

# Wykorzystanie technologii VoIP w sterowaniu instalacjami inteligentnego budynku

Marek Horyński

## Wstęp

Po ponad 130 latach od wynalezienia telefonu nie wyobrażamy sobie życia bez tego urządzenia. Znaczną rolę w tej dziedzinie odgrywa dzisiaj technologia GSM, telefonia komórkowa, która opanowała kraje rozwinięte, a sprzedaż telefonów komórkowych wciąż rośnie. Wraz z nowoczesnym komórkowym aparatem telefonicznym użytkownik otrzymuje szereg aplikacji, które umożliwiają na przykład wykonywanie obliczeń, rysowanie, edycję tekstów oraz korzystanie z Internetu. Jego główne zadanie i idea pracy pozostała taka sama, zmieniło się tylko medium transmisji. Pomimo wielu zalet technologii GSM ma ona też wady. Pierwszą i najważniejszą jest dosyć znaczny koszt połączeń, przynajmniej pomiędzy różnymi operatorami telefonii komórkowej cena jednej minuty jest nadal wysoka w porównaniu z telefonią stacjonarną. Dlatego też telefonia stacjonarna nie dała się jeszcze całkowicie wyprzeć urządzeniom mobilnym. Szczególnie tam gdzie wykonywanych jest dużo połączeń do różnych sieci (m.in. połączenia zagraniczne) jedynym konkurentem telefonii stacjonarnej opartej o klasyczne sieci telefoniczne jest telefonia internetowa oparta o protokoły VoIP. Technologia VoIP (*Voice over Internet Protocol*) pozwala na przesyłanie dźwięku i obrazu na żywo w obrębie budynku, łącząc dowolne urządzenia, które ją wykorzystują.

Dzisiejsze domy są wyposażone nie tylko w tradycyjną instalację elektryczną, ale też w systemy zarządzania urządzeniami, zdalnie i samodzielnie, bez ingerencji człowieka. Budynek inteligentny to nie tylko system automatyki oparty o nowoczesne rozwiązania, ale też informatyczna platforma, która wykorzystuje wydajne komputery i zarządzanie bazami danych.

## Telefonia internetowa w systemach zarządzania budynkiem

Szybki postęp, jaki dokonuje się w technice mikroprocesorowej, informatyce i w telekomunikacji, powoduje, że również w tradycyjnych instalacjach elektroenergetycznych pojawiają się odmienne podejścia do zagadnień sterowania, nadzoru i zabezpieczeń. Telefonia internetowa jest jednym z takich rozwiązań. Usługa ta umożliwia użytkownikom komunikację głosową za pośrednictwem sieci Internet.

Aby z niej skorzystać, użytkownik musi posiadać:

- zasoby sprzętowe;
- oprogramowanie w postaci aplikacji uruchamianej przez użytkownika na komputerze, która jest niezbędna do prowadzenia rozmów przy wykorzystaniu telefonii internetowej, gdy użytkownik nie dysponuje innymi zasobami sprzętowymi.

**Streszczenie:** Niniejszy artykuł dotyczy zagadnienia komunikacji między człowiekiem a inteligentnym budynkiem. Użytkownicy systemów automatyki budynkowej coraz częściej zwracają uwagę na możliwość ich połączenia w ramach BMS (*Building Management System*) oraz z dużą liczbą urządzeń znajdujących się w otoczeniu budynku. Taką integrację można zrealizować również dzięki cyfrowej technologii przesyłania sygnału VoIP. Usługi telefonii internetowej w technologii VoIP umożliwiają zbudowanie sieci urządzeń opierających swoje działanie o sieć internetową.

Słowa kluczowe: interaktywny, inteligentny budynek, sterowanie, multimedia, VoIP.

## THE USE OF VOIP TECHNOLOGY IN THE INTELLIGENT BUILDING CONTROL SYSTEMS

**Abstract:** *This article concerns the problem of interaction between humans and intelligent building. Today's houses are no longer just the traditional wiring, but the remote device management systems, independently and without human intervention. The building is not only intelligent automation systems based on innovative solutions, but also the IT platform, which is based on high-performance computers and database management. Ability to communicate with him using VoIP technology seems to be an interesting alternative for users.*

Keywords: *interactive, intelligent building, VoIP, energy management, control.*

Usługi telefonii internetowej są realizowane dwiema metodami:

- pierwsza z nich to zestawianie bezpośrednich połączeń głosowych pomiędzy urządzeniami końcowymi lub aplikacjami użytkownika (komunikacja typu *peer-to-peer*). W metodzie tej zestawianie, utrzymanie i rozłączanie połączenia przebiega bez pośrednictwa serwerów telefonii internetowej;
- druga metoda wykorzystuje dedykowane serwery telefonii internetowej, za pomocą których dostawcy usług telekomunikacyjnych świadczą je użytkownikom.

Obecnie stosowane rozwiązania telefonii VoIP można podzielić na:

- otwarte, bazujące na standardowych protokołach, takich jak H.323, SIP i inne;

- zamknięte, takie jak np. Skype, których specyfikacja nie została opisana w opublikowanych dokumentach standaryzacyjnych.

Stosowane przez operatorów rozwiązania zamknięte zmuszają użytkowników do korzystania ze specjalnego oprogramowania oraz urządzeń, których wytwarzanie jest objęte licencją.

## Przekaz mowy i obrazu w sieciach IP

### Protokoły VoIP

Koncepcja przesyłania głosu poprzez sieci komputerowe narodziła się wraz z pierwszymi komputerami osobistymi i początkiem Internetu.

Obecnie jest stosowanych kilkanaście protokołów przesyłania dźwięku po sieciach komputerowych. Najbardziej godne uwagi to:

- SIP (ang. *Session Initiation Protocol*) protokół inicjacji sesji został zatwierdzony przez IETF w lutym 1996 roku. Początkowo rysy protokołu nie przypominały protokołu znanego dzisiaj, prace nad nim trwały do 1999 roku, kiedy to powstał standard SIP RFC 2437. Początkowo był ignorowany i traktowany raczej jak ciekawy pomysł, ale bardzo szybko się rozwinął i zdetronizował H.323. Protokół ten jest dziś najpowszechniej wykorzystywanym protokołem VoIP. Bardzo dobrze współpracuje z tym protokołem oprogramowanie Asterisk. SIP jest powszechnie uważany za jeden z prostszych protokołów, można nim transmitować także wideo, muzykę i innego rodzaju dane. Bezpieczeństwo może być zagwarantowane poprzez autoryzację z użyciem klucza MD5.
- IAX (ang. *Inter Asterisk Exchange*) został stworzony w celu wymiany pakietów pomiędzy serwerami Asterisk. Protokół ten używa pojedynczego portu UDP nr 4569, przez co nie ma tylu problemów z przejściem przez NAT (*Network Address Translation*) co SIP. Dużą zaletą tego protokołu jest możliwość przesyłania w jednym pakiecie danych z wielu równoczesnych rozmów telefonicznych, zmniejsza to opóźnienia i nie wymaga tak dużego pasma. Autentykacja możliwa na 3 sposoby: klucz tekstowy, MD5 i klucz RSA.
- H.323 został opracowany przez International Telecommunication Union w maju 1996 roku. Miał być protokołem wideokonferencji pozwalającym transmitować głos obraz i dane, a także faksy. H.323 stał się standardem w urządzeniach do telekonferencji i pomimo utraty pozycji najczęściej stosowanego protokołu wśród użytkowników końcowych nadal powszechnie jest stosowany wśród dostawców usług VoIP.

W procesie transmisji strumieni audio biorą udział również kodeki. Najpopularniejsze z nich to: G.711, G.726, GSM, iLBC, Speex, MP3, MP4. Głównym problemem przy transmisji głosu w sieciach komputerowych jest konieczność jej realizacji w czasie rzeczywistym. Początkowo sieć ta miała spełniać inne cele i zadania. Pierwsze sieci miały służyć wojsku, a ich głównym atutem miała być jak największa odporność na zniszczenie pewnych jej odcinków. Kładziono przede wszystkim nacisk na niezawodność sieci, pakiety danych wysłane z jednego miejsca miały trafić do adresata. Priorytetem było dostarczenie pakietu bez względu na czas i drogę. Te założenia były stawiane u podstaw powstania sieci komputerowych. Transmisja danych w sieciach komputerowych odbywa się zgodnie z pewną hierarchią.

Wszystko to, co chcemy przesłać, dzielone jest na tzw. pakiety i wysyłane jeden po drugim. Jest to odmiennie zrealizowane niż w rzeczywistej mowie, gdzie głos trafia do słuchacza w czasie rzeczywistym praktycznie bez opóźnień. Wypowiadane słowa trafiają do odbiorcy w tej samej kolejności, nie ma opóźnień pomiędzy konkretnymi sylabami, nie są one poprzestawiane w czasie. Wynika to ze sposobu rozchodzenia się dźwięku w powietrzu.

W chwili, kiedy urządzenie wyśle pakiet, nie ma już wpływu na to, jak ten pakiet będzie się poruszał wewnątrz sieci. Jego podróż zależy od wielu czynników. Nikt nie jest w stanie w 100% określić, jak długo zajmie dotarcie i czy w ogóle pakiet dotrze do celu. Z tego względu pakiety mogą dojść do odbiorcy w innej kolejności niż były wysyłane, niektóre z pakietów mogą się zgubić i odbiorca musi zażądać retransmisji pakietu. Niestety wszystkie czynności wykonywane z pakietami po stronie odbiorcy powodują dodatkowe opóźnienia, co dla transmisji w czasie rzeczywistym jest krytyczne. Oczywiście można odtworzyć strumień audio bez korekcji, ale jakość sygnału ulegnie znacznemu pogorszeniu. Pomimo tak wielu trudności programiści i naukowcy zajmujący się tym problemem wypracowali wspólnie rozwiązania pozwalające na transmisję strumieni audio w zadowalającej jakości. Nie bez znaczenia jest również fakt, że sieci komputerowe (przede wszystkim Internet), jak i sposoby dostępu do nich są coraz szybsze.

Kodeki biorące udział w procesie transmisji strumieni audio są modelami matematycznymi służącymi do cyfrowego zakodowania i kompresji danych o dźwięku. Przede wszystkim polega ona na pewnym sposobie zapisu informacji tak, aby zmniejszyć redundancję, czyli również objętość zbiorów. Kompresja dzieli się na bezstratną, w której z postaci skompresowanej można odzyskać identyczną postać pierwotną, oraz stratną, w której takie odzyskanie jest niemożliwe. W kodowaniu sygnałów dźwiękowych najczęściej wykorzystuje się kompresję stratną. Najciekawsze kodeki to:

- G.711 rekomendowany przez sektor normalizacji telekomunikacji, międzynarodowy standard modulacji sygnałów mowy w kanałach o prędkości transmisji do 64 kbit/s.
- G.726 stosuje modulację impulsowo-kodową, technikę kodowania (PCM). Najczęściej wykorzystywane są kodowania z szybkościami 16, 24 i 32 kbit/s.
- GSM jest implementacją jednego ze standardów kodowania i dekodowania głosu w systemie telefonii GSM. Charakteryzują się one niskimi wymaganiami związanymi z prędkością transmisji, przy akceptowalnej jakości zakodowanej mowy, oraz stosunkowo niewielką złożonością obliczeniową potrzebną do kodowania dźwięku.
- iLBC (*Internet Low Bit Rate Codec*) jest kodekiem przeznaczonym do połączeń o małej przepustowości. Jest to jeden z kodeków używanych przez Skype.
- MP3 jest to jeden z najbardziej znanych kodeków, używa się go przede wszystkim do kompresji dźwięku, postrzegany jako internetowy format plików muzycznych. Pliki tego formatu mają również rozszerzenia mp3. Dzięki użyciu modelu psychoakustycznego dźwięku umożliwia dużą kompresję dźwięku. Model ten zakłada, że najlepiej słyszymy dźwięki w granicach 2–4 kHz i im częstotliwość bardziej odbiega od

tego pasma tym gorzej ją słyszymy. Wynika z tego, że częstotliwości skrajne mogą zostać zapisane z dużo mniejszą dokładnością bez wielkich strat na jakości. Kodek ten pozwala na zapis dźwięku w bardzo szerokim zakresie kompresji.

Przekazy mowy i obrazu w sieciach IP realizowane są w czasie rzeczywistym. Wymagają zapewnienia odpowiedniego poziomu jakości usługi. Dane muszą dotrzeć do miejsca przeznaczenia w określonym czasie. Narzuca to wysoką jakość przepustowości oraz priorytetowe traktowanie danych głosowych w sieci transmisyjnej. Zbyt mała przepustowość powoduje utratę części informacji i związane z tym pogorszenie jakości przekazu.

Sieć transmisyjna musi zapewnić minimalne wymagane natężenia strumienia danych, czyli przepływność dla usług VoIP, lub zapewnić dla nich odpowiednie priorytety ruchu.

Przepływność oblicza się z zależności:

$$K = V_{\log_2}(n)$$

gdzie:

$V$  – oznacza szybkość generowania znaków w bodach;

$n$  – oznacza wartościowość sygnału, np. 2 dla sygnału binarnego.

Reguluje to QoS (*Quality of Service*), który jest zbiorem mechanizmów zapewniających dostarczenie przewidywalnego poziomu jakości usług sieciowych, poprzez zapewnienie określonych parametrów transmisji danych, w celu osiągnięcia satysfakcji użytkownika.

W usługach technologii VoIP istotny jest również proces przekształcenia sygnału mowy na postać dogodną do transmisji w sieci IP. Składa się on z następujących elementów:

- konwersja sygnału do postaci cyfrowej;
- kompresja;
- pakietyzacja i kolejkovanie w nadajniku;
- buforowanie;
- depakietyzacja;
- dekompresja i konwersja do postaci analogowej w odbiorniku.

Wprowadza to określone opóźnienie, które z opóźnieniem transmisyjnym określa opóźnienie całkowite dla aplikacji VoIP. W celu podniesienia jakości połączenia sygnał mowy może być poddawany dodatkowym zabiegom, które wpływają na wyeliminowanie echa oraz ciszy i oszczędzają dostępną przepustowość.

Użytkownicy telefonii IP różnicują jej jakość za pomocą dwóch czynników:

- jakości odbieranego głosu;
- opóźnienia w dwustronnej konwersacji.

Dzięki wykorzystaniu do transmisji sieci z protokołem IP można wykluczyć zbędne połączenie ciągłe i wymianę informacji w sieci, gdy rozmówcy milczą.

Obecnie znana jest już powszechnie sieć PSTN (*Public Switched Telephone Network*), czyli publiczna przełączalna sieć telefoniczna. Sygnały telefoniczne transmitowane tą siecią są sygnałami analogowymi o częstotliwościach zawierających się w przedziale od 300 do 4000 Hz. Linia jest zwykłym obwodem elektrycznym otwieranym i zamykanym poprzez podniesienie i odłożenie słuchawki. Kiedy słuchawka jest odłożona, na zaciskach telefonu przyłożone jest stałe napięcie około 48 V,

zasilanie odbywa się od strony centrali. W przypadku, kiedy ktoś wybrał numer abonenta, centrala zmienia napięcie trafiające na zaciski telefonu z 48 V napięcia stałego na około 90 V napięcia przemiennego. To powoduje, że telefon zaczyna dzwonić lub daje inne sygnały w zależności od konstrukcji. Podczas rozmowy lub kiedy podnoszona jest słuchawka, obwód linii telefonicznej odbiorcy rozmowy zostaje zamknięty, napięcie spada [3].

Instalacja inteligentnego budynku daje użytkownikowi wiele możliwości, lecz najważniejszymi funkcjami są energooszczędność, bezpieczeństwo, łatwa kontrola całego systemu i urządzeń podłączonych do niego oraz komfort użytkownika. Bardzo ważne jest zarządzanie tymi funkcjami, łatwy w obsłudze interfejs i szybki dostęp do potrzebnych usług. Zdalne zarządzanie to właśnie prosty dostęp do wszystkich funkcji danego budynku.

Tradycyjna instalacja pozwala na zastosowanie zdalnego sterowania na przykład poprzez port podczerwieni, ale tylko w pojedynczych przypadkach (sterowanie oświetleniem) takiego sterowania wymagane są dodatkowe elementy niewchodzące w standardowy zakres konwencjonalnej instalacji. Użytkownik nie ma możliwości sterowania wieloma funkcjami z jednego urządzenia, a tym bardziej z dalszych odległości, na przykład będąc w pracy.

Wielką zaletą inteligentnej instalacji jest zintegrowanie wszystkich funkcji i możliwość zarządzania nimi za pomocą jednego urządzenia przenośnego. Użytkownik inteligentnego budynku za pomocą pilota z portem podczerwieni może sterować jednocześnie gniazdami 230 V (czyli urządzeniami takimi, jak lampa pokojowa, ekspres do kawy) oraz oświetleniem w poszczególnych pomieszczeniach lub tzw. scenami świetlnymi. Do wykorzystania ma również pilota z mniejszą ilością funkcji, który może służyć do sterowania bramą wjazdową, bramą do garażu i oświetleniem na zewnątrz.

Jedną z najważniejszych funkcji zdalnego zarządzania jest możliwość monitorowania stanu całej instalacji inteligentnego budynku z większych odległości. Dzięki sterowaniu temperaturą w konkretnych pomieszczeniach inteligentnego budynku za pomocą iPhone'a lub notebooka użytkownik może zaoszczędzić energię wykorzystywaną w mieszkaniu. Zdalne zarządzanie znacząco zwiększa również bezpieczeństwo dzięki możliwości przesyłania aktualnego obrazu z kamer IP zainstalowanych na budynku, jednocześnie umożliwiając kontrolę dostępu do całej posesji.

Dzięki temu, iż obie technologie, tj. KNX oraz VoIP, połączone są ze sobą poprzez lokalny komputer, mamy możliwość ich programowej obsługi oraz – co ważniejsze – ich programowo sterowanej współpracy. Komputer sterujący oraz oprogramowanie sterujące może korzystać ze wszystkich zalet nowoczesnych rozwiązań technologicznych oraz programowych. Można tu wskazać takie technologie, jak bezprzewodowe sieci komputerowe Wi-Fi, globalną sieć Internet, bazy danych, internetowe serwisy, np. pogodowe czy informacyjne, programowe, syntezatory mowy, programy rozpoznające mowę oraz wiele innych.

Dostęp do systemu inteligentnego budynku można mieć zarówno przez telefon tradycyjny, jak i przez nowoczesną technologię VoIP. Jeśli do telefonicznego zarządzania systemem zamierza się wykorzystywać klasyczne sieci telefoniczne, to



dedykowany numer telefoniczny możemy mieć w technologii VoIP już za niewielką cenę lub nawet za darmo. Niestety tego numeru nie można byłoby użyć do podłączenia bramki telefonicznej, która wymaga do działania podłączenia do klasycznej linii.

Również technologia GSM jest wspierana przez system Asterisk. Możemy użyć specjalnej bramy GSM i korzystać z dwukierunkowej komunikacji w tym standardzie, jeśli tylko zajdzie taka konieczność. Należy również wspomnieć o walorach bezpośredniej komunikacji technologii VoIP niezależnie od tego, gdzie się znajduje rozmówca, wszystkie połączenia do systemu Asterisk wykonywane poprzez ten protokół są darmowe.

Dzięki programowemu sterowaniu pracą obu systemów można integrować również inne rozwiązania programowe.

W sterowaniu ogrzewaniem i klimatyzacją można wykorzystać dane, które pochodzą z serwisów internetowych, np. serwisów pogodowych. W przypadku nagłych zmian pogody czy nawet innych niebezpiecznych sytuacji niezwiązanych z pogodą system może bezpośrednio głosowo poinformować o tym fakcie swoich użytkowników. Może to zrobić w dwojaki sposób: za pomocą wcześniej nagranych plików dźwiękowych lub tekstu przetworzonego przez syntezytor mowy. Z oprogramowaniem Asterisk współpracuje syntezytor mowy pod nazwą Festival. System KNX może w ten sposób informować o swoich działaniach, np. o uruchomieniu klimatyzacji, o stanie instalacji czy o nieautoryzowanym wtargnięciu do budynku. Bardzo łatwo można zrealizować funkcję, w której system automatycznie będzie wykonywał połączenie do użytkownika i informował go o jakimś zdarzeniu, wykrytej usterce lub o jakiegokolwiek innej sytuacji. Zależy to wyłącznie od potrzeb użytkowników. W sterowaniu można również korzystać z informacji zgromadzonych w bazie danych programu Asterisk, w której zapisane są wszystkie dane połączeń przychodzących do i wychodzących z systemu.

Przez programowe połączenie systemu Asterisk z instalacją inteligentnego budynku sterowaną magistralą KNX otrzymuje się nowe możliwości i nową funkcjonalność. System Asterisk jest w pełni programowalną centralą VoIP, dzięki której uzyskuje się wewnętrzną sieć telefoniczną integrującą wszystkie nowoczesne rozwiązania telekomunikacyjne. Można z nią połączyć zarówno klasyczne linie telekomunikacyjne, jak i telefonię komórkową. Wszystko, co się dzieje się w centrali, można programowo kontrolować, można komunikować się z użytkownikiem, odtwarzając mu wcześniej przygotowane pliki dźwiękowe i oczekując od niego wejścia poprzez wybranie numeru na klawiaturze telefonu. Asterisk umożliwia uruchamianie skryptów w swoim środowisku, dzięki czemu jest możliwość wprowadzenia dodatkowej logiki do obsługi połączeń.

Inną bardzo ciekawą funkcją, którą można w prosty sposób zaimplementować w systemie, jest funkcja rozpoznawania mowy ludzkiej.

### Aplikacja VOIP2KNX

W ramach badań komunikacji z systemem budynkowym napisano, w języku programowania wysokiego poziomu Java, aplikację komputerową [1, 2, 4]. Uruchamia się ją pod kontrolą systemu operacyjnego Windows. Do prawidłowego urucho-

mienia potrzebuje specjalnego oprogramowania pełniącego rolę środowiska uruchomieniowego pod nazwą „Java Runtime Environment” w skrócie JRE. Środowisko JRE można pobrać za darmo ze strony firmy SUN. Posiadając wszystkie te elementy, można uruchomić aplikację VOIP2KNX. Opiera ona swoje działanie na współpracy i pośredniczeniu w wymianie informacji pomiędzy dwoma kompletnie różnymi systemami, dlatego aby w pełni wykorzystać jego funkcjonalność, należy również dysponować dostępem do nich.

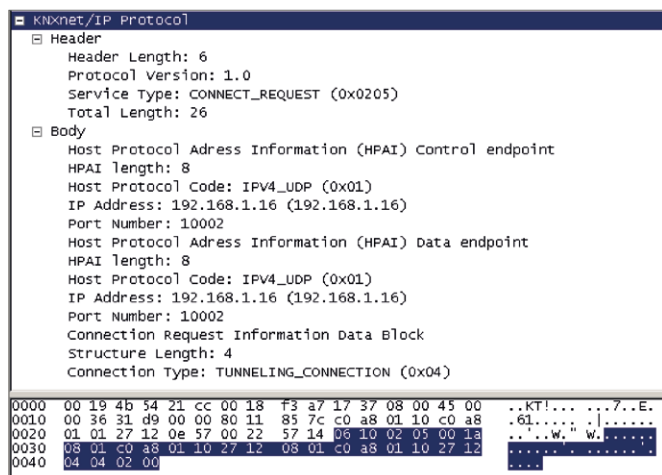
Pierwszy z systemów to oczywiście sieć telefonii internetowej oparta fizycznie na sieci komputerowej i pracująca pod kontrolą oprogramowania Asterisk. Oprogramowanie to musi zostać wcześniej odpowiednio skonfigurowane. Dla uproszczenia konfiguracji przyjęto, że do sterowania magistralą KNX będą wykorzystane tylko i wyłącznie numery 4-cyfrowe. Główny plik konfiguracyjny Asteriska pod nazwą extensions.conf został tak skonfigurowany, że każde wybranie 4-cyfrowego numeru przez któregokolwiek z użytkowników wywołuje funkcję przesyłającą ten numer do aplikacji. Na podstawie tej informacji program decyduje, co dalej ma wykonać. Z aplikacją Asterisk komunikujemy się poprzez jej API (*Asterisk Program Interface*). Należy znać login, hasło oraz adres, pod jakim znajduje się otwarty port protokołu API Manager Protocol. Zazwyczaj jest to port nr 5038. Maszyna, na której zainstalowany będzie Asterisk, może znajdować się w sieci lokalnej lub zewnętrznym w Internecie. Jako adresu można użyć zarówno adresu IP, jak i domeny internetowej.

Drugą częścią systemu jest instalacja inteligentnego budynku wykorzystująca magistralę KNX do sterowania jej elementami. Magistrala musi być już odpowiednio połączona i skonfigurowana [5]. Musimy również znać adresy grupowe urządzeń, którymi chcemy sterować, oraz sposób ich sterowania. Informacje te będą potrzebne podczas konfiguracji działania programu. Komunikacja z magistralą z zewnętrzną siecią odbywa się poprzez bramę IP. Wykorzystuje ona do tego celu protokół sieciowy KNXnet/IP.

Podczas swojej pracy wszystkie elementy systemu muszą być włączone przez cały czas. Działanie programu polega na odbieraniu sygnałów od serwera rozmów Asterisk i przekazywaniu ich jako rozkazów do magistrali KNX. Użytkownicy tego systemu mogą to zrobić bezpośrednio, np. skonfigurować aplikację w ten sposób, aby po wybraniu 4-cyfrowego numeru, np. 1111, któraś ze sterowanych przez użytkownika opraw rozjaśniła się do 75%, lub użyć przygotowanego wcześniej IVR (ang. *Interactive Voice Response*), który poprowadzi głosowo przez sterowanie urządzeniami. Skrót ten oznacza interaktywną obsługę osoby dzwoniącej, a usługa ta dostępna jest pod numerem 9999 systemu.

Działanie aplikacji VOIP2KNX można programowo sprawdzić za pomocą sieciowego analizatora, np. oprogramowania pod nazwą Wireshark. Jest to sieciowy analizator, dzięki któremu możemy przeświecić cały ruch przechodzący przez interfejsy sieciowe komputera. Dodatkowo zastosowany został plugin, który umożliwiał dokładną analizę protokołu KNXnet/IP.

Na rysunku 1 przedstawiono fragment okna programu Wireshark, w którym przedstawiono pakiet „connect request” protokołu KNXnet/IP.



Rys. 1. Fragment okna aplikacji Wireshark przedstawiający pakiet protokołu KNXnet/IP

Świadczy to o tym, że aplikacja poprawnie wysyła pakiety danych pod wskazany w programie adres IP.

Dostęp do magistrali KNX z poziomu komputera, na którym zainstalowane jest oprogramowanie narzędziowe ETS, uzyskiwany jest zazwyczaj poprzez bramę KNXnet/IP lub RS232. Sposobów dostępu do sieci mamy oczywiście znacznie więcej, np. przez port USB, port podczerwieni IR lub Bluetooth. Duża liczba środków dostępu jest zaletą tego systemu.

Do zarządzania i wizualizacji pracy systemu powstało dużo programów, np. EisBär. Poczynając od aplikacji na urządzenia mobilne, takie jak notesy elektroniczne czy smartfony, poprzez specjalistyczne urządzenia przenośne z dotykowym wyświetlaczem, a kończąc na dedykowanych komputerach z zainstalowanym oprogramowaniem serwerowym, pozwalającym na zdalne zarządzanie poprzez przeglądarkę z każdego miejsca na Ziemi. Większość tych aplikacji zapewnia komunikację w standardzie Ethernet poprzez tunelowanie i serwer KNXnet/IP wspierający protokoły tunelowania. Tunelowanie polega na konwertowaniu protokołów telegramów i przesyłaniu ich dalej ku odbiorcy. Proces tunelowania polega na wysyłaniu przez komputer swojego lokalnego interfejsu sieciowego datagramu UDP w kierunku bramy KNXnet/IP. Wewnątrz tego pakietu znajduje się pakiet typu KNXnet/IP. Brama odbiera pakiet UDP i konwertuje z niego pakiet KNXnet/IP, po czym przesyła go na magistralę danych jako telegram KNX. Podobnie w przeciwnym kierunku, kiedy telegram KNX przechodzi przez bramę i trafia na interfejs odbiorcy. Wszystkie te działania wynikają z faktu, iż ani telegramy KNX ani pakiety KNXnet/IP nie mogą być przesyłane bezpośrednio w sieciach Ethernet. Z drugiej strony, patrząc na całą komunikację pomiędzy komputerem a bramą KNX, nie różni się ona niczym od komunikacji w protokole UDP. Jediną różnicą jest to, że zamiast danych przesyłane są pełne ramki KNX. Jak możemy zauważyć, bezpołączeniowy protokół internetowy UDP i sama ramka KNX są dosyć skomplikowane. Zawierają wiele pól, między innymi adresy i porty źródłowe oraz docelowe, kody typu usługi, różnego rodzaju opcje, liczniki itp. W związku z tym programowa implementacja komunikacji

Tabela 1. Budowa ramki Connection Request

Numer oktetu	Zawartość oktetu szesnastkowo - h	Opis zawartości
1	06h	Rozmiar nagłówka
2	10h	Wersja protokołu
3	02h	Identyfikator typu usługi 0207h
4	07h	
5	00h	Całkowita długość
6	10h	
7	15h	ID kanału komunikacyjnego, np. 21
8	00h	Zarezerwowane
9	08h	Długość struktury
10	01h	Kod protokołu głównego 01h dola UDP przy IPv4
11	192	Adres IP punktu końcowego 192.168.200.12
12	168	
13	200	
14	12	
15	C3h	Nr portu końcowego, np. 50100
16	B4h	

jest trudna. Jest to jednym z głównych problemów tego typu komunikacji. Sam protokół UDP nie przysparza tyle problemów, ponieważ większość języków programowania wysokiego poziomu, w tym także Java, posiada biblioteki ułatwiające tworzenie, wysyłanie i odbieranie pakietów UDP. Natomiast komunikacja z magistralą KNX poprzez ramki KNXnet/IP jest trudna, ponieważ wymaga zaimplementowania wszystkich mechanizmów wymiany danych, wyszukiwania urządzeń, wymiany bloków informacji opisujących dane urządzenie, obsługi połączenia, konfigurowania urządzeń, tunelowania, routingu itp. Każda z tych usług posiada inną strukturę ramki KNX i odbywa się w inny sposób. Całość komunikacji musi odbywać się zgodnie z normą EN 13321-2:2006 [6]. Przykład ramki Connection Request został przedstawiony w tabeli 1.

## Podsumowanie

Aplikacja VOIP2KNX jest w pełni działającym samodzielnym programem. Jego głównym założeniem jest ukazanie nowego sposobu dostępu do sterowania magistralą KNX, jakim jest technologia VoIP, oraz nowych możliwości, jakie niesie ze sobą takie rozwiązanie. Aplikacja ta, pomimo że jest stosunkowo skromna, jeśli chodzi o jej możliwości funkcjonalne oraz konfigurację, pozwala na zademonstrowanie sposobu działania tego typu komunikacji. Umożliwia wysyłanie rozkazów poprzez przyciski w DTMF na klawiaturze telefonu, odbieranie głosowych informacji ze strony KNX czy obsługę poprzez system Interaktywnej Obsługi Użytkownika IVR. Omawiane rozwiązanie pozwalają przedstawić stan pracy określonych obiektów, natomiast w powiązaniu ze specjalistycznym oprogramowaniem umożliwiają zdalne zarządzanie domem.


Technologia VoIP jest nowoczesnym sposobem dostępu, który jest stale rozwijany, staje się z roku na rok coraz bardziej popularny i prawdopodobnie w krótkim czasie zdominuje rynek usług telekomunikacyjnych. Zatem nie ryzykujemy, wspierając go w szukaniu nowych sposobów dostępu do sterowania systemami BMS.

Telefony i sieci telefoniczne są powszechnie dostępne, a komunikacja głosowa jest najbardziej naturalnym dla człowieka sposobem porozumiewania się, więc połączenie systemów Asterisk i KNX wydaje się być jak najbardziej uzasadnione. Kwestią, od której zależy dalszy rozwój tej technologii, jest dostępność specjalistycznego oprogramowania, które pozwoliłoby na prostą konfigurację wymaganych przez użytkowników funkcji. Pewnym uzupełnieniem tego rodzaju komunikacji mogą być programy wizualizacyjne.

### Literatura

- [1] DOŁOWSKI J.: *Analiza metod współpracy urządzeń Voice over IP z siecią telekomunikacyjną*. Biuletyn WAT, Vol. LV, Numer specjalny, 2006.

- [2] ECKEL B.: *Thinking In Java*. Helion, 2006.
- [3] HARDY W.C.: „QoS” *Measurement and Evaluation of Telecommunications Quality of Service*. John Willey & Sons Ltd., England 2001.
- [4] HORSTMANN C.S., CORNELL G.: *Java. Podstawy*. Wydanie 9. Helion, 2013.
- [5] NOGA M., OŻADOWICZ A.: *Systemy automatyki budynkowej a efektywność energetyczna budynku*. „Napędy i Sterowanie” 12/2010.
- [6] Norma PN EN 13321-2: 2006 – Otwarta wymiana danych w automatyzacji budynków, sterowaniu i zarządzaniu budynkami – Domowe i budynkowe systemy elektroniczne. Część 2: Komunikacja KNXnet/IP.

 **dr inż. Marek Horyński** – Zakład Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, Politechnika Lubelska;  
e-mail: m.horynski@pollub.pl