

**TOMASZ KNYZIAK
WIESŁAW WINIECKI**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA
INSTYTUT RADIOELEKTRONIKI

Nowa koncepcja rozproszonego przyrządu wirtualnego wykorzystującego telefon komórkowy z wbudowaną maszyną wirtualną platformy Java 2 Micro Edition

Streszczenie

Telefonia komórkowa jest dynamicznie rozwijającą się dziedziną, a jej zastosowania wykraczają poza proste porozumiewanie się. Jednym z zastosowań jest monitoring i zdalne sterowanie systemami pomiarowymi, które można realizować wykorzystując między innymi nową technologię Java 2 Micro Edition (J2ME). W artykule dokonano porównania możliwości i ograniczeń systemów opartych o trzy różne mechanizmy: SMS, WAP oraz J2ME. Szczegółowo przedstawiono możliwości ostatniej z wymienionych technologii. Zaproponowano architekturę wirtualnego oscyloskopu wykorzystującego telefon z maszyną wirtualną J2ME; przedstawiono metody służące do realizacji systemu oraz jego ograniczenia.

Abstract

The article proposes an architecture of a distributed measuring system that uses Java 2 Micro Edition (J2ME) mobile phone as one of its elements. Significant advantages over SMS and WAP-based systems are presented. Capabilities and limitations of J2ME-based systems are shown and their best fitness for the purpose is manifested for foreseeable future

WPROWADZENIE

Coraz większe możliwości telefonów komórkowych systemu GSM sprawiają, że zaczyna się rozważać stosowanie ich w systemach innych, niż ściśle telekomunikacyjne. Rozwiązania takie, coraz ściślej związane z informatyką i innymi dziedzinami życia, rozwijają się obecnie bardzo dynamicznie. Jednym z nich jest stojące na styku techniki pomiarowej, telekomunikacji i informatyki zastosowanie telefonów komórkowych jako elementów rozproszonych systemów pomiarowych. W zdecydowanej większości takich systemów będą one pełnić podstawowe funkcje sterujące i prezentacyjne; w komunikacji pomiędzy nimi a urządzeniami pomiarowymi z reguły będzie pośredniczył serwer pomiarowy, tj. komputer, często podłączony do sieci Internet, interpretujący żądania odbierane od telefonu, uruchamiający pomiary, zbierający ich wyniki oraz odsyłający je w odpowiedniej postaci z powrotem do telefonu. Istotnym czynnikiem wpływającym na możliwości i ograniczenia zbudowanego we wspomniany sposób systemu będzie sposób komunikacji pomiędzy telefonem a serwerem. W artykule rozważono cechy systemów zbudowanych przy użyciu trzech różnych mechanizmów: SMS,

WAP oraz najnowszej technologii J2ME. Ze względu na fakt, że ostatnie z wymienionych rozwiązań niesie za sobą największe możliwości, zostaną one szczegółowo rozważone w dalszej części opracowania. Rozważania będą przeprowadzone na przykładzie projektu wirtualnego oscyloskopu, wyświetlającego na ekranie telefonu komórkowego przebiegi czasowe sygnałów pobrane z odległej lokalizacji. Ten sam projekt pozwoli określić ograniczenia platformy J2ME, mające decydujący wpływ na rodzaj realizowanych za jej pomocą rozproszonych systemów pomiarowych.

KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA ŚRODOWISKA JAVA 2 MICRO EDITION

Technologia Java została opracowana w 1996 roku przez pracowników firmy *Sun Microsystems* z Palo Alto w Kalifornii. Ideą przyświecającą twórcom była pełna przenośność programów pomiędzy różnymi platformami sprzętowymi. Aby można było taki cel osiągnąć, należało zrezygnować z kompilowania programów do postaci kodu maszynowego danego procesora; zamiast tego, programy są przekształcane do postaci pośredniej, która jest później interpretowana przez specjalne, zależne od platformy sprzętowej środowisko uruchomieniowe zwane wirtualną maszyną Javy.

Od czasów powstania technologii Java opracowano maszyny wirtualne dla wielu platform sprzętowych; z czasem okazało się, że nie wszystkie urządzenia są w stanie zapewnić programom napisanym w Javie identyczne warunki do wykonania, ze względu na moc procesora, dostępną pamięć, czy systemy wejścia/ wyjścia. Dlatego też zdecydowano się na rozbitcie technologii Java na trzy edycje: *Enterprise*, przeznaczoną dla dużych systemów informatycznych i serwerów; *Standard*, dla komputerów biurowych i domowych; wreszcie edycja *Micro* [2], przeznaczona dla najmniejszych systemów, takich jak moduły przemysłowe, telefony komórkowe i tym podobne. Wirtualna maszyna Javy wbudowana w takie urządzenie pozwala na uruchamianie na nim własnych aplikacji, nie wymagających ponownej kompilacji przy przenoszeniu pomiędzy platformami.

W ramach edycji *Micro* wyodrębnia się również tzw. konfiguracje i profile, tj. zbiory wymagań i pozwalających je spełnić bibliotek, zoptymalizowane pod kątem wykorzystania w danej klasie urządzeń. W szczególności, dla telefonów komórkowych i podobnego im przenośnego sprzętu telekomunikacyjnego opracowano konfigurację CLDC

(ang. *Connected Limited Device Configuration*) i profil MIDP (*Mobile Information Device Profile*) [4]. Dla uproszczenia, w dalszym ciągu nazwą *Java 2 Micro Edition* (J2ME) będzie określany jej podzbiór CLDC/ MIDP.

ROZPROSZONE SYSTEMY POMIAROWE WYKORZYSTUJĄCE TECHNOLOGIE SMS, WAP ORAZ J2ME

Rozważając możliwe sposoby komunikacji pomiędzy telefonem komórkowym a serwerem pomiarowym, można zaproponować wykorzystanie następujących mechanizmów:

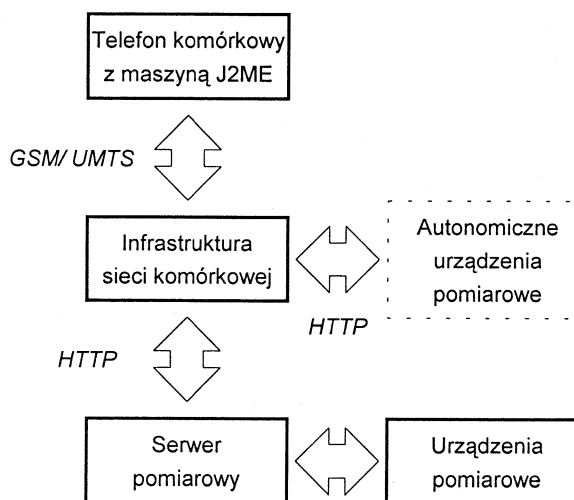
- Transmisja krótkich wiadomości tekstowych SMS. Mechanizm ten można wykorzystać do sterowania pomiarami i prezentacji ich wyników. [5]
- Transmisja danych poprzez protokół WAP. W tym wypadku sterowanie będzie polegało na wybraniu w przeglądarce WAP adresu odpowiednio skonfigurowanego serwera zwracającego wyniki w postaci kart języka WML. [3]
- Wykorzystanie wbudowanej w telefon (lub palmtop czy urządzenie typu PDA) maszyny wirtualnej platformy *Java 2 Micro Edition*; stworzona dla tego środowiska aplikacja może porozumiewać się z serwerem poprzez protokół HTTP [1], a wyniki pomiarów mogą być prezentowane w dowolnej postaci graficznej.

Pierwszy z systemów, pomimo koncepcyjnej prostoty, jest skomplikowany w praktycznej realizacji; wymaga zastosowania terminali GSM po obu stronach połączenia, a co za tym idzie - dostępności usług telefonii komórkowej w bezpośrednim pobliżu miejsca dokonywania pomiarów. Z tych samych powodów system jest drogi w eksploatacji przy jego dużym geograficznym rozproszeniu. Dodatkowymi problemami są trudności z uzyskiwaniem informacji zwrotnej po wysłaniu zapytania, jak również brak możliwości prezentacji danych w innej, niż tekstowa formie.

Wad tych w dużej mierze pozbawione jest rozwiązanie wykorzystujące technologię WAP. Dzięki wykorzystaniu sieci Internet można wykorzystać je do budowy bardzo rozległych systemów. Fakt przyjęcia bądź odrzucenia zapytania może być natychmiast sygnalizowany użytkownikowi. Tym niemniej mechanizm WAP nadal nie eliminuje niektórych wad systemu opartego o krótkie wiadomości - w dalszym ciągu strona prezentacyjna jest całkowicie przygotowywana po stronie serwera; wyświetlanie wyników w formie graficznej, choć możliwe, wymaga uzupełnienia serwera o moduł generowania obrazów w formacie WBMP.

Trzecia z wymienionych technik jest niewątpliwie najbardziej skomplikowana, lecz ma również największe możliwości. Telefon wyposażony w maszynę wirtualną J2ME pozwala na instalowanie i uruchamianie własnych programów; jak wszystkie aplikacje napisane w języku Java są one w pełni niezależne od platformy sprzętowej. W programach dla maszyny wirtualnej J2ME można korzystać z możliwości tworzenia połączeń z serwerami HTTP, obróbki otrzymanych danych i tworzenia na ich podstawie dowolnej, zarówno graficznej, jak i tekstowej reprezenta-

cji. Maszyna wirtualna Javy ma dodatkowo kilka interesujących z punktu widzenia tworzenia rozproszonych systemów pomiarowych możliwości, takich jak przechowywanie danych w nieulotnej pamięci telefonu czy automatyczne uruchamianie zadań o zaprogramowanej porze. Duży potencjał technologii J2ME uzasadnia zatem użycie jej do budowy rozproszonego systemu pomiarowego. Rys. 1 przedstawia ogólną architekturę takiego rozwiązania; należy zwrócić uwagę na fakt, że telefony komórkowe z wbudowaną maszyną wirtualną J2ME będą mogły współpracować z niektórymi przyrządami pomiarowymi (dysponującymi własnym połączeniem do sieci Internet i możliwościami obsługi żądań HTTP) z pominięciem serwera pomiarowego, za cenę znacznego rozbudowania aplikacji klienta.



Rysunek 1: Schemat architektury rozproszonego systemu pomiarowego wykorzystującego technologię J2ME

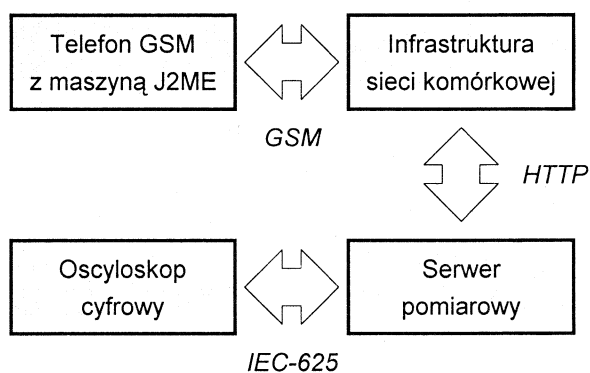
Na uwagę zasługuje kwestia dostępności technologii. Serwisy SMS i WAP są popularnymi elementami technologii komórkowej drugiej generacji w Europie; zaletą korzystania z systemów o nie opartych jest możliwość wykorzystania praktycznie dowolnego telefonu komórkowego; wadą - brak kompatybilności z urządzeniami wykorzystywanymi na innych kontynentach. Mechanizm J2ME jest jeszcze mało dostępny - wymaga korzystania z drogich, dopiero wchodzących na rynek terminali; tym niemniej specyfika technologii Java zapewnia pełną przenośność pomiędzy różnymi platformami sprzętowymi, dzięki czemu ta sama aplikacja klienta systemu pomiarowego będzie mogła być uruchomiana na telefonie komórkowym dowolnego standardu drugiej generacji, telefonie trzeciej generacji, palmtopie, urządzeniu typu PDA, module przemysłowym itd.

WIRTUALNY OSCYLOSKOP ZBUDOWANY PRZY UŻYCIU TECHNOLOGII J2ME

Możliwości platformy J2ME pozwalają na zbudowanie wielu różnorodnych rozproszonych systemów pomiarowych., w tym przyrządów wirtualnych. Jako przykład może posłużyć wirtualny oscyloskop, możliwość realizacji

którego zbadano przy użyciu symulatorów telefonów z maszyną wirtualną J2ME. W skład systemu wchodzi (rys. 2):

- Telefon komórkowy GSM z maszyną wirtualną J2ME oraz uruchomiona na nim aplikacja umożliwiająca zlecenie wykonania pomiarów i prezentację ich wyników (zwana dalej aplikacją klienta)
- Oscyloskop cyfrowy, mający możliwość podłączenia do komputera poprzez jeden ze standardowych interfejsów, takich jak IEC-625.
- Komputer pełniący rolę kontrolera urządzeń pomiarowych i jednocześnie serwera WWW przekazującego wyniki pomiarów do telefonu (zwany dalej serwerem pomiarowym).



Rysunek 2: Schemat architektury wirtualnego oscyloskopu wykorzystującego serwer pomiarowy i telefon GSM/ J2ME

Zakłada się przy tym, że operator telefonii komórkowej udostępnia usługę tworzenia połączeń pomiędzy telefonem a siecią Internet. Wirtualny oscyloskop pracuje według następującego schematu:

- Użytkownik instaluje w swoim telefonie aplikację klienta; instalacja ta może polegać na pobraniu z sieci Internet pliku w odpowiednim formacie lub przegraniu z komputera stacjonarnego np. za pośrednictwem portu szeregowego. Od tej chwili użytkownik może korzystać z aplikacji w wybranym przez siebie czasie.
- Uruchomiona aplikacja nawiązuje połączenie z serwerem pomiarowym, przekazując mu jednocześnie ustawienia, jakie mają być wykorzystane przy przeprowadzaniu pomiarów (np. okres czasu przypadający na działkę ekranu). Połączenie takie z reguły będzie miało postać zapytania typu GET lub POST protokołu HTTP.
- Wykorzystując dostarczone przez aplikację klienta dane, serwer zleca wykonanie pomiaru; odebrany wynik przekształca na ciąg liczb reprezentujący kolejne próbki sygnału. Po dodatkowej obróbce (np. przekształceniu na liczby całkowite czy uśrednieniu za kilka realizacji) przesyła do aplikacji klienta.
- Aplikacja klienta odbiera dane, w razie potrzeby poddaje je dodatkowemu przetworzeniu (np. skalowaniu) i na ich podstawie tworzy na wyświetlaczu telefonu wykres reprezentujący badany przebieg.

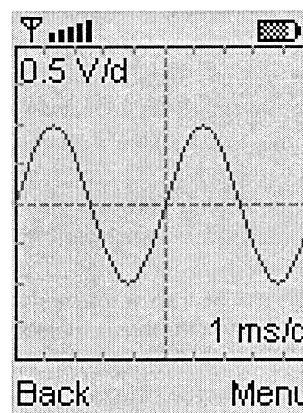
Charakterystyczną dla zaproponowanej architektury jest centralna rola serwera pomiarowego; uruchomione na nim aplikacje są odpowiedzialne za sterowanie sprzętem, za przetwarzanie wyników pomiarów i ich publikację poprzez protokół HTTP. Podobne zadania spełnia serwer

systemu wykorzystującego mechanizm WAP, tym niemniej możliwości dodatkowej obróbki danych przez telefon wyposażony w maszynę wirtualną J2ME przesuwają środek ciężkości systemu w stronę aplikacji klienta. Środowiskami umożliwiającymi stworzenie aplikacji serwera są m.in. pakiet *National Instruments LabVIEW* (wyposażony we własny serwer HTTP oraz bogate możliwości komunikacji z przyrządami pomiarowymi) lub pakiet *Java 2 Enterprise Edition* (wraz z serwerem HTTP *Tomcat* oraz bibliotekami do obsługi portu szeregowego i kart IEC-625).

Na uwagę zasługuje możliwość stosowania technologii Java zarówno po stronie klienta, jak i serwera aplikacji. Zalety programów napisanych w tym języku, takie jak niezależność od platformy i łatwy w rozbudowie obiektowy charakter, bezpośrednio przekładają się na ich niski koszt i krótki czas wdrażania.

Dużą zaletą technologii J2ME jest możliwość uruchamiania programów w telefonie nie mającym połączenia z siecią; w takim przypadku aplikacja może korzystać z danych zapisanych w nieulotnej pamięci telefonu; co więcej, dzięki możliwościom czasowego uruchamiania zadań w tle, aplikacja może bez ingerencji użytkownika próbować pobierać z serwera aktualne dane i prezentować je w wybranej przez niego chwili.

Stanowiące o dużej przewadze J2ME nad technologią WAP możliwości graficzne pozwalają w praktyce na stworzenie odwzorowania typowego ekranu oscyloskopu - z podziałkami w dziedzinie czasu i napięcia oraz legendą określającą konfigurację kanałów i rozdzielczości (rys. 3). W dość dowolny sposób można zaprogramować mechanizmy służące do zmian ustawień - począwszy od prostego wyboru z listy tekstowej, aż po sterowanie klawiaturą telefonu obrazem kontrolki znany ze zintegrowanych środowisk pomiarowych. Należy jednak pamiętać, że ze względu na niewielkie rozmiary wyświetlaczy dzisiejszych telefonów z reguły na ekranie będzie się umieszczać pojedynczą kontrolkę, a przechodzenie pomiędzy kolejnymi ekranami będzie można realizować za pomocą klawiszy funkcyjnych. Tak silne ograniczenie liczby wyświetlanych jednocześnie kontrolki nie będzie obowiązywało dla telefonów o dużych wyświetlaczach, palmtopów itp.



Rysunek 3: Ekran wirtualnego oscyloskopu zrealizowanego za pomocą emulatora telefonu z maszyną wirtualną J2ME

OGRANICZENIA ROZPROSZONYCH SYSTEMÓW POMIAROWYCH WYKORZYSTUJĄCYCH PLATFORMĘ J2ME

Duże możliwości platformy J2ME idą w parze z kilkoma ograniczeniami, które nie pozwalają na tworzenie dowolnego rodzaju rozproszonych systemów pomiarowych. Najistotniejszymi przeszkodami są:

- Niewielka szybkość działania systemu. Poza niemożliwymi do wyeliminowania opóźnieniami związanymi z fizycznym pomiarem istnieją inne, takie jak czas odbioru danych przez telefon i czas tworzenia graficznej reprezentacji danych. Z badań nad przykładową aplikacją wynika, że łączne opóźnienia wynikające tylko z zastosowania technologii J2ME (bez uwzględnienia czasu fizycznego pomiaru i zestawiania połączenia pomiędzy serwerem a telefonem) wynoszą ok. 700 ms.
- Niewielka pojemność pamięci dostępnej dla aplikacji klienta. W rozpatrywanej wersji, maszyna wirtualna J2ME ma do swojej dyspozycji od 160 do 512 kB pamięci; nie jest zatem możliwe przechowywanie dużej ilości danych (w szczególności – dużej liczby próbek sygnału) w celu ich późniejszego wykorzystania. Oznacza to, że aplikacja klienta będzie musiała dość często wymieniać dane z serwerem pomiarowym.
- Brak obsługi liczb i operacji zmiennoprzecinkowych; cecha ta dość poważnie ogranicza możliwości przetwarzania danych liczbowych po stronie klienta. W niektórych zastosowaniach rozwiązaniem tego problemu może być wykonywanie obliczeń na dużych liczbach całkowitych reprezentujących wielokrotność ustalonego kwantu.
- Ograniczenia protokołu HTTP; w bieżącej wersji platformy J2ME protokół ten jest jedynym sposobem komunikacji ze światem zewnętrznym. Jako bezstanowy protokół działający według paradygmatu żądanie-odpowiedź uniemożliwia on często spotykaną w systemach pomiarowych asynchroniczną wymianę rozkazów i potwierdzeń. Tym niemniej nie jest wykluczone, że w kolejnych edycjach technologii J2ME pojawią się mechanizmy umożliwiające taką wymianę (np. tworzenie gniazd sieciowych do komunikacji w obie strony)

Wymienione ograniczenia praktycznie determinują rodzaj systemów pomiarowych, w których technologia J2ME może być wykorzystana. Będą to zatem przyrządy wirtualne i systemy monitoringu (nie wymagające pracy w czasie rzeczywistym), nie wymagające dużego nakładu obliczeniowego po stronie klienta lub przesyłania dużej ilości danych pomiędzy klientem a serwerem; ze względu na brak możliwości wykorzystania asynchronicznych potwierdzeń, czas fizycznego pomiaru powinien być znikomo krótki (aplikacja klienta jest zablokowana aż do czasu uzyskania odpowiedzi lub wystąpienia błędu połączenia). Wreszcie, jeżeli wynik pomiaru jest opisywany liczbami zmiennoprzecinkowymi, należy przetworzyć go do postaci możliwej do przetwarzania za pomocą arytmetyki całkowito-liczbowej.

PODSUMOWANIE

Platforma J2ME jest nowym i jednocześnie bardzo obiecującym narzędziem tworzenia aplikacji klientów rozproszonych systemów pomiarowych. System taki w ogólności będzie składał się z urządzenia wyposażonego w maszynę wirtualną J2ME (telefonu komórkowego GSM lub UMTS, palmtopa, urządzenia typu PDA lub innych), urządzeń pomiarowych i sterującego całością komputera. Dzięki możliwościom maszyny wirtualnej Javy można łatwo realizować systemy zdalnego monitoringu stosunkowo wolno zmiennych wielkości, a wyniki pomiarów przedstawiać w dowolnej formie i zapamiętywać do dalszego wykorzystania. Możliwe jest również automatyczne uruchamianie pomiarów o zaprogramowanej porze. Wszystkie te cechy, wraz z uniwersalnością i przenośnością technologii J2ME decydują o przewadze stosowania tej techniki nad wykorzystywaniem systemów WAP i SMS.

LITERATURA

1. Berners-Lee, T., Fielding R., Frystyk H.: *Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.0*, RFC 1945, <http://www.ietf.org/rfc/rfc1945.txt>, 1996.
2. „*J2ME Frequently Asked Questions*”, *Sun Wireless Solutions CD*; Sun Microsystems, Palo Alto, CA, 2001.
3. Kuran A., Łukaszewski R., Winiecki W.: *Wykorzystanie telefonii komórkowej oraz technologii WAP i ASP do zdalnego sterowania systemem pomiarowym*. Mat. V Szkoły – Konferencji „Metrologia Wspomagana Komputerowo – MWK'2001, Warszawa/ Rynia, 21-24 maja 2001, str. 247-254
4. „*MID Profile API Documentation*”, *J2ME Wireless Toolkit 1.0*; Sun Microsystems, Palo Alto, CA, 2001.
5. Niedostatkiwicz M.: *Rozproszony system pomiarowy oparty na transmisji wiadomości tekstowych (SMS) w sieciach telefonii komórkowej GSM- stanowisko laboratoryjne*. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, Elektryka, z.98, Nr 886/ 2001, str. 183-189, 2001.

Artykuł recenzowany.