

# *Rozbudowa funkcjonalna systemu oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IŁ*

*Paweł Godlewski*

*Bogdan Chojnacki*

*Omówiono system AWP-IŁ do oceny jakości sieci u operatorów świadczących powszechne usługi telekomunikacyjne, począwszy od powstania w 1998 r. koncepcji systemu, aż do jego postaci eksploatowanej obecnie.*

*badanie sieci telekomunikacyjnej, monitorowanie jakości usługi, sieci telefoniczne, sieci ISDN*

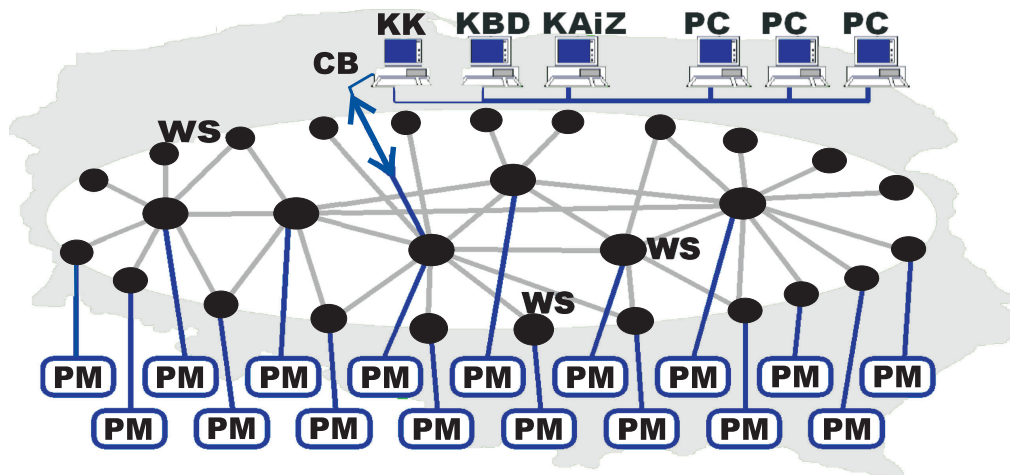
## **Wprowadzenie**

Konieczność dokonywania oceny jakości usług świadczonych abonentom sieci telekomunikacyjnych jest bezdyskusyjna, chociaż na przestrzeni lat zmieniały się miary jakości, metody badań oraz wykorzystywane środki techniczne. W pierwszych rozwiązaniach telefonistka, łącząc abonentów, dokonywała także oceny jakości połączeń. W kolejnych etapach rozwoju sieci stosowano niezależne badania jej segmentów (w obszarach/strefach numeracyjnych, w obrębie systemów telekomunikacyjnych jednego producenta, dla sieci danego operatora albo styków międzysieciowych/międzyoperatorских – w Polsce m.in. za pomocą systemów ABA i ABUS), przyjmując, że jeżeli segmenty i styki sieci pracują poprawnie, to cała sieć też działa poprawnie. Pojawienie się w Polsce po 1990 r. różnorodnych systemów komutacyjnych i transmisyjnych oraz wielu operatorów podniosło rangę badań statystycznych „od końca do końca”, niezależnych od sieci i ich operatorów. Badania te służyły typowaniu kierunków/relacji o zwiększonej liczbie błędów, a więc wymagających znacznej uwagi i dodatkowej szczegółowej kontroli. Po wejściu Polski do Unii Europejskiej wzrosła rola urzędu regulatora usług telekomunikacyjnych, a głównym narzędziem pomiarowym do badań statystycznych dla rynku powszechnych usług telekomunikacyjnych stał się system AWP-IŁ.

## **Architektura systemu**

Koncepcję systemu AWP-IŁ stworzyli pracownicy Zakładu Zastosowań Technik Łączności Elektronicznej Instytutu Łączności, współtwórcy m.in., wdrożonych w latach 1975–1990 do eksploatacji, w ponad 100 lokalizacjach na obszarze całej Polski, systemów ABA i ABUS, przeznaczonych do badania analogowych sieci telekomunikacyjnych.

W momencie tworzenia koncepcji (1998 r.) system nie miał odpowiednika, później podobne rozwiązanie zastosowano w sieci telekomunikacyjnej Australii. W latach 1999–2001 system AWP-IŁ stosowano na terenie Dyrekcji Warszawskiej Telekomunikacji Polskiej, a od 2001 r. jest wykorzystywany przez Urząd Komunikacji Elektronicznej (UKE) do oceny jakości sieci, u operatorów świadczących powszechnie dostępne usługi telekomunikacyjne.



Rys. 1. Architektura systemu AWP-IŁ

System oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IŁ (rys. 1), opierający się na badaniach statystycznych „od końca do końca”, składa się:

- ze wspólnego dla całej badanej sieci i wszystkich badanych usług centrum badaniowego CB, w którym można wyróżnić komputer komunikacyjny KK, komputer baz danych KBD, komputer analiz i zarządzania KAIZ, stacje robocze PC (w minicentrum o ograniczonej funkcjonalności wszystkie ww. funkcje pełni komputer typu laptop);
- z urzędzeń badaniowych PM, nie limitowanych liczbą i funkcjami, rozmieszczonych w terenie, np. w węzłach WS sieci telekomunikacyjnych.

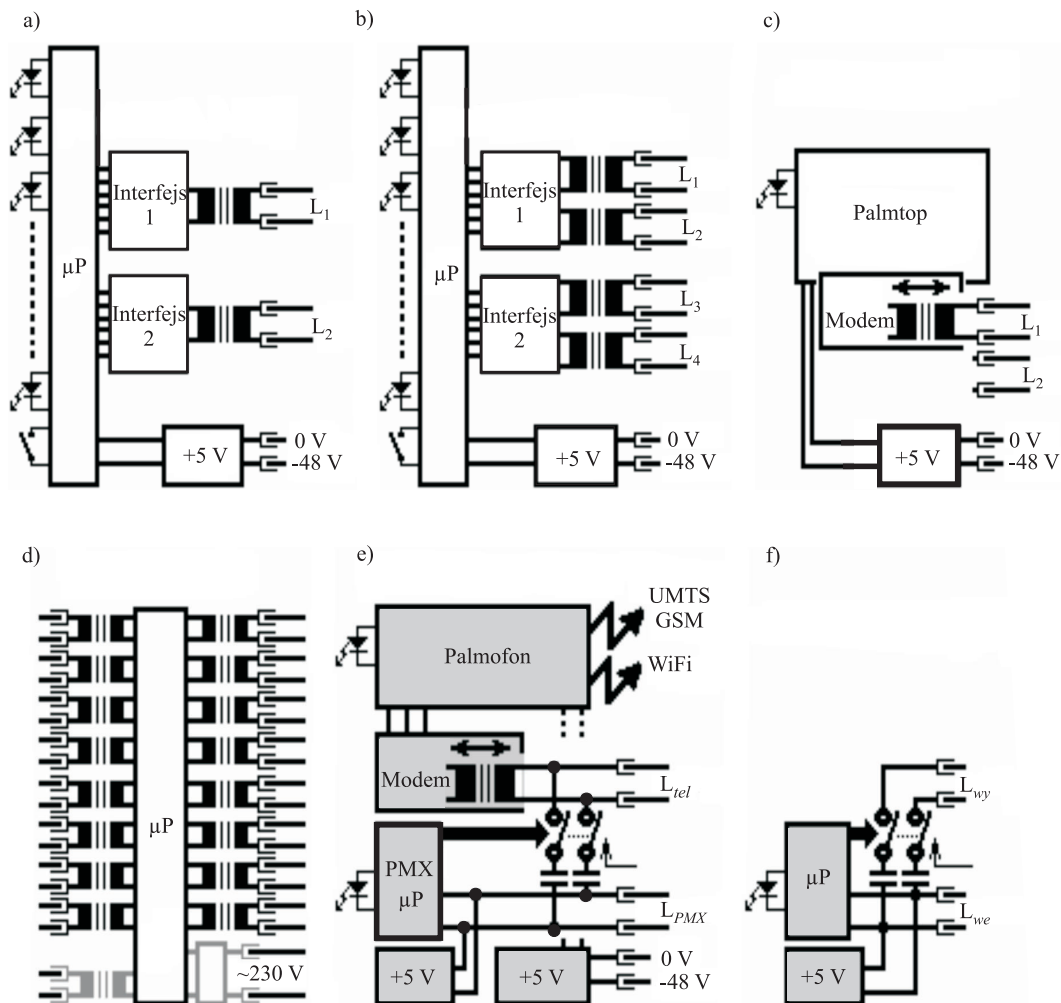
Projektując konfigurację, założono, że docelowo system będzie obsługiwał do 5 tysięcy urzędzeń badaniowych PM, umożliwiał wykonywanie analiz na potrzeby różnych operatorów i stref numerycznych oraz zapewniał różnym użytkownikom selektywny dostęp do danych z obszarów ich zainteresowań.

## Działanie systemu

Rozproszone geograficznie urządzenia badaniowe PM, programowane z centrum badaniowego CB, dostarczają do niego dane potrzebne do oceny sieci i świadczonych przez nie usług, np. aktywne urządzenia dołączone na zasadzie abonentów sieci telekomunikacyjnych prowadzą badania, zestawiając połączenia między sobą lub do świadczących usługi elementów sieci. Zgromadzone i przetworzone wyniki, w postaci raportów, są udostępniane zainteresowanym na ich stacjach roboczych PC. O funkcjonalności systemu decydują w zasadzie możliwości pomiarowe urządzeń badaniowych PM.

Poszczególne urządzenia systemu, których uproszczone schematy przedstawiono na rys. 2, pełnią podczas badań różne funkcje.

- **Próbniki PM2 i PM3**, dołączane analogicznie jak abonenci telefonicznej sieci przewodowej, są przeznaczone do badania parametrów elektrycznych (poziomy sygnałów, czasy trwania) w sieci PSTN (*Public Switched Telephone Network*).



Rys. 2. Uproszczone schematy blokowe aktywnych urządzeń pracujących w systemie AWP-IL:

a) próbnik PM2; b) próbnik PM3; c) próbnik PM4; d) głowica TRU; urządzenia eksploatowane od 2008 r.:  
e) próbnik PM5; f) odzwonnik PMX

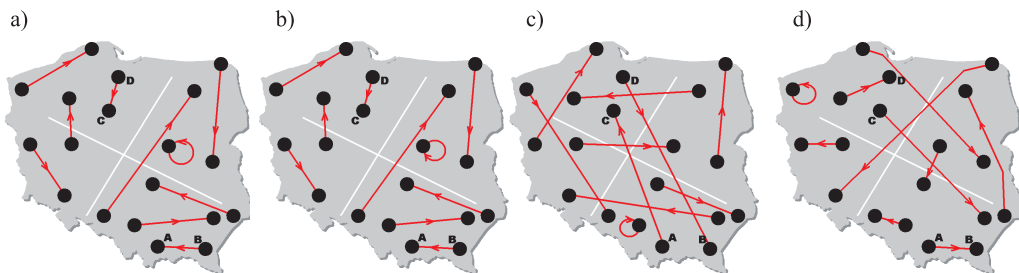
- **Próbniki PM4**, dołączane analogicznie jak abonenci telefonicznej sieci przewodowej, badają dostępność oraz jakość świadczonej w tej sieci usługi faksowej i wdzwanianego dostępu do internetu. Są one sterowane komputerem PDA (*Personal Digital Assistant*) z systemem operacyjnym Windows 2003.
- **Próbniki PM5**, pracujące analogicznie jak abonenckie terminale sieci przewodowej i sieci GSM/UMTS/WiFi (*Global System for Mobile Communication/Universal Mobile Telecommunication System/Wireless Fidelity*), umożliwiają badania dostępności oraz jakości świadczonych w tych sieciach usług. Pełnią dwie zasadnicze funkcje:

- aktywnego programowalnego urządzenia kontrolno-pomiarowego (z dostępem do telefonicznej sieci przewodowej oraz bezprzewodowej GSM/UMTS i WiFi),
  - odzewnika/ekspandera linii telefonicznej (możliwości analogiczne jak odzewnika PMX).
- **Odzewniki PMX** umożliwiają próbnikom PM4 i PM5 zdalne badanie usług z punktu widzenia abonentów odległych central telefonicznych (funkcja ekspandera). Są też prostymi odzownikami dla głowic pomiarowych TRU.
  - **Głowice TRU** są aktywnymi elementami systemu A8620, wykorzystywanego od 10 lat w UKE (oraz w innej wersji w TP SA). Mogą one zestawiać połączenia przez sieć telefoniczną między sobą oraz do prostych odzowników, np. typu PMX.

## Badania sieci i usług

W 1997 r. ukazało się rozporządzenie ministra łączności [2], nakazujące publikowanie informacji o stopie błędnych połączeń<sup>①</sup> krajowych w godzinach największego ruchu telefonicznego w sieciach telekomunikacyjnych użytku publicznego.

Aby uzyskać wiarygodne dane tego typu, należy albo monitorować całą sieć, albo badać ją z punktu widzenia abonentów, dobierając w sposób losowy lokalizacje urządzeń badaniowych, relacje połączeń, momenty inicjacji badań, nie generując ruchu o wielkości wpływającej na funkcjonowanie sieci (a więc poniżej 1% wszystkich wywołań).



Rys. 3. Badania połączeń w sieci telefonicznej: a) wg opisanych na stałe relacji; b), c), d) z pseudolosowym wyborem relacji w kolejnych cyklach badań

W znanych rozwiązaniach (nie w AWP-IŁ), programując badania należy ręcznie wprowadzić dane adresowe wszystkich badanych relacji (rys. 3a), co przy rozbudowanej strukturze sieci wymaga wyobraźni, aby w wynikach uwzględnić możliwe kombinacje połączeń „każdy z każdym” (już w sieci z zaledwie 4 węzłami/próbnikami, do uwzględnienia wszystkich możliwych połączeń, należy przygotować aż 16 nie przeszkadzających sobie programów badań).

<sup>①</sup>  $Stopa\ błędnych\ połączeń = \frac{\text{liczba błędnych wywołań}}{\text{liczba wykonanych wywołań}}$ .

W systemie AWP-IŁ próbniki PM2, PM3, PM4 i PM5 (umieszczone w węzłach reprezentatywnych dla badanej sieci) są dołączane do ocenianej sieci telekomunikacyjnej analogicznie jak abonenci, a pary współpracujących urządzeń z całego ocenianego obszaru są wyznaczane w ramach testu, dla każdego pojedynczego badania (rys. 3b, 3c, 3d), w sposób pseudolosowy (tzn. pary próbników już wylosowanych do badania w danym cyklu, np. 3-minutowym, nie uczestniczą w losowaniach kolejnych par).

W Polsce do ok. 2005 r. do badań jakości sieci, w zasadzie wyłącznie telefonicznej, wykorzystywano próbniki PM2 i PM3 systemu AWP-IŁ oraz głowice pomiarowe TRU, umożliwiające ocenę:

- sygnałów i stanów podczas faz realizacji połączeń telefonicznych, ich poziomów oraz wzajemnych relacji czasowych;
- czasów trwania poszczególnych faz połączeń;
- parametrów transmisyjnych zestawionych połączeń, w obu kierunkach transmisji (tłumienia dla 400, 825/1020 i 2800 Hz, poziomu mocy szumu, w tym, przy obecności tonu 1020 Hz, zaników sygnału częstotliwości pomiarowej, parametrów echa).

W 2007 r. wytypowano wskaźniki jakościowe przewidziane do stosowania w Polsce przy ocenie usług powszechnych i usług powszechnie dostępnych, świadczonych przez operatorów telekomunikacyjnych. Niżej podano wskaźniki, mierzone za pomocą urządzeń badaniowych (a nie wyłącznie systemów operatora), zależne od rodzaju usług i sieci.

1. W zakresie telefonii, dla sieci PSTN, GSM/UMTS i internet:

- *stopa nieskutecznych wywołań* (gdy nie zidentyfikowano sygnału zwrotnego wywołania lub zajętości, lub zgłoszenia urządzenia wywoływanego) – odniesienie: ETSI EG 202 057-2 p. 5.1, 202 057-3 p. 6.4.1, 201 769 p. 5.4;
- *czas zestawienia połączeń* (liczony od wysłania pełnego numeru do odebrania sygnału zajętości, zwrotnego dzwonienia lub zgłoszenia) – odniesienie: ETSI EG 201 769 p. 5.5, ETSI EG 202 057-2 p. 5.2;
- *jakość transmisji głosu* (tzw. *skala opinii jakości odsłuchu* ACR, ale w sieci PSTN obecnie wystarcza badanie tłumienności i poziomu szumów) – odniesienie: ITU-T P.862.

2. Dla usługi faksowej, w sieci PSTN:

*poprawne transakcje faksowe* (wskaźnik połączeń skutecznych, gdy uzyskano najwyższą możliwą technicznie szybkość, przesłano wszystkie strony, a odebrany faks nie zawierał stron poważnie uszkodzonych) – odniesienie: ITU-T E.457, E.456, T.22, T.30.

3. Dostęp wdzwaniany do internetu, dla sieci PSTN:

*przepustowość dla wdzwanianego dostępu do internetu* („wynegocjowana” szybkość transmisji modemowej 80% połączeń, wskaźnik nie określa efektywnej szybkości transmisji plików) – odniesienie ETSI EG 202 057-2 p. 5.5.

4. Dostęp do internetu, dla wszystkich sieci:

- *przepustowość w obu kierunkach dostępu do internetu* (maksymalna, minimalna i średnia osiągnięta szybkość transmisji) – odniesienie: ETSI EG 202 057-4 p. 5.2;
- *przerwy w dostępności do zasobów wyznaczonych portali* (dostęp do portali, mających duże znaczenie dla gospodarki, nauki i dla masowych odbiorców, np. z okresowo aktualizowanej listy 10 portali);

- stopa błędów przy przeglądaniu stron www (liczba nieskutecznych transmisji pliku testowego w odniesieniu do całkowitej liczby transmisji) – odniesienie: ETSI EG 202 057-4 p. 5.3.
5. E-mail, dla wszystkich sieci:
- niesprawność serwera SMTP – nadawanie (procent nieudanych e-maili do innego użytkownika internetu i niesprawność serwera trwająca dłużej niż zadany czas) – odniesienie: CWA14357 p. 5.2.3;
  - niesprawność serwera POP3 – odbiór (wskaźnik niesprawności serwera POP3, szczególnie utrzymujących się dłużej niż określony czas) – odniesienie: CWA14357 p. 5.2.3;
  - przerwy w pracy serwerów www (całkowity czas przerw dla serwerów SMTP i POP3) – odniesienie: CWA14357 p. 5.2.3.
6. Usługa SMS, dla sieci GSM/UMTS:
- realizacja usługi SMS (poprawnie nadanych i odebranych SMS) – odniesienie: ETSI EG 202 057-2 p. 5.6;
  - czas dostarczenia SMS end-to-end (czas dostarczenia „od końca do końca” wiadomości SMS) – odniesienie: ETSI EG 202 057-2 p. 5.6.

Do 2007 r. badania sieci, na zasadzie „każdy z każdym”, były prowadzone przez UKE niezależnie za pomocą systemów:

- A8620 przez 16-portowe głowice, zainstalowane w 12 centralach tranzytowych operatora dominującego ( $12 \times 12$  relacji);
- AWP-IŁ przez 2-portowe próbniki PM2 i 4-portowe PM3, zainstalowane w 227 centralach wszystkich znaczących operatorów ( $227 \times 227$  relacji).

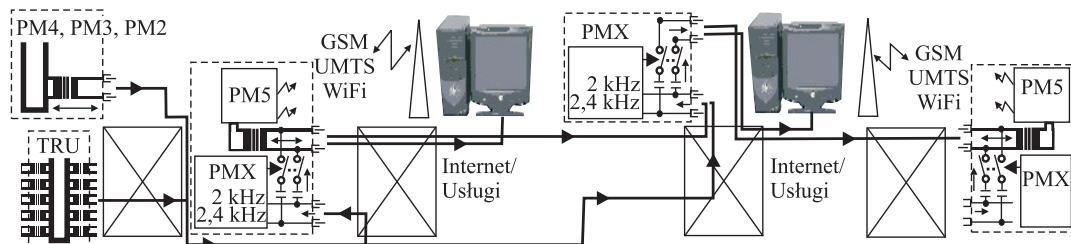
Po podpisaniu w połowie 2007 r. umowy z UKE, system AWP-IŁ został rozbudowany o blisko 500 prostych odzewników PMX oraz 103 próbniki PM5, przygotowane technicznie do badania wytypowanych w tymże roku wskaźników jakościowych.

Od początku 2008 r. 16 szt. głowic TRU może zestawiać próbne połączenia także do 1-portowych odzewników PMX w  $16 \times 500$  relacjach, a nowe próbniki PM5 mogą badać usługi w sieciach bezpośrednio między sobą w  $103 \times 103$  relacjach oraz za pośrednictwem odzewników PMX w ok.  $103 \times 103 \times 500$  relacjach.

Potencjalne (bo nie w pełni wykorzystywane) możliwości współpracy różnych typów aktywnych urządzeń PM, należących do systemu AWP-IŁ, z odzewnikami PMX i próbnikami PMS zaprezentowano na rys. 4.

Głowica TRU lub próbnik PM2/PM3 nadaje numer telefoniczny odzewnika PMX albo wejścia PMX w próbniku PM5, mierzy czas zestawiania połączenia, ocenia parametry sygnału zwrotnego wywołania oraz odbiera i ocenia sygnał akustyczny 2 kHz (TRU) lub 2,4 kHz (PM2/PM3), po czym rozłącza połączenie.

Próbnik PM4 lub PM5, przy badaniach przez odzewnik PMX, nadaje numer telefoniczny tego urządzenia, po jego zgłoszeniu (sygnałem 2/2,4 kHz) przesyła kod dostępu do linii wyjściowej i nadaje numer żadanego innego urządzenia PM4/PM5 lub usługi (np. numer 202122 dla wdzwanianego dostępu do internetu), a następnie realizuje zaprogramowane badania. Przy badaniach bezpośrednich



Rys. 4. Współpraca aktywnych urządzeń systemu AWP-IŁ

próbnik PM5 lub PM4 nadaje numer telefoniczny żądanego urządzenia PM5/PM4 albo usługi (np. numer 202122 dla wdzwanianego dostępu do internetu) i realizuje zaprogramowane badania. Próbnik PM4 komunikuje się z siecią wyłącznie drogą przewodową, natomiast próbnik PM5 ma możliwość komunikacji także przez sieć GSM/UMTS.

## Odzewnik PMX

Urządzenia PMX rozszerzają „przestrzeń” system AWP-IŁ. Są to proste i tanie ekspandery, umożliwiające, m.in. próbnikom PM5, badania usług z odległych od nich central telefonicznych oraz najprostsze i najtańsze odzewniki, m.in. dla głowic pomiarowych TRU systemu A8620. Widok i uproszczony schemat elektryczny urządzenia PMX przedstawiono na rys. 5.

W skład urządzenia PMX wchodzi następujące główne bloki: przekaźniki elektroniczne  $P_1$ ,  $P_2$  i  $P_3$ , kondensatory separujące  $C_1$  i  $C_2$  (o pojemności  $10 \mu\text{F}$  każdy), odbiornik dzwonienia  $O_{dz}$ , układy pętli elektronicznej PP i Pp (o małej rezystancji dla prądu stałego i dużej impedancji dla sygnałów akustycznych), generator przebiegów sinusoidalnych oraz sterownik. Do realizacji funkcji odzewnika urządzenie musi być dołączone do telefonicznej linii analogowej przyściowej  $L_{we}$ , a do pełnienia funkcji ekspandera – dodatkowo do linii wyjściowej  $L_{wy}$ . Urządzenie PMX jest zasilane wyłącznie z analogowej linii telefonicznej i nie wymaga specjalnej instalacji. Jego program działania jest zawarty w pamięci wewnętrznej procesora (procesor ATTINY2313-20SU o architekturze AVR-RISC firmy Atmel, lista 120 rozkazów, EPROM 2 kB, EEPROM 128 B, SRAM 128 B, pobór prądu w stanie aktywnym poniżej 0,2 mA). Został on napisany w języku assemblerowym i składa się z około 700 rozkazów.

Stan dołączonych linii telefonicznych  $L_{we}$  i  $L_{wy}$  sygnalizują dwie grupy diod LED. Świejące na zielono, wysoko wydajne (prąd ok. 0,2 mA) diody  $D_b$  i  $D_d$  wskazują stan spoczynkowy linii telefonicznych, diody  $D_a$  i  $D_c$ , świejące na pomarańczowo, sygnalizują stan zajęcia linii, a dodatkowo zielona dioda  $D_b$  pulsowaniem potwierdza odbiór sygnału dzwonienia/wywołania. Urządzenie może także sygnalizować, np. w celu lokalizacji, swoją obecność sygnałem akustycznym z przetwornika G.

Moduł PMX ma wymiary  $60 \times 98 \times 16 \text{ mm}$  i może tworzyć samodzielne urządzenie lub stanowić element bardziej złożonego urządzenia kontrolno-pomiarowego, np. PM5.

Przy ustawieniach domyślnych (zdalnie można zaprogramować inne parametry, m.in. czasowe) urządzenie PMX działa w następujący sposób.

W stanie spoczynkowym przekaźniki elektroniczne nie łączą obwodów, a w linii  $L_{we}$  płynie niewielki prąd (ok. 0,2 mA) zasilający, przez rezystor  $R$  (i przez wysoko wydajną zieloną diodę





sygnalizacyjną  $D_b$ ), diodę  $D_1$  i stabilizator S – energooszczędny mikroprocesor  $\mu P$ . W linii  $L_{wy}$  też płynie niewielki prąd, potrzebny do zasilania wysoko wydajnej zielonej diody sygnalizacyjnej  $D_d$ .

Jeżeli na linii  $L_{we}$  pojawia się zmienne napięcie sygnału wywołania, to transoptorowy odbiornik dzwonienia  $O_{dz}$  podaje odpowiadający mu przebieg prostokątny na wejście procesora. Gdy procesor odbierze cztery sygnały wywołania, to wysterowuje tranzystor prądowy T oraz (korzystając z energii kondensatora C) przełącznik elektroniczny  $P_1$ , co powoduje zamknięcie (400 ms od końca sygnału dzwonienia) przez układ elektroniczny Pp pętli abonenckiej i dostarczenie przez diodę  $D_2$  prądu (ok. 10 mA), potrzebnego do pracy urządzenia w stanie aktywnym.

W stanie aktywnym, po 1000 ms od zamknięcia pętli prądowej, procesor przez 4 s wysyła w linię telefoniczną sygnał akustyczny 2 kHz ( $2085 \pm 15$  Hz/ $-4 \pm 1$  dB) oraz przez 2 s sygnał akustyczny 2,4 kHz ( $2400 \pm 15$  Hz/ $-5 \pm 1$  dB), załączając na ten czas przełącznik  $P_3$  i podając odpowiedni przebieg prostokątny na wejście generatora (z przebiegu prostokątnego kształtującego przebieg sinusoidalny). Po zakończeniu generacji procesor rozłącza przełącznik  $P_3$  i oczekuje na kody DTMF (*Dual Tone Multi-Frequency*), za których detekcję odpowiada odbiornik DTMF (MT8870) z wejściem odseparowanym od linii telefonicznej kondensatorem  $C_d$ .

Jeżeli w ciągu 10 s od zakończenia generacji nie zostanie odebrany kod, to następuje rozłączenie połączenia i powrót urządzenia do stanu spoczynkowego, co polega na wyłączeniu tranzystora prądowego T i zwolnieniu przełącznika elektronicznego  $P_1$ , podtrzymującego pętlę prądową.

Jeżeli zostanie odebrany kod DTMF, jest wykonywane przekazywane tym kodem polecenie; może ono być 1-, 4-, 11- lub 16-cyfrowe.

Najprostsze, 1-cyfrowe polecenia dotyczą wysłania sygnałów akustycznych: w odpowiedzi na kod cyfry 7 w linię jest wysyłany przez 1 s sygnał o częstotliwości 2 kHz w wyżej opisany sposób i urządzenie wraca do stanu spoczynkowego, a w odpowiedzi na kod \* jest wysyłany w linię przez 10 s sygnał 2 kHz i przez kolejne 10 s sygnał 2,4 kHz, następnie przez 10 s jest wysyłany sygnał akustyczny z wbudowanego sygnalizatora G, po czym urządzenie wraca do stanu spoczynkowego.

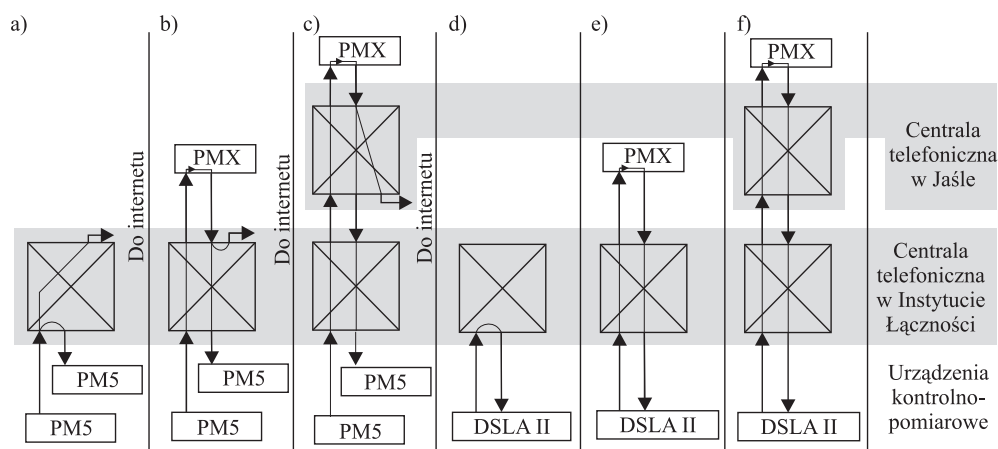
Serwisowe polecenia 16-cyfrowe, z 10-cyfrowym kodem dostępu, umożliwiają zdalne przeprogramowanie odzewnika PMX, m.in. w zakresie: liczby oczekiwanych sygnałów wywołania (od 1 do 5), czasów generowania sygnałów akustycznych, czasów trwania połączenia (10 – 2550 s), blokowania i odblokowywania kodów dostępu użytkownika. Zdekodowanie oraz wykonanie polecenia serwisowego potwierdza wysłany w linię 10-sekundowy sygnał 2 kHz, po czym połączenie jest rozłączane. Odebranie nieprawidłowego kodu dostępu „usypia” urządzenie na 10 min.

Polecenia 11-cyfrowe użytkownika rozpoczynają się cyfrą z zakresu 0 – 6, po niej jest 9-cyfrowy kod dostępu (różny dla każdego z poleceń, z możliwością zdalnej blokady), a kończą się kodem czasu trwania połączenia (10, 20, 30, 40 s i 1, 3, 5 min). Po odebraniu polecenia i pozytywnym zweryfikowaniu kodu dostępu są wysterowywane elektroniczne przełączniki  $P_2$ , zamykające pętlę prądową PP linii wyjściowej  $L_{wy}$  oraz łączące akustycznie (przez kondensatory  $C_1$  i  $C_2$ ) linię przyściową z linią wyjściową. Od tego momentu, przez czas podany w poleceniu, odzewnik PMX przekazuje wszystkie sygnały akustyczne między urządzeniem sterującym (np. próbnikiem PM5) i odległą od niego centralą telefoniczną (umożliwiając zestawienie połączenia sygnałami DTMF), a po uzyskaniu połączenia – urządzeniem świadczącym badaną usługę (typu telefoniczne połączenie głosowe, połączenie faksmodemowe, wdzwaniany dostęp do internetu). Sam odzewnik wprowadza tłumienie dla sygnałów z pasma 300 – 3400 Hz nie większe niż 1 dB, natomiast tłumienie wnoszone przez centralę i krótkie łącza jednotorowe nie przekracza 10 dB (typowo 8 dB). Połączenie zarówno przychodzące, jak i wychodzące jest rozłączane po upływie zada-

nego czasu (jest zdejmowane sterowanie przełączników  $P_1$  i  $P_2$ ). Wcześniejsze rozłączenie następuje także po odebraniu ośmiu kolejnych „1” w kodzie DTMF. Odebranie nieprawidłowego/błędnego kodu dostępu „usypia” urządzenie na 10 min.

Krótkie 4-cyfrowe polecenie o kodzie 9226 powoduje wystereowanie elektronicznych przełączników  $P_2$ , zamykających pętlę prądową PP linii wyjściowej  $L_{wy}$  oraz łączących (przez kondensatory  $C_1$  i  $C_2$ ) linię przyściową z linią wyjściową, umożliwiając zestawienie testowego połączenia do zegarynki i skontrolowanie tej usługi lub poprawności dołączenia odzewnika do centrali.

Konfiguracje pracy odzewnika/ekspandera PMX podczas próbnich testów jego modelu z początku 2007 r. pokazano na rys. 6, a wyniki testów zamieszczono w tablicy 1 (konfiguracje bez PMX są do porównania).



Rys. 6. Konfiguracje pracy: a) ÷ f) podczas próbnich testów modelu odzewnika PMX (por. tabl. 1) DSLA (Digital Speech Level Analyser)

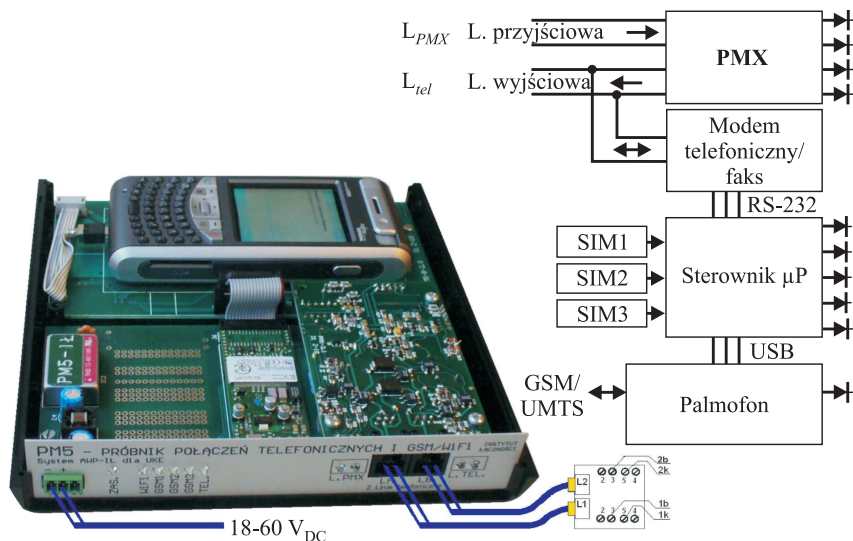
Tabl. 1. Jakość usług w sieci telefonicznej przy różnych konfiguracjach PMX

Usługi	Parametry	PMX w centrali technicznej		Centrala IŁ bez PMX
		w IŁ	w Jaśle	
Faks	Konfiguracja pracy wg rys.	6b	6c	6a
	Szybkość transmisji [kbit/s]	14,4	14,4	14,4
	Skuteczność połączeń [%]	100	90	100
	Liczba złych linii	brak	2 ÷ 9	brak
Internet	Konfiguracja pracy wg rys.	6b	6c	6a
	Szybkość transmisji [kbit/s]	7 ÷ 28	14 ÷ 23	7 ÷ 28
	Skuteczność połączeń [%]	95	85	95
Telefon	Konfiguracja pracy wg rys.	6e	6f	6d
	Jakość głosu*	4,1	3,9	4,5

\* Jakość głosu wg PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality): idealna 5, najniższa zadowalająca dla GSM 3, uzyskiwana w radiowych systemach dyspozytorskich 2,4.

## Próbnik PM5

Próbniki PM5, rozszerzające funkcjonalnie system AWP-IŁ, pracują analogicznie jak abonenskie terminale sieci przewodowej PSTN i sieci GSM/UMTS/WiFi, umożliwiając badania dostępności oraz jakości usług, świadczonych przez te sieci. Pełnią funkcję aktywnego programowalnego urządzenia kontrolno-pomiarowego (z dostępem do telefonicznej sieci przewodowej i bezprzewodowej) oraz niezależnego odzewnika/ekspandera PMX. Widok i schemat blokowy próbnika PM5 zaprezentowano na rys. 7.



Rys. 7. Widok oraz schemat blokowy próbnika PM5

Konstrukcja próbnika PM5 stanowi kompromis między funkcjonalnością, łatwością budowy i powielania w dowolnej liczbie, możliwościami przyszłej rozbudowy, efektywnością programowania, ceną i dostępnością podzespołów, pobieraną (i wypromieniowywaną) energią oraz dalszą przydatnością komponentów po wycofaniu urządzeń z eksploatacji<sup>①</sup>.

Głównymi blokami próbnika PM5 są: palmofon (tzn. urządzenie komunikacyjne sieci GSM z systemem operacyjnym), sterownik mikroprocesorowy, karty SIM (*Subscriber Identity Module*) operatorów sieci komórkowych, modem telefoniczny i moduł odzewnika PMX. Do realizacji funkcji aktywnego programowalnego urządzenia kontrolno-pomiarowego próbnik PM5 musi być dołączony do dwukierunkowej linii telefonicznej  $L_{tel}$  oraz musi być zasilany napięciem z zakresu 18–60 V (pobór mocy znacznie poniżej 5 W), a do realizacji funkcji odzewnika PMX – co najmniej do analogowej telefonicznej linii przyściowej  $L_{PMX}$ .

<sup>①</sup> W momencie tworzenia rozwiązania, w pierwszej połowie 2007 r., nie było wiadomo, ile egzemplarzy kupią odbiorcy (w grudniu 2007 r. UKE kupił 103 próbniki PM5).

W próbniku do realizacji wszystkich funkcji sterujących zastosowano tani palmofon *Pocket LOOX T830*, firmy Fujitsu-Siemens. Ma on następujące podstawowe parametry: procesor Samsung Xscale 416 MHz, system operacyjny Windows Mobile 5.0 for Pocket PC, pamięć RAM 64 MB i ROM 128 MB, zewnętrzną pamięć typu MMC/SD, wyświetlacz TFT 2,4 cala 240 × 240 punktów, złącze USB 1.1 *host/slave*, możliwość komunikacji przez: Bluetooth v2.0, IEEE 802.11b+g (WiFi), GSM/GPRS 850/900/1800/1900 MHz oraz UMTS 2100 MHz. Ponadto jest wyposażony w aparat fotograficzny, głośnik, mikrofon, gniazdo słuchawek stereo z mikrofonem (4-pin), wbudowaną klawiaturę QWERTY. Ma wymiary 126 × 64 × 21 mm. Dopuszczalna temperatura pracy wynosi  $-10 \div +55^{\circ}\text{C}$ . Zasilany jest przez złącze miniUSB napięciem 5 V (0,4 A), a wbudowany akumulator litowo-jonowy 1500 mAh umożliwia 4 h rozmów i 150 h czuwania.

Sterownik z mikroprocesorem AT90USB128 pracuje jako *host* i zamienia sygnały styku USB palmofonu na wymagane przez modem sygnały styku RS-232 oraz zarządza przełączaniem trzech kart SIM i świeceniem diod LED.

Modem (faksmodem) typu MT5656SMI-V-92 zapewnia komunikację próbnika przez przewodową sieć telefoniczną (wg V.92, V.90, V.34, V.32bis, V.32, V.22bis, V.22, V.23, V.21) i realizuje funkcje faksu grupy 3 (wg V.17, V.29, V.21 klasa 2). Zasilany jest napięciem 5 V (120 mA). Ma wymiary 26,5 × 64,5 × 17 mm.

Moduł PMX próbnika PM5 jest układem identycznym jak w samodzielnym odzewniku PMX i pracuje na tej samej linii telefonicznej co modem. Jeżeli próbnik korzysta z linii telefonicznej, to PMX nie może w tym samym czasie pełnić funkcji ekspandera (ale może być odzewnikiem, np. dla głowicy pomiarowej systemu A8620).

Możliwości badaniowe próbnika określa oprogramowanie zawarte w palmofonie, liczące obecnie około 5 tysięcy linii kodu. Moduły programowe są napisane w języku C# z użyciem kompilatora *Microsoft Visual Studio 2005*. Oprogramowanie może być (w bezpieczny sposób, z autoryzacją) zdalnie aktualizowane, z wykorzystaniem sieci internet lub połączeń modemowych.

## ***Komunikacja próbnika z centrum nadzoru***

Komunikacja próbnika PM5 z komputerem komunikacyjnym centrum nadzoru systemu AWP-IŁ jest nawiązywana, przez stacjonarne łącze telefoniczne  $L_{tel}$  od strony próbnika, co najmniej raz na dobę, o zaprogramowanej na stałe lub o wpisanej w programie badań godzinie, na stały adres internetowy (dzięki komunikacji przez wdzwaniany internet próbniaki nie wymagają stałego łącza dostępowego, a centrum badaniowe nie musi być wyposażone w liczne modemy telefoniczne). Komunikacja z centrum zostaje nawiązana przez próbnik również po odebraniu (przez modem telefoniczny lub GSM), przekazanego w odpowiedniej formie, żądania nawiązania połączenia. Komunikacja próbnika z minicentrum nadzoru może także zostać nawiązana przez modem telefoniczny takiego minicentrum. Po nawiązaniu komunikacji próbnik przesyła wyniki badań (zarówno urządzenie inicjujące, jak i odbierające połączenie badaniowe) lub zarejestrowany plik danych do przetworzenia w centrum lub/i wybrane dane systemowe, synchronizuje swój czas z czasem systemowym oraz pobiera nowy program badań (plik tekstowy) lub nowe ustawienia (plik tekstowy), lub nowy program działania (*exe*). Po zakończeniu komunikacji z centrum próbnik rozłącza się i oczekuje na nadejście zapisanej w pierwszym programie daty/godziny, a gdy je otrzyma, to loguje się do podanej w programie sieci (GSM/UMTS/WiFi), realizuje przesłane programy badań lub/i oczekuje

na połączenia badaniowe inicjowane przez inne próbniki, na SMSy oraz na kolejny seans łączności z komputerem komunikacyjnym centrum nadzoru systemu AWP-IŁ.

### **Programy i wyniki badań próbników**

Centrum badaniowe przygotowuje programy badań jednocześnie dla wszystkich przewidzianych do pracy w danym przedziale czasu próbników PM5 (i ewentualnie PM4). Praca próbników jest programowana dla niezmiennych 15-minutowych przedziałów czasowych typu 12:00, 12:15, 12:30 itp. W każdym takim przedziale:

- początkowe 3 min są przeznaczone na sprawdzenie zalogowania w sieci GSM/UMTS oraz na odbiór wywołań serwisowych i od systemu;
- w pozostałych 12 min urządzenia mogą się łączyć z centrum nadzoru lub mogą wykonywać badania w jednej wskazanej relacji (bezpośrednio albo za pośrednictwem urządzenia PMX w odległej centrali); mogą to być:
  - testowe połączenia faksowe z sieci przewodowej PSTN do innego wskazanego próbnika PM5 lub PM4 pracującego w sieci PSTN;
  - testowe połączenia telefoniczne z sieci przewodowej PSTN do wskazanego próbnika PM5 pracującego w sieci PSTN lub GSM;
  - testowe połączenia telefoniczne przez modem GSM do wskazanego próbnika PM5 pracującego w sieci PSTN lub GSM;
  - dostęp wdzwaniany do internetu przez sieć PSTN i wskazany serwer dostępowy;
  - dostęp do internetu przez sieć GSM/UMTS;
  - dostęp do usługi lub pakietu usług, świadczonych w sieci PSTN/GSM.

Programy badań dla próbników PM5, przygotowane i udostępniane w centrum nadzoru, mają postać, jak na rys. 8.

czas:2007-12-07 19:00; test:SIMM; numer:1/784796958/10; sesja: FFFFF;	(1)
czas:2007-12-07 19:30; test:3fax; numer:0225128799; sesja: FFFFF;	(2)
czas:2007-12-07 20:15; test:GSMp; numer:0225028013; sesja: FFFFF;	(3)
czas:2007-12-07 20:30; test:pGSM; numer:0784796959; sesja: FFFFF;	(4)
czas:2007-12-07 21:00; test:GSMM; numer:0784796959; sesja: FFFFF;	(5)
czas:2007-12-07 21:30; test:3fax; numer:0225128600@60W0225128441; sesja: FFFFF;	(6)
czas:2007-12-07 22:00; test:1www; numer:0202122; www:www.itl.waw.pl; sesja: FFFFF;	(7)
czas:2007-12-07 22:45; test:SMS2; numer:784796959/506303724/663827607; sesja: FFFFF;	(8)
czas:2007-12-07 23:00; test:1get; numer:0225128600@70W0202122; www:www.itl.waw.pl; sesja: FFFFF;	(9)

**Rys. 8.** Przykład programu badań próbnika PM5

Wiersze (1)–(9) są interpretowane następująco: FFFFF to identyfikator bieżącej sesji pomiarowej, np. (1) o godz. 19:00 należy uaktywnić kartę sieci GSM w gnieździe SIM nr 1, o numerze 784796958, a połączenia przychodzące rozłączać po 10 s; (2) o 19:30 wysłać testowy 3-stronicowy faks

do PM5/PM4 na numer 0225128799; (3) o 20:15 wykonać testowe połączenie z sieci GSM (SIM1) na stacjonarny numer telefoniczny PM5 0225028013.

- a) \* [2008-05-09 15:18:01Z][czas:2008-05-09 15:15; test:3fax; numer:0227792374; sesja:FFFF;]  
\* [2008-05-09 15:18:02Z][Wysyłanie faksu]  
\* [2008-05-09 15:18:02Z][PM5\_017\_1FFFFFF104076]  
\* [2008-05-09 15:18:02Z][ATDT022779237;]  
\* [2008-05-09 15:18:06Z][AT27;\n\r\n OK\r\n ]  
\* [2008-05-09 15:18:08Z][ATD4]  
\* [2008-05-09 15:18:18Z][ATD4\n\r\n +FCON\r\n\r\n +FCSI: "PM5\_099"\r\n\r\n +FDIS: 0,5,0,2,0,0,0,0\r\n\r\n OK\r\n\r\n ]  
\* [2008-05-09 15:18:18Z][AT+FDIS=0,5,0,2]  
\* [2008-05-09 15:18:18Z][AT,2\n\r\n\r\n OK\r\n\r\n ]  
\* [2008-05-09 15:18:18Z][Czas do polaczenia = 10496 ms]  
\* [2008-05-09 15:18:18Z][AT+FDT]  
\* [2008-05-09 15:18:26Z][AT+DT\n\r\n\r\n +FDCS: 0,5,0,2,0,0,0,0\r\n\r\n CONNECT\r\n\r\n ]  
\* [2008-05-09 15:19:18Z][AT+FET=0]  
\* [2008-05-09 15:19:22Z][ATE=0\n\r\n\r\n +FPTS: 1\r\n\r\n OK\r\n\r\n ]  
\* [2008-05-09 15:19:22Z][wyslano 94034B w 56270ms]  
\* [2008-05-09 15:19:22Z][13368bps]  
\* [2008-05-09 15:19:22Z][Koniec wysłania strony]
- 
- b) \* [2008-05-09 15:47:32Z][Odbieranie faksu]  
\* [2008-05-09 15:47:32Z][ATA]  
\* [2008-05-09 15:47:43Z][ATA\n\r\n\r\n FAX\r\n\r\n\r\n +FCON\r\n\r\n\r\n +FTSI: "PM5\_098\_1FFFFFF104094"\r\n\r\n\r\n ]  
\* [2008-05-09 15:47:43Z][AT+FDR]  
\* [2008-05-09 15:47:48Z][AT+DR\n\r\n\r\n +FCFR\r\n\r\n\r\n +FDCS: 0,5,0,2,0,0,0,0\r\n\r\n\r\n CONNECT\r\n\r\n ]  
\* [2008-05-09 15:48:40Z][odebrano 94034B w 56270ms]  
\* [2008-05-09 15:48:41Z][13368bps]  
\* [2008-05-09 15:50:34Z][Start analizy strony]  
\* [2008-05-09 15:50:35Z][Błąd w linii nr.: 1143 (suma w linii = 29)]  
\* [2008-05-09 15:50:35Z][Błąd w linii nr.: 1144 (suma w linii = 9330)]  
\* [2008-05-09 15:50:35Z][Linii ogolem: 1146 Linii blednych: 2]  
\* [2008-05-09 15:50:35Z][Koniec odbioru strony]

**Rys. 9.** Przykładowe logi dla połączenia faksowego: a) nadawanie; b) odbiór

Wszystkie zdarzenia, które wystąpią podczas realizacji programu, próbniki PM5 notują w *logu* (rys. 9), przesyłanym do centrum nadzoru, gdzie są wyodrębniane i zapisywane w bazie dane istotne z punktu widzenia oceny jakości badanej usługi (np. dla połączenia faksowego skorelowane dla strony nadawczej i odbiorczej).

## Badanie jakości usług

W zakresie **telefonii** próbniki PM5 umożliwiają obecnie ocenę stopy nieskutecznych wywołań, czasu zestawiania połączeń oraz kontrolę istnienia komunikacji akustycznej. Badania wskaźnika jakości transmisji głosu zostaną oprogramowane w kolejnych etapach funkcjonalnej rozbudowy systemu AWP-IŁ. Stopa nieskutecznych wywołań oraz czas zestawiania połączeń są oceniane, na obecnym etapie rozbudowy systemu AWP-IŁ, dla połączeń zestawianych z sieci PSTN do sieci

GSM i w obrębie sieci GSM oraz przy okazji wykonywania badań usługi faksowej w sieci PSTN. Przewiduje się objęcie takimi badaniami, do końca 2008 r., także połączeń sieci z GSM do sieci PSTN. Przy badaniu *stopy nieskutecznych wywołań* połączenia telefoniczne są zestawiane od wyjść próbników PM5 do wejść innych próbników PM5, o których wiadomo, że nie są zajęte. Jako *wywołania nieskuteczne* są klasyfikowane takie wywołania, dla których w ciągu 30 s od nadania ostatniej cyfry numeru wywoływanego brak zwrotnego sygnału wywołania lub sygnału zajętości albo jest sygnał zajętości lub po zwrotnych sygnałach wywołania nie nastąpiło zgłoszenie urządzenia wywoływanego. Parametr *czas zestawiania połączeń* jest liczony od wysłania ostatniej cyfry numeru do chwili odebrania (pierwszego z nich) sygnału zajętości, sygnału zwrotnego dzwonienia lub sygnału zgłoszenia urządzenia wywoływanego.

Badanie usługi **faksowej** (grupy 3) w sieci PSTN jest jedną z ważniejszych funkcji próbnika PM5. Podczas trwania każdego połączenia testowego są wysyłane trzy jednakowe strony formatu A4 o rozdzielczości 1728 × 1140 elementów czarno-białych. Na wzorzec strony nadawanej przez PM5 (ITU podaje kilka propozycji) wybrano górną połowę strony testowej, zawierającej 2280 linii (rys. 10a), na wydruku dającą postać jak na rys. 10b.

Detekcja błędnych linii w odbieranych faksach odbywa się na podstawie protokołu transmisji (EOL – *End of Line*). Do oceny jakości strony nie jest potrzebna znajomość oryginału, są wykrywane też błędy niezauważalne przy analizie wydrukowanego obrazu, np. na całkowicie białych polach.

Są notowane następujące informacje: ustanowiona szybkość transmisji (spośród: 14,4, 12, 9,6, 7,2, 4,8 i 2,4 kbit/s), kompletna zawartość przesłanego faksu i jego nagłówek, poprawność pierwszej linii faksu, pierwszej, drugiej i trzeciej strony oraz ewentualne ich poważne uszkodzenia, a także prędkość podczas trwania połączenia. Strona wolna od błędów jest to taka strona, której wszystkie linie odebrano poprawnie, strona z błędami ma mniej błędów niż strona poważnie uszkodzona, a strona poważnie uszkodzona zawiera co najmniej 4 kolejne błędne linie lub 12 linii o dowolnym rozmieszczeniu błędów na stronie albo 3 ciągi z kolejnymi 2 lub 3 błędnymi liniami.

Rezultatem badań jest *wskaźnik transakcji zrealizowanych pozytywnie*:

$$\text{wskaźnik transakcji zrealizowanych pozytywnie} = \frac{\text{liczba skutecznych połączeń faksowych}}{\text{całkowita liczba połączeń skutecznych}}$$

Skuteczne połączenie faksowe jest połączeniem ustanowionym przy największej możliwej technicznie szybkości, gdy wszystkie strony faksu zostały przesłane bez poważnych uszkodzeń. Ocenia się wyłącznie połączenia skuteczne, tzn. połączenia telefoniczne ze zgłoszeniem urządzenia faksowego.

Badanie **dostępu wdzwanianego do internetu** (po łączu komutowanym) jest przeprowadzane, gdy połączenia telefoniczne są zestawiane od wyjścia próbnika PM5, ewentualnie przez odzewnik PMX, do wejścia serwera dostępowego operatora przewodowej sieci telekomunikacyjnej (np. dla operatora TP SA może to być numer telefoniczny 0202122). Po stronie PM5 pracuje modem analogowy V.90/92, a po stronie serwera – najczęściej modem cyfrowy. Po nawiązaniu połączenia jest notowana wynegocjowana szybkość w przód i wstecz (maksymalnie 56 kbit/s), próbnik komunikuje się z serwerem w UKE (bądź w IŁ) i pobiera plik testowy. Może także pobrać testowe dane ze wskazanych serwerów dostępnych w sieci internet. Podczas tego samego połączenia mogą też zostać wysłane i odebrane testowe e-maile oraz przesłane do centrum badaniowego wyniki badań i pobrane z niego nowe programy badaniowe. Ponadto jest notowana maksymalna i minimalna szybkość transmisji oraz ewentualny fakt zerwania połączenia.





Badanie **dostępu do internetu** z PM5 przez sieci GSM/UMTS jest w trakcie opracowywania. Jego istota polega na tym, że po nawiązaniu komunikacji z serwerem dostępowym operatora sieci zostanie określona szybkość łącza dostępowego, sprawdzona dostępność komunikacji ze wskazanymi serwerami, a następnie ze wskazanego serwera będą pobierane testowe pliki, na podstawie których zostanie określona rzeczywista szybkość transmisji danych (1 duży plik z serwera operatora sieci albo wielokrotnie ten sam krótki plik z serwera UKE) oraz będą odbierane i nadawane testowe e-maile.

Badanie usługi **SMS** jest także w trakcie opracowywania. Obejmie ono wysłanie z PM5 wzorcowego SMSa, sprawdzenie poprawności jego odbioru przez inny PM5 oraz pomiar czasu przekazania SMSa do adresata. W jednym badaniu urządzenie PM5 wyśle testowe SMSy do innych wyspecyfikowanych urządzeń lub do urządzeń ze wskazanej, przesłanej wcześniej listy. Będą wysyłane SMSy zarówno do próbników PM5 pracujących w tej samej sieci, jak i do PM5 pracujących w sieciach innych operatorów. SMS będzie zawierał numer telefoniczny urządzenia wysyłającego, datę i czas zaplanowanego wysłania, tekst testowy (wskazany w programie spośród 9) oraz powtórzony numer/nazwę – łącznie do 75 znaków. Urządzenia PM5, do których zostaną zaadresowane SMSy, nie powinny w tym czasie zmieniać sieci i intensywnie korzystać z modemu GSM/UMTS, aby nie wpływać na opóźnienia ich odbioru. Ocena poprawności i czasu przesyłania SMSów będzie realizowana w urządzeniach PM5.

## Dalsza rozbudowa systemu AWP-IŁ

Unia Europejska i regulator nakładają na operatorów sieci telekomunikacyjnych, świadczących usługi w zakresie szeroko rozumianej komunikacji elektronicznej, obowiązek zapewnienia odpowiedniej jakości oraz regularnego publikowania wyznaczonych wskaźników. Wraz z rosnącą liczbą usług dostępnych w sieci rośnie jednak złożoność systemów kontrolno-pomiarowych i ich koszty, ponoszone w ostatecznym rozrachunku przez abonentów, a wskaźniki obrazujące jakość usług, zbierane przez różne podmioty, mają różne formy prezentacji i różną wiarygodność dla obserwatorów z zewnątrz. Od roku obserwuje się wzrost zainteresowania operatorów sieci telekomunikacyjnych współpracą z IŁ i UKE, dlatego Instytut przewiduje opracowanie ogólnokrajowego systemu diagnozowania i prognozowania właściwości komunikacji elektronicznej (do stosowania przez operatorów, MSWiA, UKE). Projekt ten dotyczy systemu (tworzonego na podstawie rozwiązania systemu AWP-IŁ), którego zadaniem będzie dostarczanie informacji o przeszłych, bieżących oraz prognozowanych właściwościach komunikacji elektronicznej, w tym jakości usług powszechnych oraz usług publicznie dostępnych, świadczonych z wykorzystaniem różnorodnych sieci telekomunikacyjnych. Praca obejmie koncepcję funkcjonalności systemu (w tym określenie badanych wskaźników, baz danych, oprogramowania analitycznego, narzędzi do modelowania), z uwzględnieniem wymagań prawnych i możliwości technologicznych, a także model systemu, zawierający rozwiązania układowo-programowe.

Opracowane rozwiązanie ma być źródłem wiarygodnej i porównywalnej informacji dla administracji państwowej w roli regulatora usług komunikacji elektronicznej, operatorów telekomunikacyjnych jako usługodawców oraz abonentów instytucjonalnych i indywidualnych, administracji państwowej i samorządowej – jako usługobiorców, a uzyskiwane dane pozwolą na ocenę stopnia wywiązywania się operatorów z nałożonych na nich zobowiązań, ocenę i porównanie jakości usług realizowanych przez różnych operatorów, prognozowanie jakości przy ilościowo-jakościowej rozbudowie sieci i powiększaniu zakresu świadczonych za jej pomocą usług.

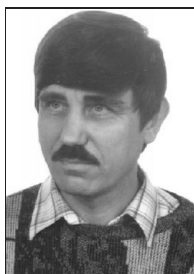
Informacje do projektowanego systemu będą dostarczały: systemy badaniowe z miernikami parametrów elektrycznych i przepływów logicznych w sieciach telekomunikacyjnych przewodowych i bezprzewo-

dowych, urządzenia systemowe sieci telekomunikacyjnych oraz programy testujące w inteligentnych terminalach abonenckich. Zakłada się, że zaprojektowany system zapewni długookresowe gromadzenie pozyskanych danych w specjalizowanej bazie danych, wizualizację długookresowych statystyk różnym upoważnionym odbiorcom w odpowiedniej i zróżnicowanej formie, a ponadto udostępnianie statystyk obciążeń sieci systemom symulacji przeciążeń i zagrożeń. Planuje się wykorzystanie zarówno istniejących u operatorów i w UKE systemów oraz narzędzi pomiarowych, jak i zakup takich urządzeń, zaprojektowanie oraz budowę modeli nowych rozwiązań, a także rozbudowę funkcjonalną rozwiązań istniejących.

## **Bibliografia**

- [1] Komunikaty UKE, [www.uke.gov.pl](http://www.uke.gov.pl)
- [2] *Rozporządzenie Ministra Łączności z dnia 9 kwietnia 1997 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ogólnych warunków świadczenia usług telekomunikacyjnych w sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego*. Dz.U., 1997, nr 39, poz. 238
- [3] *Wskaźniki jakości usług telekomunikacyjnych*, [www.uke.gov.pl](http://www.uke.gov.pl)

### **Paweł Godlewski**



Inż. Paweł Godlewski (1949) – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1973); długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1973); autor wielu prac konstrukcyjnych, współautor systemu oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IŁ i urządzeń serii TBA-IŁ, autor licznych publikacji naukowych; współautor wielu patentów; zainteresowania naukowe: systemy wizualizacji danych dla systemów telekomunikacyjnych, urządzenia sterowane programowo (procesorami) w telekomunikacji.  
e-mail: P.Godlewski@itl.waw.pl

### **Bogdan Chojnacki**



Inż. Bogdan Chojnacki (1951) – absolwent Wydziału Elektroniki Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy (1976); pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (1973–1978), kierownik Zakładu Telematyki w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Telekomunikacji w Warszawie (1978–1990), zastępca dyrektora w firmie telekomunikacyjnej wdrażającej pierwsze w kraju systemy billingowe (1990–1994), od 1994 r. w Instytucie Łączności w Warszawie pełnomocnik dyrektora ds. billingu i monitoringu, zastępca dyrektora ds. marketingu i wdrożeń, kierownik Ośrodka Badawczo-Wdrożeniowego Technik Informatycznych i Usług w Telekomunikacji, a obecnie kierownik Zakładu Zastosowań Technik Łączności Elektronicznej; współautor systemu oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IŁ i urządzeń serii TBA-IŁ; zainteresowania naukowe: systemy oceny sieci telekomunikacyjnych, systemy łączności dla służb publicznych i państwowych (w tym system TETRA).  
e-mail: B.Chojnacki@itl.waw.pl