

Konrad KRZYSZTOSZEK<sup>1</sup>  
Waldemar NOWAKOWSKI<sup>2</sup>

### **ŚRODOWISKO TESTOWE DLA KOMPUTEROWYCH SYSTEMÓW STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM**

*W artykule poruszono problem opracowania środowiska testowego dla komputerowych systemów sterowania ruchem kolejowym. Jedną z metod, która na to pozwala jest adaptacja systemu testów poddanego standaryzacji przez ETSI (ang. European Telecommunications Standards Institute). Standard ten wykorzystuje język TTCN-3 (ang. Testing and Test Control Notation) do opisu abstrakcyjnego systemu testów. Artykuł prezentuje architekturę systemu testów, jak również przykład wykorzystania języka TTCN-3 do testowania komputerowych systemów sterowania ruchem kolejowym.*

### **COMPUTER RAILWAY CONTROL SYSTEMS TESTING SOLUTION**

*The article presents an alternative method based on the TTCN-3 (Testing and Test Control Notation) for testing of computer railway control systems. TTCN-3 is internationally standardized testing language for formal defining test scenarios and their implementation. The successful application of TTCN-3 is a step towards developing a framework for testing of railway control systems.*

## **1. WSTĘP**

Komputerowe systemy sterowania ruchem kolejowym (srk) powszechnie wykorzystują technologie sieciowe tworząc struktury rozproszone. Szczególnego znaczenia nabiera w takim przypadku zagadnienie testowania systemów zarówno w fazie produkcji jak również ich eksploatacji. Dla komputerowych systemów srk, w których wymiana danych realizowana jest z wykorzystaniem sieci komputerowych, jako język testów może posłużyć TTCN-3 (ang. *Testing and Test Control Notation*). Pozwala on na zbudowanie środowiska testowego, w tym systemu testów i aktywną kontrolę rozproszonych systemów sterowania ruchem kolejowym [1].

---

<sup>1</sup> Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.  
tel: + 48 48 361-77-04, e-mail: k.krzysztozek@pr.radom.pl

<sup>2</sup> Zakłady Automatyki KOMBUD S.A; 26-600 Radom; ul. Wrocławska 7.  
tel: + 48 48 362-94-75, e-mail: waldemar.nowakowski@kombud.com.pl

## 2. NOTACJA TTCN

TTCN-3 (ang. *Testing and Test Control Notation*) jest językiem testów poddanym standaryzacji przez ETSI (ang. *European Telecommunications Standards Institute*). Pierwsza specyfikacja języka TTCN została zdefiniowana w roku 1992. Kolejne wersje standardu to TTCN-2 opracowany w roku 1997 i TTCN-3 obowiązujący od roku 2000. Aktualnie standard języka TTCN-3 obejmuje m.in. następujące dokumenty [2]:

- (ES 201 873-1) *Core Language (CL)*,
- (ES 201 873-2) *Tabular Presentation format (TFT)*,
- (ES 201 873-3) *Graphical Presentation Format (GFT)*,
- (ES 201 873-4) *Operational Semantics*,
- (ES 201 873-5) *Runtime Interface (TRI)*,
- (ES 201 873-6) *Control Interface (TCI)*,
- (ES 201 873-7) *The use of ASN 1*,
- (ES 201 873-8) *The IDL to TTCN-3 Mapping*,
- (ES 201 873-9) *Using XML schema with TTCN-3*,
- (ES 201 873-10) *Documentation Comment Specification*.

Powstanie języka TTCN było związane z potrzebą testowania protokołów telekomunikacyjnych. Rozwój tego standardu zmierza jednak w kierunku opracowania uniwersalnego języka testów. Język TTCN-3 pozwala obecnie na testowanie różnych istotnych cech systemów tj. wydajność (ang. *performance*), własności czasu rzeczywistego (ang. *real-time*), testowanie współpracy (ang. *interoperability*), wykrywanie ataków sieciowych [5]. Znalazł on zastosowanie w wielu systemach telekomunikacyjnych np.: SIP (ang. *Session Initiation Protocol*), WiMAX (ang. *Worldwide Interoperability for Microwave Access*), DSRC (ang. *Dedicated Short-Range Communications*). Prowadzono również prace, w ramach projektu TT-Medal, mające na celu wykorzystanie języka TTCN-3 do testowania systemów sterowania ruchem kolejowym i opracowanie standardowych testów dla komputerowych systemów nastawczych [3, 4, 6].

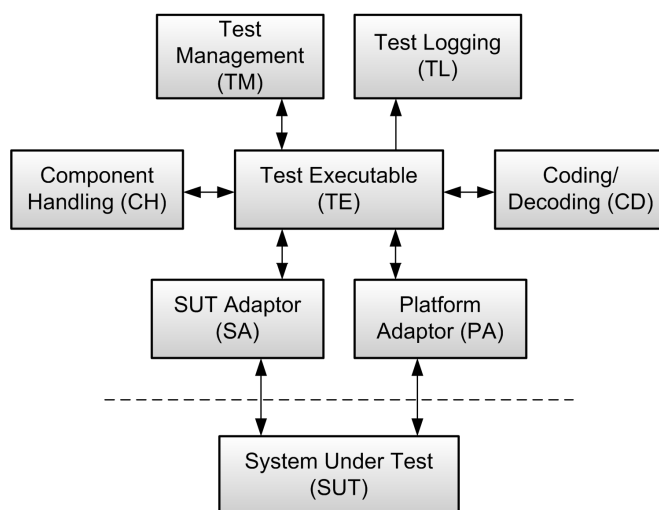
Architektura systemu testów, w przypadku środowiska TTCN-3, jest zestandaryzowana i obejmuje następujące elementy (ang. *entities*):

- TE – *TTCN-3 Executable* – odpowiada za wykonanie testów,
- TM – *Test Management* – odpowiada za zarządzanie systemem testów,
- TL – *Test Logging* – rejestruje zdarzenia wykonania testów i ich wyniki,
- CD – *Coding/Decoding* – odpowiada za kodowanie/dekodowanie danych wymienianych w komunikacji z SUT,
- CH – *Component Handling* – odpowiada za synchronizację różnych elementów systemu testów umieszczonych na kilku terminalach,
- SA – *SUT Adaptor* – dostosowuje abstrakcyjny interfejs systemu testów (ATSI) do interfejsu rzeczywistego,
- PA – *Platform Adaptor* – dostosowuje TE do konkretnej platformy uruchomieniowej (np. realizacja *timer-ów* i ich współdziałanie z TE),
- SUT – *System Under Test* – testowany system.

Architektura systemu testów dla TTCN-3 została przedstawiona na rys 1.

TTCN-3 jest bardzo zbliżony do innych języków programowania. Podstawową jednostką zapisu w języku TTCN-3 jest moduł. Składa się on z części definiującej

i sterującej. Część definiująca zawiera definicje komponentów testu, typów danych, stałych, szablonów, portów komunikacyjnych oraz funkcji. Część sterująca zawiera zapis wywołań poszczególnych testów oraz może zawierać definicje lokalnych zmiennych. Język TTCN-3 dopuszcza definiowanie struktur danych również w innych formatach tj. ASN.1, IDL, XML. Wyniki działania testów mogą być prezentowane w formie tekstowej, tabelarycznej lub graficznej.



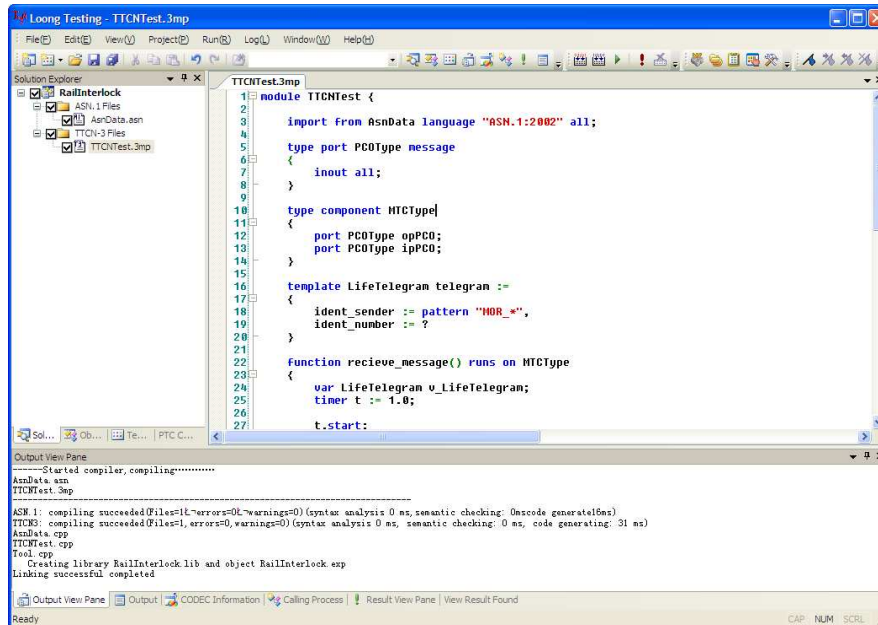
Rys.1. Architektura systemu testów TTCN-3

TTCN-3 pozwala na definiowanie abstrakcyjnego systemu testowego, który zbudowany jest z komponentów testowych TC (ang. *Test Component*) [2]. Istnieje przy tym możliwość zdefiniowania jednego głównego komponentu MTC (ang. *Master Test Component*), jak również wielu komponentów równoległych PTC (ang. *Parallel Test Component*), współdziałających z komponentem MTC

### 3. ŚRODOWISKO TESTOWE

W celu zbadania możliwości wykorzystania języka TTCN-3 jako środowiska testowego dla komputerowych systemów srk wykonano prosty eksperyment z użyciem aplikacji „Loong Testing” opracowanej przez USTC (ang. *University of Science and Technology of China*) (rys. 2).

„Loong Testing” jest aplikacją posiadającą parser i kompilator modułów zapisanych w języku TTCN-3 [7]. Umożliwia definiowanie struktur danych nie tylko z wykorzystaniem TTCN-3, ale również w notacji ASN.1 (ang. *Abstract Syntax Notation One*). Wynikiem kompilacji testów są moduły programowe w języku C++ i odpowiadające im biblioteki DLL. Istnieje dzięki temu możliwość bezpośredniego sprawdzenia poprawności działania testów zdefiniowanych w TTCN-3 i prezentacji wyników w formie tekstowej.



Rys.2. Okno główne aplikacji „Loong Testing”

W ramach przeprowadzonego eksperymentu zbudowano prosty test w języku TTCN-3, w którym zasymulowano sprawdzanie aktywności komputerowego systemu nastawczego. Strukturę telegramu „LifeTelegram” w notacji ASN.1 przedstawiono na rys. 3, zaś program testu został zamieszczony na rys. 4.

```

AsnData DEFINITIONS ::=
BEGIN
LifeTelegram ::= SEQUENCE {
    ident_sender IA5String (SIZE(1..8)),
    ident_number INTEGER (1..65535)
}
END

```

Rys. 3. Struktura telegramu w notacji ASN.1

```

module TTCNTest {
    modulepar {
        charstring REMOTE_IP_ADDRESS := "127.0.0.1";
        integer REMOTE_PORT_NUMBER := 6061;
        integer LOCAL_PORT_NUMBER := 6060;
    }
    import from AsnData language "ASN.1:2002" all;
    type port myPort message {
        inout all;

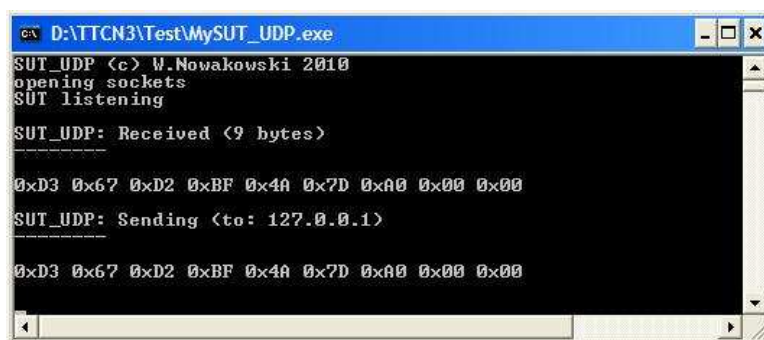
```

```
}
type component mtcType {
  port myPort mtcPort;
  timer localtimer := 5.0;
}
type component systemType {
  port myPort systemPort;
}
template LifeTelegram telegram :=
{
  ident_sender := pattern "MOR_*",
  ident_number := ?
}
testcase tc() runs on mtcType system systemType
{
  var LifeTelegram tel;
  tel.ident_sender := "MOR_ROZ";
  tel.ident_number := 1;
  map(mtc:mtcPort, system:systemPort);
  mtcPort.send(tel);
  localtimer.start;
  alt {
    [] mtcPort.receive(telegram) {
      localtimer.stop;
      setverdict(pass);
    }
    [] mtcPort.receive {
      localtimer.stop;
      setverdict(fail);
    }
    [] localtimer.timeout {
      setverdict(fail);
    }
  }
  unmap(mtc:mtcPort, system:systemPort);
}
control {
  execute(tc());
}
}
```

Rys. 4. Program testu w języku TTCN-3

Telegramy mogą być zwrotnie przesyłane do systemu testów, który wykona ich analizę. Służy do tego celu lista alternatyw „alt”, zdefiniowana w funkcji „receive\_message()” komponentu „MTCType”. Wymiana danych realizowana jest z użyciem portów „opPCO” i „ipPCO”. Zdarzenia wykonania testów i ich wyniki są rejestrowane w jednostce Test Logging (TL).

Weryfikacja systemu testów polegała dodatkowo na opracowaniu emulatora testowanego systemu MOR oraz programowego adaptera SA. Telegramy kodowane były zgodnie z regułą BER notacji ASN.1. Przykładowy wynik testu zamieszczono na rys. 5.



```

D:\TTCN3\Test\MySUT_UDP.exe
SUT_UDP (c) W.Nowakowski 2010
opening sockets
SUT listening
SUT_UDP: Received (9 bytes)
-----
0xD3 0x67 0xD2 0xBF 0x4A 0x7D 0xA0 0x00 0x00
SUT_UDP: Sending (to: 127.0.0.1)
-----
0xD3 0x67 0xD2 0xBF 0x4A 0x7D 0xA0 0x00 0x00

```

Rys. 5. Przykładowy wynik działania systemu testów

#### 4. WNIOSKI

Wykorzystanie języka TTCN-3 do opracowania środowiska testowego dla komputerowych systemów sterowania ruchem kolejowym może prowadzić do zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonalnego tych systemów. Potwierdzają to wyniki prac badawczych, które były prowadzone w ramach projektu TT-Medal. Należy uznać, iż wszelkie próby oceny możliwości wykorzystania języka TTCN-3, jako metody testowania systemów sterowania ruchem kolejowym, poszerzają zakres stosowania badanej technologii. Jednym z pośrednich celów poruszanej w pracy tematyki jest popularyzacja nowego obszaru wykorzystania języka TTCN-3 oraz ocena korzyści, jakie może przynieść wdrożenie tej metody testowania w przypadku komputerowych systemach sterowania ruchem kolejowym.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Łukasik Z., Nowakowski W.: „Aktywne testowanie systemów sterowania ruchem kolejowym”, Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Transport XXI wieku”, Białowieża 2010.
- [2] Willcock C., Deiß T., Tobies S., Keil S., Engler F., Schulz S.: “An Introduction to TTCN-3”. John Wiley & Sons Ltd, New York, 2005.
- [3] Blom S., Ioustinova N., Van de Pol J., Rennoch A., Sidorova N.: „Simulated Time for Testing Railway Interlockings with TTCN-3”. 5th international workshop, FATES 2005, Edinburgh, UK, 2005.
- [4] Calame J.R., Goga N., Ioustinova N., Van de Pol J.: “TTCN-3 Testing of Hoorn-Kersenboogerd Railway Interlocking”. In Proceedings of the Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, CCECE 2006, Ottawa, Canada, 2006.
- [5] <http://www.ttcn-3.org>
- [6] <http://www.tt-medal.org>
- [7] <http://ttcn.ustc.edu.cn>