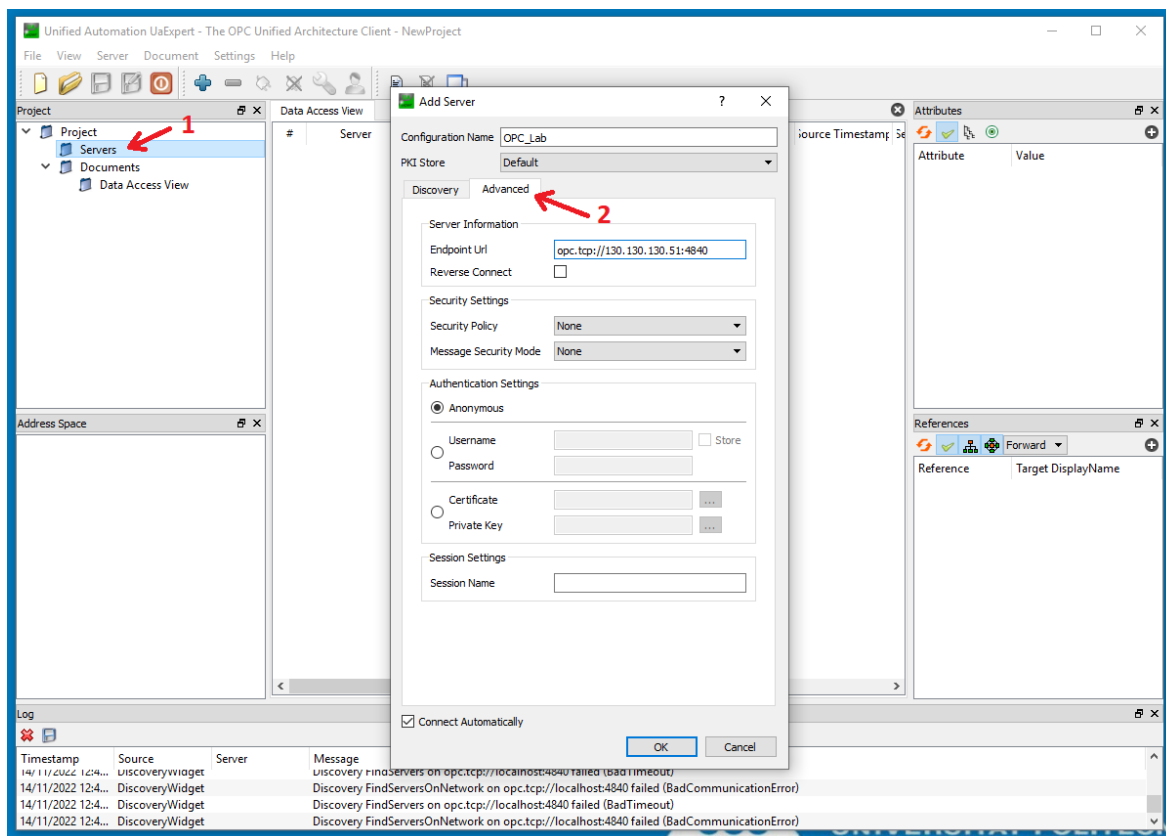


Figura 5. Configuració UAExpert amb les dades del Servidor.

En aquesta pestanya també hem de seleccionar **la mateixa configuració de seguretat que haguem posat al Servidor**. En aquesta guia s'ha seleccionat Security Policy > None i Authentication Settings > Anonymous. El següent pas és seleccionar l'opció "Connect Automatically" i llavors OK.

Important: Client i Servidor han de tenir exactament la mateixa configuració de seguretat. Qualsevol diferència pot impedir que es formalitzi la comunicació.

Després se'ns obrirà una finestra on ens informa que el certificat del servidor no és de confiança. Aquest missatge és esperat i només cal seleccionar a la part inferior la casella "Accept the server certificate for this session" i després el botó "Trust Server Certificate". Si ens surt en verd com a la foto de la dreta, podem prémer a Continuar.

Arribats en aquest punt, podem buscar a la part inferior, on es troba el Message Log, el següent missatge: 'Connection state of server OPC_Lab changed to Connected'.

Si apareix, significa que la connexió ha estat satisfactòria i tenim connexió amb el robot (Servidor).

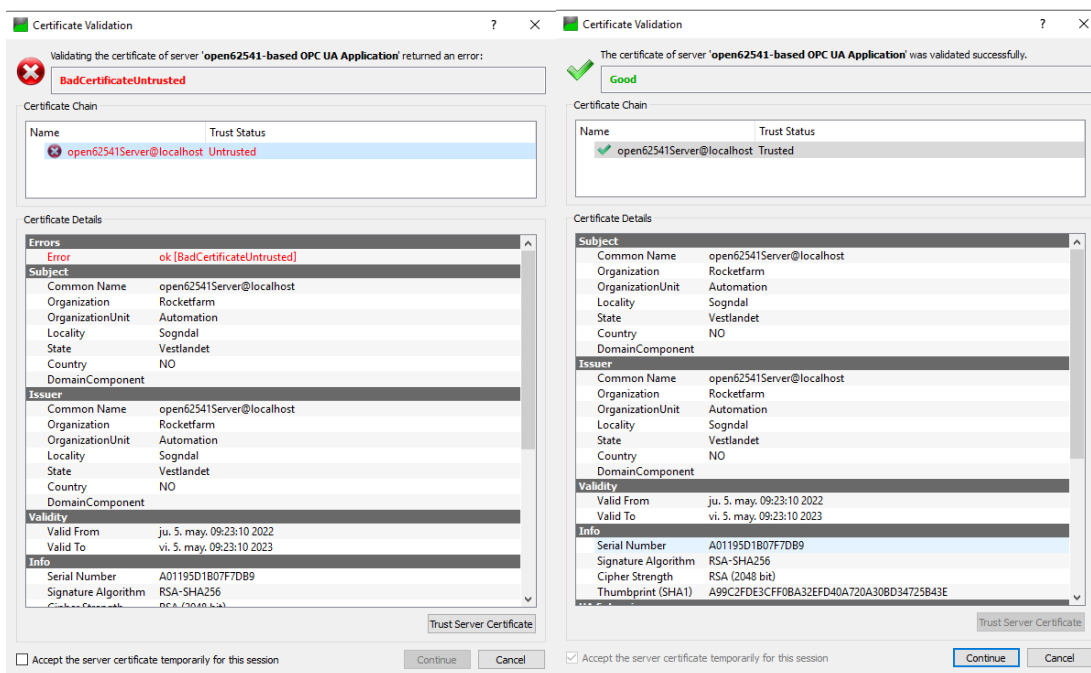


Figura 6. L'abans i el després de la validació dels certificats.

Alternativament a UAExpert es poden utilitzar altres Clients gratuïts com ara:

- OPC Expert ([OPC Expert](#))
- Prosys UA Monitor ([Prosys OPC UA Monitor - Prosys OPC](#))

3. Ús de la xarxa OPC UA en robots UR

Arribats en aquest punt, disposem d'un Servidor OPC UA i un Client descarregat i configurat en el PC per a que es connecti al Servidor del robot.

El següent pas és personalitzar l'espai central del programa per tal de veure les variables de la xarxa OPC UA que ens interressi. Tots els Clients OPC UA disposen d'una zona anomenada 'Discovery' on es recullen tots els elements de la xarxa OPC UA (carpetes, objectes, variables etc.). En el cas de UA Expert, la funcionalitat 'Discovery' es troba a l'esquerra, en una pestanya anomenada 'Adress Space'. Si es clica sobre 'Objects' podem veure un seguit de variables que corresponen a les que s'hagin configurat prèviament en el Servidor. Altrament es pot veure una variable de nom 'Server' que inclou dades tècniques sobre el Servidor en el qual s'està connectant el Client.

Haurem d'arrossegar cada variable a la zona central ('Data Access View') per tal de veure el nom de cada variable i el seu valor, entre altres dades d'interès. Aquesta metodologia d'arrossegar les variables dins de 'Discovery' fins a la zona central es comuna en molts dels Clients OPC UA.

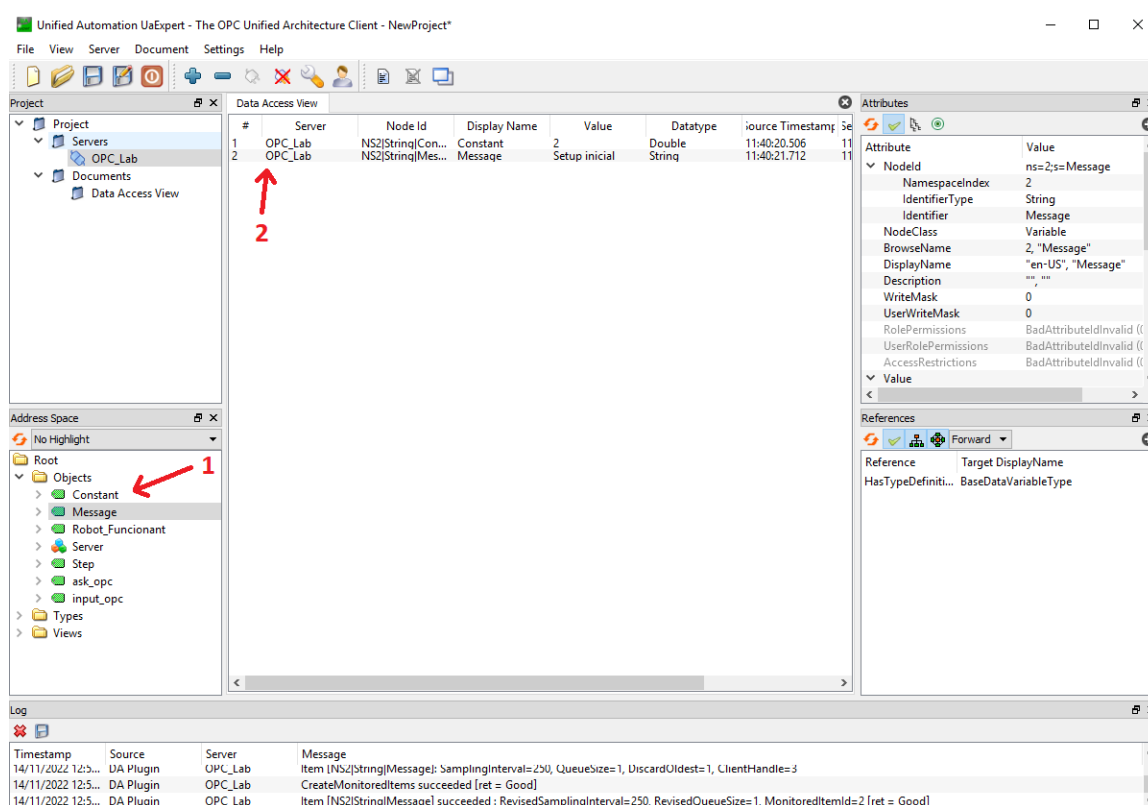


Figura 7. Pantalla principal de UAExpert

Es pot personalitzar la visualització dels atributs de les variables afegint o eliminant columnes amb el botó dret del ratolí. Addicionalment, la zona dreta ens amplia la informació de cada variable quan seleccionem una en concret.

L'atribut 'Value' de cada variable s'actualitza en temps real d'acord amb el valor que tingui la variable a cada moment en l'entorn OPC UA. Cal destacar que UAExpert permet sobre escriure aquest valor fent doble clic i introduint el nou valor desitjat en l'atribut 'Value'. En el moment que modifiquem el valor, el Client agafa momentàniament el rol de Servidor per editar el valor d'una variable OPC UA. Aquesta possibilitat de sobre escriure valors és similar en tots els clients OPC UA.

Les funcions de monitoratge i modificació dels valors de les variables OPC UA són les utilitats principals del programari UAExpert. Ara bé, si les variables OPC no varien, estaríem observant sempre una pantalla on les dades tenen constantment el mateix valor. Cal, llavors, configurar el programa que realitza el robot en bucle per a que interactuï amb les variables OPC UA i actualitzi el valor quan calgui. En altres paraules, qualsevol programa estàndard dels robot UR pot ser modificat per interactuar amb la xarxa OPC UA.

3.1. Programa del robot amb funcions OPC UA

En aquest apartat es modifica un programa senzill present en el robot que realitzava una sèrie de moviments en bucle. Amb la introducció de la xarxa OPC UA, s'aconseguirà compartir una sèrie de dades en temps real sobre l'estat del robot i l'execució del programa (monitoratge) i s'introduirà un condicional 'if' que canviarà el desenllaç del programa (control). Es posen en pràctica en un mateix programa, doncs, els rols de monitoratge/control que pot tenir la tecnologia OPC UA. La idea és que amb la realització d'aquest exemple s'entengui la metodologia de treball de la comunicació OPC UA i es pugui aplicar en altres aplicacions.

El programa d'exemple es realitza en bucle fins que s'indica el contrari. En aquest programa s'introduiran estratègicament les comandes OPC UA per tal que aquest pugui comunicar-se amb un Client OPC UA. La figura 8 mostra el programa complet del l'exemple pràctic funcionant amb OPC UA. El robot realitza un total de cinc moviments i en el quart tanca la pinça elèctrica. Al finalitzar l'últim moviment, en cas que una certa variable tingui un valor diferent a 1, el programa entra en un bucle indefinit. En el moment que la variable s'iguala a 1, acabem el programa (és a dir, sortim del bucle) i tornem al principi. El programa es repetirà per sempre.

Aquest programa podria funcionar perfectament sense la comunicació OPC UA, és a dir que la comunicació OPC UA és un afegit extra. Per tal que el robot (Servidor) interactuï amb el Client, s'han afegit 19 línies (marcades amb **vermell**) que corresponen a comandes específiques de OPC UA. Aquestes comandes poden ser de lectura o escriptura.

Pel que fa a les variables, cal diferenciar entre dos tipus: les **locals** i les de **OPC**. Les locals són aquelles que ja estaven presents en el programa abans de la introducció de la tecnologia OPC UA i són les següents:

- String
- State
- Count
- Set_time

Aquestes interactuaran de manera directa amb les variables OPC que s'han creat en el Servidor seguint les pautes del pas 1:

- Message
- Robot_Working
- Step
- Constant

La metodologia per treballar amb els dos grups de variables s'explica tot seguit: el programa del robot no té accés a les variables OPC directament, sinó que hem de fer ús d'una comanda addicional 'Read/Write'. És a dir, el programa del robot **NO** pot, per exemple, modificar directament el valor de Message. Cal fer-ho a través d'una variable local. Així doncs, es conclou que per cada variable OPC UA que es vulgui utilitzar, hem d'introduir una equivalent en el programa. El resultat és que totes les variables OPC UA estan emparellades amb una de local, i mitjançant les comandes 'Read/Write' les relacionem. Message i String tindran el mateix valor, State i Robot_Working reflexen el mateix valor, Count i Step també i la última parella és Set_time i Constant.

Important: el programa del robot no pot interactuar directament amb les variables OPC. No podem fer que, per exemple, al finalitzar un moviment canviï una certa variable OPC. El que sí que es pot fer, però, és aconseguir que una variable OPC reflexi el valor d'una variable local. Llavors podem fer que quan finalitzi un moviment, es modifiqui el valor d'una variable local i després (amb la instrucció corresponent) es gravi aquest nou valor sobre una variable OPC.

És important que s'entengui aquest concepte, per aquest motiu detallem un cas particular a continuació:

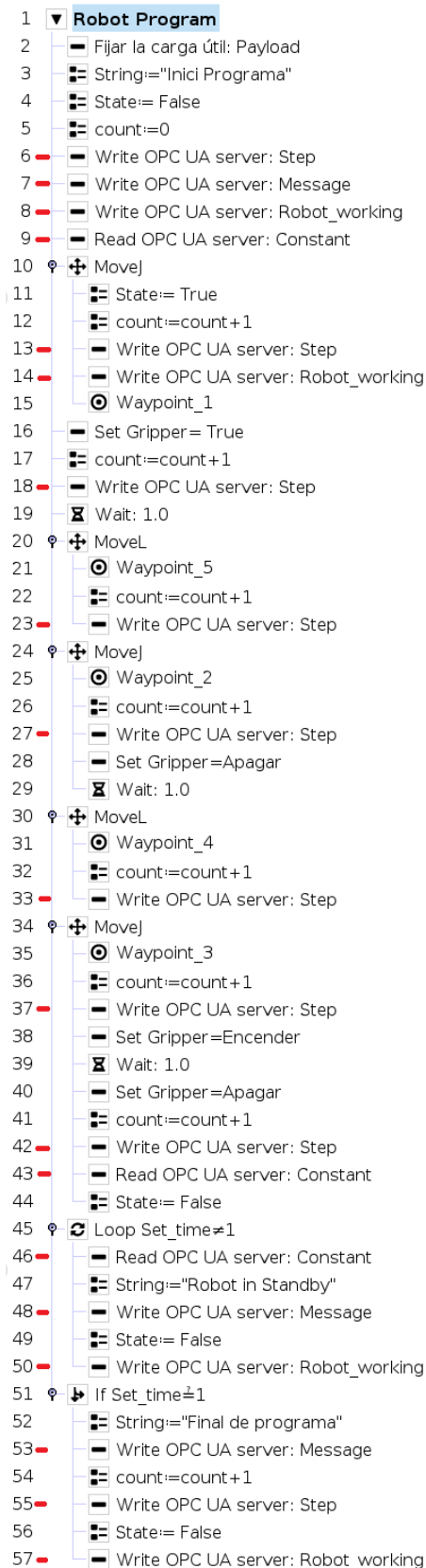


Figura 8. Programa d'exemple amb OPC UA

Les línies 3-4-5 inicialitzen les variables locals String, State, Count amb un determinat valor. Les següents línies 6-7-8 imposen el valor d'aquestes tres variables a 'Message', 'Robot_Funcionant' i 'Constant' respectivament. És a dir, mitjançant la comanda 'Write', s'aconsegueix que la variable 'Message' tingui el mateix contingut que String. El mateix passa amb les altres dues variables. El valor de les variables OPC es pot veure des del client (UAExpert/ OPC Expert / Prosys UA Monitor) que reflexa aquest canvi en temps real.

Amb la comanda 'Read' passa un fet similar: imaginem que volem fer un condicional ('if') que comprovi el valor de la variable OPC 'Constant', i depenent d'aquest valor, el programa faci una cosa o una altra. Doncs es va detectar, de nou, que el programa no té accés a les variables OPC directament, sinó que hem de fer ús d'una comanda addicional 'Read'. El cas de la línia 46 exemplifica aquesta anomalia: afegim una comanda que llegirà el valor que tingui en aquell moment la variable OPC 'Constant' i imposarà aquest valor sobre una variable local, en aquest cas 'Set_time'. Ara ja podem fer, a la línia 51, un condicional que comprovi el valor de 'Set_time', que és equivalent a Constant. Aquesta situació es dona en totes les variables OPC, independentment del tipus.

Per tant, el programa original tenia una llargada menor que el programa modificat amb OPC UA. La introducció d'aquesta tecnologia causa, inevitablement, un augment en el número de línies. Cal destacar que el temps d'execució no es veu afectat.

Amb aquests canvis, el programa del robot actualitza les variables OPC i aquests canvis es poden veure en temps real als Clients configurats.

Important: per tal de minimitzar l'impacte en la llargada del programa de les noves comandes OPC UA introduïdes, es pot fer ús d'un *THREAD* (fil d'execució paral·lel al programa principal). Aquest fil es pot col·locar al final de tot del programa i pot incorporar exclusivament les comandes 'Write OPC Server'. El resultat serà el mateix però evita haver de posar les comandes 'Write' cada cop que vulguem sobreescrivre una variable OPC.

Per afegir un *THREAD* cal accedir a la categoria 'Advanced' durant la programació en el TeachPendant.

```
356 Thread_1
357 Write OPC UA server: Robot_working
358 Write OPC UA server: Step
359 Write OPC UA server: Units_completed
360 Write OPC UA server: cycle_time
361 Write OPC UA server: session_time
362 Write OPC UA server: ask_admin
363 Write OPC UA server: Message
```

Recomanacions de seguretat:

L'organització que va desenvolupar el protocol OPC UA, OPC Foundation, recomana treballar amb la següent combinació de seguretat per tal de garantir un entorn segur:

- Modes de seguretat pels missatges: Signar i encriptar
- Polítiques de seguretat: Basic256Sha256
- Autenticació d'usuaris: Usuari i contrasenya

Qualsevol altra combinació és vulnerable i s'aconsella només en escenaris acadèmics.