

## Rozdział XV

### Bezprzewodowe sieci ATM – wybrane zagadnienia

Bartłomiej ZIELIŃSKI  
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki  
bmw@zeus.polsl.gliwice.pl

Krzysztof TOKARZ  
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki  
tato@zeus.polsl.gliwice.pl

*ATM was going to solve all the world's networking and telecommunications problems by merging voice, data, cable television, telex, telegraph, carrier pigeon, tin cans connected by strings, tom-toms, smoke signals, and everything else into a single integrated system that could do everything for everyone. It did not happen.*

Andrew S. Tanenbaum

#### Streszczenie

*Opisano właściwości bezprzewodowych sieci ATM. Omówiono architekturę takiej sieci oraz potencjalne obszary jej zastosowań. Przedyskutowano także problematykę doboru wariantu warstwy fizycznej łącza bezprzewodowego oraz odpowiedniego protokołu dostępu do łącza. Przedstawiono podstawowe właściwości standardów ETSI bezprzewodowych sieci ATM.*

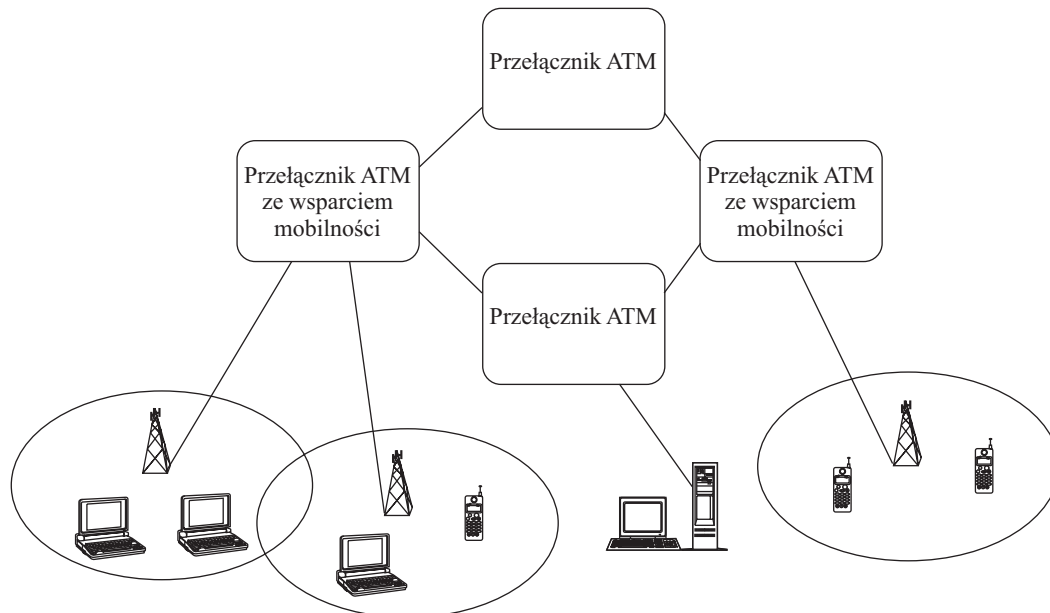
#### 1. Wprowadzenie

Sieci ATM (ang. *Asynchronous Transfer Mode*) zostały stworzone z myślą o integracji wszelkich usług komunikacyjnych w jednym uniwersalnym systemie szerokopasmowym (B-ISDN, ang. *Broadband Integrated Services Digital Network*) [1]. Sieci te łączą cechy sieci telekomunikacyjnych oraz sieci lokalnych. Istotną ich cechą jest możliwość zapewnienia gwarantowanej jakości usług (QoS, ang. *Quality of Service*), z zachowaniem priorytetów, co umożliwia stosowanie ich w aplikacjach uwarunkowanych czasowo, np. przy przesyłaniu informacji multimedialnej.

Sieci ATM zostały zaprojektowane dla łączy dwupunktowych, w których istnieje możliwość uzyskania bardzo wysokiej prędkości transmisji i niskiej stopy błędów. Łącza bezprzewodowe nie spełniają zatem wymagań typowej sieci ATM.

## 2. Architektura sieci WATM

Bezprzewodowa sieć ATM jest rozszerzeniem sieci przewodowej i opiera się na architekturze komórkowej [2, 3]. Pojedyncza komórka sieci zawiera stację bazową, obsługującą stacje ruchome znajdujące się w obszarze jej działania. Ideę zintegrowanej przewodowo-bezprzewodowej sieci ATM wyjaśnia rys. 1.



Rys. 1. Architektura zintegrowanej sieci ATM

Pełna integracja przewodowej i bezprzewodowej sieci ATM wymaga, aby niższe warstwy architektury ATM zapewniały taki sam zestaw usług transmisyjnych niezależnie od wariantu łącza. Dzięki temu nie jest konieczna ingerencja w architekturę warstwy AAL (ang. *ATM Adaptation Layer*).

Stacja bazowa może przekazywać komórki sieci ATM do łącza bezprzewodowego bez zmian lub dokonywać konwersji formatu przesyłanych danych tak, aby lepiej dopasować charakterystykę ruchu do cech łącza [4].

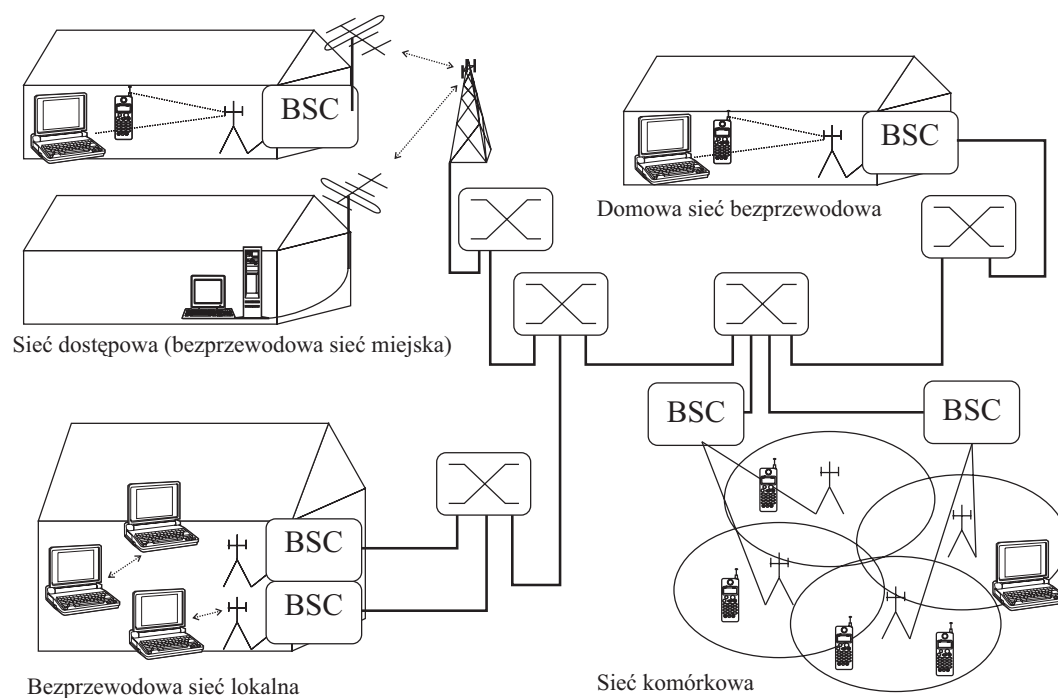
## 3. Zastosowania sieci WATM

Istnieje wiele potencjalnych zastosowań bezprzewodowych sieci ATM [5]. Wynikają one głównie z możliwości zastąpienia taką siecią wielu rozwiązań dedykowanych dla konkretnych zastosowań, co jest zgodne z ideą sieci ATM. Jako przykładowe można wymienić następujące zastosowania:

- Sieć telefonii komórkowej – dzięki zastosowaniu technologii ATM możliwe jest uzyskanie większej pojemności sieci oraz bogatszego wachlarza usług, szczególnie multimedialnych;

- Domowa sieć bezprzewodowa – sieć ATM o niezbyt wygórowanych parametrach, ale niskiej cenie może być atrakcyjna dla odbiorców indywidualnych, pozwalając na rezygnację z przewodów łączących anteny z odbiornikami;
- Bezprzewodowa sieć dostępową (sieć miejska) – sieć o bardzo wysokich parametrach użytkowych, umożliwiającą łatwe doprowadzenie łączności ATM do miejsc, w których brak odpowiedniej infrastruktury przewodowej; sieć taka może składać się ze stacji bazowych realizujących łączność z wieloma stacjami oraz pewnej liczby stacji lokalnych, realizujących łączność dwupunktową;
- Bezprzewodowa sieć lokalna – zastosowanie technologii ATM umożliwia emulację sieci lokalnej, ale także wspiera usługi uwarunkowane czasowo, co w typowej sieci lokalnej często nie jest możliwe; łączność pomiędzy stacjami mobilnymi może, lecz nie musi, przebiegać z wykorzystaniem stacji bazowej, co umożliwia tworzenie sieci tymczasowych (*ad-hoc*).

Wymienione zastosowania zostały przedstawione na rys. 2.



Rys. 2. Przykładowe zastosowania bezprzewodowej sieci ATM

#### 4. Problematyka bezprzewodowych sieci ATM

Sieci ATM zostały stworzone z myślą o zintegrowaniu wszelkich usług sieciowych w ramach jednego standardu. Tak postawione założenia wymagają, aby sieć taka mogła służyć zarówno przesyłowi plików – a więc informacji o relatywnie dużej objętości i małej regularności – jak i danych multimedialnych, czyli informacji przesyłanej w dość regularnych odstępach czasu z uwzględnieniem uwarunkowań czasowych. W typowej

sieci ATM zdefiniowane są cztery klasy usług, które odpowiadają wymogom poszczególnych typów aplikacji sieciowych. Aby sieć taka pracowała z wystarczającą wydajnością, musi charakteryzować się wysoką prędkością transmisji, typową dla sieci lokalnych, a nawet wyższą.

Przedstawione wymagania są stosunkowo łatwe do spełnienia w sieci przewodowej, szczególnie przy zastosowaniu nowoczesnych rozwiązań sieciowych opartych na transmisji światłowodowej. Natomiast przy tworzeniu bezprzewodowej sieci ATM pojawia się szereg problemów wymagających rozwiązania, a wynikających z natury mediów bezprzewodowych [4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

#### 4.1. Medium transmisyjne

W sieciach bezprzewodowych, szczególnie lokalnych, stosuje się cztery podstawowe warianty medium transmisyjnego:

- fale radiowe wąskopasmowe,
- fale radiowe szerokopasmowe (widmo rozproszone),
- fale optyczne z zakresu podczerwieni o wiązce rozproszonej,
- fale optyczne z zakresu podczerwieni o wiązce skupionej (w tym także światło laserowe).

Fale radiowe wąskopasmowe należą do najbardziej tradycyjnych metod komunikacji bezprzewodowej. Posiadają szereg wad, szczególnie dotkliwych z punktu widzenia nowoczesnych sieci cyfrowych, dlatego też nie są zbyt często stosowane w takich rozwiązaniach. Ich zaletą jest jednak względnie mała szerokość pasma wymagana do transmisji z określoną prędkością, co przy wysokim zapotrzebowaniu sieci ATM na przepustowość jest szczególnie istotne.

Fale radiowe z widmem rozproszonym są szczególnie chętnie stosowane w sieciach bezprzewodowych, ponieważ taki sposób transmisji, między innymi, częściowo zapobiega powstawaniu efektów transmisji wielodrogowej i zaników Rayleigha, co przyczynia się do poprawy warunków transmisji. Ponadto w wielu krajach wydzielone są pasma radiowe, przeznaczone do swobodnego używania tego typu urządzeń, dzięki czemu nie jest konieczne uzyskanie licencji na używanie pasma. Znacznie upraszcza się także zagadnienie dostępu do łącza, ponieważ możliwe jest zastosowanie takich odbiorników radiowych, które umożliwiają odbiór wielu sygnałów jednocześnie. Wadą transmisji z widmem rozproszonym jest natomiast duża szerokość pasma potrzebnego do uzyskania określonej prędkości transmisji, znacznie większa niż przy transmisji wąskopasmowej, co jest szczególnie niekorzystne przy dużych prędkościach transmisji.

Fale optyczne z zakresu podczerwieni wykazują kilka zalet w porównaniu z falami radiowymi. Przede wszystkim, ze względu na bardzo małą długość fali, nie występują tu zaniki Rayleigha. Tym niemniej propagacja wielodrogowa nadal powoduje interferencje międzysymbolowe, zmniejszając prędkość transmisji. Interferencji tych można uniknąć, stosując nadajniki o wiązce skupionej, szczególnie laserowe. Pozwalają one na uzyskanie wystarczająco dużych prędkości, nawet rzędu Gb/s, jednak umożliwiają tworzenie wyłącznie połączeń dwupunktowych i to tylko między stacjami, które znajdują się w zasięgu bezpośredniej widoczności i nie przemieszczają się względem siebie. Ograniczeń takich nie mają sieci wykorzystujące wiązkę rozproszoną, jednak mają one bardzo ograniczony

zasięg i nie pozwalają na uzyskanie wysokich prędkości transmisji. Fale optyczne są także bardziej odporne na zakłócenia elektromagnetyczne, zaś układy nadajników optycznych same generują mniejsze zakłócenia niż nadajniki radiowe. Zaletą rozwiązań opartych na falach optycznych jest ponadto brak jakichkolwiek uwarunkowań prawnych dotyczących szerokości pasma i częstotliwości nośnej, ograniczających możliwości swobodnego używania nadajników radiowych.

Podsumowując, dla bezprzewodowych sieci ATM najbardziej uniwersalnym medium transmisyjnym są fale radiowe wąskopasmowe [7], natomiast fale optyczne mogą być stosowane w szczególnych przypadkach [8].

## 4.2. Protokół dostępu do łącza

Protokół dostępu do łącza dla bezprzewodowej sieci ATM powinien spełniać wymagania, stawiane przez różne aplikacje, umożliwiając zachowanie charakterystycznych dla sieci ATM klas usług [5]. Klasy te mają odmienne wymagania co do przepustowości i regularności transmisji:

- klasa CBR (ang. *Constant Bit Rate*) wymaga przesłania stałej ilości informacji w ściśle określonych, regularnie powtarzających się momentach; przykładem zastosowania tej klasy jest przesył głosu lub obrazu bez kompresji;
- klasa VBR-RT (ang. *Variable Bit Rate – Real Time*) wymaga przesłania zmiennej ilości informacji w ściśle określonych momentach, z uwzględnieniem wymagań czasu rzeczywistego; przykładem zastosowania tej klasy jest przesył skompresowanego dźwięku lub obrazu;
- klasa VBR-NRT (ang. *Variable Bit Rate – Non Real Time*) wymaga przesłania zmiennej ilości informacji w momentach, które nie są z góry określone, niemniej jednak aplikacja oczekuje spełnienia zagwarantowanych parametrów jakości usług; przykładem może być przesył danych o wymaganym względnie szybkim czasie odpowiedzi;
- klasa ABR (ang. *Available Bit Rate*) jest przeznaczona dla aplikacji, które mogą dostosować się do zmiennych warunków panujących w sieci i w zależności od nich otrzymują większą lub mniejszą przepustowość; przykładem zastosowania jest przesył dużych plików danych lub emulacja sieci lokalnej;
- klasa UBR (ang. *Unspecified Bit Rate*) jest przeznaczona dla transmisji bezpołączeniowych i nie zapewnia żadnych gwarancji odnośnie jakości usług; klasa ta znajduje zastosowanie przy przesyłaniu dużych plików, gdy minimalne i maksymalne wymogi aplikacji nie są z góry określone.

Znacząca większość sieci tworzona jest z myślą o konkretnym zastosowaniu. I tak charakterystyka ruchu w sieci lokalnej jest całkowicie odmienna od charakterystyki dla sieci przemysłowej czy sieci telefonii cyfrowej. Tworząc taką sieć, należy od razu dostosować protokół dostępu do łącza do typowych wymogów dla danej sieci. Powszechnie wiadomo, że ruch typowy dla sieci lokalnej jest najefektywniej obsługiwany przez protokoły rywalizacyjne, gdyż niemal cała przepustowość łącza oddawana jest na potrzeby transmisji danych [7]. Protokoły te jednak nie gwarantują dostarczenia wiadomości w ściśle określonym czasie. W sieciach przemysłowych potrzebne są protokoły o określonym czasie dostarczenia informacji. Ponieważ jednak komunikaty sieci przemysłowych są

zazwyczaj relatywnie krótkie, przepustowość sieci jest tu mniej istotna. Wreszcie w sieciach telefonii cyfrowej najlepiej sprawdzają się protokoły stałego przydziału łącza, które z kolei zupełnie nie nadają się do stosowania w typowych sieciach lokalnych oraz innych sieciach o dużej zmienności natężenia ruchu.

Ponieważ sieci ATM stworzone są z myślą o integracji różnego rodzaju usług, potrzebny jest tu protokół, który spełni odmienne wymagania aplikacji poszczególnych typów [4]. Musi to być protokół zupełnie innego typu, niż wspomniane powyżej. Przykładem takiego protokołu może być protokół rezerwacyjny.

Protokoły rezerwacyjne działają według zasady przydziału czasu łącza na żądanie stacji, które mają dane do przesłania. Można zatem powiedzieć, iż cykl transmisyjny takiego protokołu składa się z trzech faz:

- faza zgłaszania żądania przez stacje,
- faza przydziału czasu łącza,
- faza transmisji.

W fazie zgłaszania żądań stacje, które mają dane do przesłania, wysyłają krótkie zgłoszenia zgodnie z zasadami rywalizacyjnego protokołu dostępu do łącza. Na podstawie zebranej informacji następuje rezerwacja czasu łącza, a informacja o wynikach tej rezerwacji zostaje udostępniona wszystkim stacjom. W ostatnim cyklu stacje mogą nadawać swoje dane w ściśle określonych momentach i przez określony czas.

Z przedstawionego opisu wynika, że protokoły rezerwacyjne zużywają część czasu łącza na proces rezerwacji. Z drugiej strony, mimo wykorzystywania mechanizmów rywalizacji, czas ten zostaje odzyskany poprzez ograniczenie możliwości wystąpienia kolizji do stosunkowo krótkiej fazy zgłaszania żądań. Z kolei, ponieważ proces rezerwacji odbywa się na podstawie zgromadzonych zgłoszeń, można uwzględnić priorytety i inne specyficzne wymagania poszczególnych stacji, o ile tylko zostały one przekazane w fazie żądania.

Protokoły rezerwacyjne mogą być sterowane centralnie lub w sposób rozproszony [7]. W przypadku sterowania centralnego w sieci konieczna jest obecność specjalnej stacji sterującej, zarządzającej pracą sieci. Do stacji tej kierowane są wszelkie żądania, jest ona także odpowiedzialna za prawidłowy przydział czasu łącza poszczególnym stacjom. Sterowanie rozproszone wykonywane jest jednocześnie we wszystkich stacjach sieci na podstawie globalnie dostępnej informacji o stanie sieci. Nie jest tu wprawdzie wymagana obecność wydzielonej stacji sterującej, jednak rozproszona realizacja protokołu rezerwacyjnego wymaga większej mocy obliczeniowej stacji oraz bezpośredniej łączności pomiędzy nimi.

Zadaniem bezprzewodowych sieci ATM jest wprowadzenie mobilności stacji przy zachowaniu typowych cech takiej sieci. Ponieważ w mobilnej sieci bezprzewodowej, ze względu na właściwości medium transmisyjnego – zarówno radiowego, jak i optycznego – trudno jest uzyskać stałą, bezpośrednią łączność między wszystkimi stacjami sieci, rozproszona realizacja protokołu rezerwacyjnego jest praktycznie niemożliwa. Stąd też zakłada się komórkową architekturę bezprzewodowego rozszerzenia sieci ATM, a wszelkie propozycje protokołów dostępu do łącza dla takiej sieci zakładają istnienie centralnej stacji sterującej, zwanej – przez analogię do sieci telefonii komórkowej – stacją bazową.

Istnieją dwa sposoby realizacji łącza bezprzewodowego między stacją bazową a stacjami ruchomymi – dwukierunkowość łącza można uzyskać metodą zwielokrotnienia czasowego (TDD, ang. *Time Division Duplex*) lub częstotliwościowego (FDD, ang. *Frequency Division Duplex*). Stąd też istnieją dwie rodziny protokołów dostępu do łącza dla bezprzewodowych sieci ATM [9].

Protokoły zaprojektowane dla łącza TDD pozwalają na dynamiczne dostosowanie czasu trwania łącza „w górę” i „w dół” w zależności od chwilowej charakterystyki ruchu. Zalety tej nie mają protokoły zaprojektowane dla łącza FDD, pozwalają one jednak na częściowe przesunięcie w czasie szczelin dla obu kierunków transmisji w taki sposób, by możliwie jak najbardziej przyspieszyć odpowiedzi stacji bazowej na żądania stacji ruchomych. Dzięki temu stacje zgłaszające żądanie bardzo szybko mogą uzyskać informację o ewentualnych kolizjach i w razie potrzeby ponowić zgłoszenie.

## 5. Podsumowanie

Technologia bezprzewodowych sieci ATM jest stosunkowo nowa, trudno zatem jednoznacznie określić jej przyszłość. Z pewnością posiada ona szereg interesujących zalet, które umożliwiają stosowanie jej w wielu przypadkach, zastępując istniejące systemy dedykowane.

Warto zaznaczyć, że bezprzewodowe sieci ATM są przedmiotem standardów tworzonych przez ETSI [3]. Są to następujące standardy:

- HiPeRLAN/2 – bezprzewodowa sieć lokalna ATM [17],
- HiperAccess – bezprzewodowa sieć dostępową [19],
- HiperLink – bezprzewodowe łącze dwupunktowe [20].

Podstawowe cechy wymienionych rozwiązań zebrano w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane parametry standardów ETSI dla bezprzewodowych sieci ATM [3, 16, 17]

Nazwa	HiPeRLAN/2	HiperAccess	HiperLink
Zastosowanie	sieć lokalna ATM	sieć dostępową	połączenie dwupunktowe
Częstotliwości	5,1-5,3 GHz	5,1-5,3 GHz	17,1-17,3 GHz
Topologia	komórkowa	punkt-wiele punktów	łącze punkt-punkt
Zasięg	50-100 m	5 km	150 m
Przepływność	> 20 Mb/s	> 20 Mb/s	155 Mb/s

Warto zaznaczyć, że wsparcie dla technologii ATM, szczególnie w zakresie prędkości transmisji (50-150 Mb/s) oraz obsługi różnych klas ruchu – zapewnia także amerykański standard bezprzewodowych sieci dostępowych – IEEE 802.16 [1, 21].

## LITERATURA

1. Tanenbaum A. S.: *Computer Networks (Fourth Edition)*. Prentice Hall, 2003.
2. Malicki K., Woźniak J.: *Bezprzewodowe sieci ATM – podstawowe cechy funkcjonalne i kierunki rozwoju tych sieci*. Przegląd Telekomunikacyjny, Rocznik LXXIII, Nr 12/2000, s. 909-913.

3. Nowicki K., Woźniak J.: Przewodowe i bezprzewodowe sieci LAN. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.
4. Kubbar O., Mouftah H. T.: Multiple Access Control Protocols for Wireless ATM: Problems Definition and Design Objectives. *IEEE Communications Magazine*, Vol. 35, No. 11, Nov. 1997, s. 93-99.
5. Perretti E., Thepot F. (red.): ATM in Europe: The User Handbook. ATM Forum, July 1997.
6. Walke B., Petras D., Plassmann D.: Wireless ATM: Air Interface and Network Protocols of the Mobile Broadband System. *IEEE Personal Communications*, Vol. 3, No. 4, Aug. 1996, s. 50-56.
7. Sánchez J., Martínez R., Mercellin M. W.: A Survey of MAC Protocols Proposed for Wireless ATM. *IEEE Network*, Vol. 11, No. 6, Nov/Dec 1997, s. 52-62.
8. Ayanoglu E., Eng K. Y., Karol M. J.: Wireless ATM: Limits, Challenges, and Proposals. *IEEE Personal Communications*, Vol. 3, No. 4, Aug. 1996, s. 18-34.
9. Stojmenović I. (red.): Handbook of Wireless Networks and Mobile Computing. Wiley, 2002.
10. Raychaudhuri D.: Wireless ATM Networks: Technology Status and Future Directions. *Proceedings of the IEEE*, Vol. 87, No. 10, Oct. 1999, s. 1790-1806.
11. Acampora A.: Wireless ATM: A Perspective on Issues and Prospects. *IEEE Personal Communications*, Vol. 3, No. 4, Aug. 1996, s. 8-17.
12. Falconer D.: A System Architecture for Broadband Millimeter-Wave Access to an ATM LAN. *IEEE Personal Communications*, Vol. 3, No. 4, Aug. 1996, s. 36-41.
13. Raychaudhuri D.: Wireless ATM Networks: Architecture, System Design and Prototyping. *IEEE Personal Communications*, Vol. 3, No. 4, Aug. 1996, s. 42-49.
14. Umehira M., Nakura M., Sato H., Hashimoto A.: ATM Wireless Access for Mobile Multimedia: Concept and Architecture. *IEEE Personal Communications*, Vol. 3, No. 4, Aug. 1996, s. 39-48.
15. Pahlavan K., Krishnamurthy P.: Wideband Local Access: Wireless LAN and Wireless ATM. *IEEE Communications Magazine*, Vol. 35, No. 11, Nov. 1997, s. 34-40.
16. Sinner C., Wolf M.: Implementing distributed and dynamic resource allocation in WATM. *Computer Networks*, Vol. 31, No. 9-10, 7.05.1999, s. 943-957.
17. Sinner C., Sigle R.: Towards wireless multimedia communications – current standards and future directions. *International Journal of Wireless Information Systems*, Vol. 5, No. 1, Jan. 1998, s. 61-73.
18. Broadband Radio Access Networks (BRAN); HIPERLAN Type 2; System Overview. ETSI TR 101 683 V1.1.1, Feb. 2000.
19. Broadband Radio Access Networks (BRAN); HIPERACCESS; System Overview. ETSI TR 102 003 V1.1.1, Mar. 2002.
20. Evcı C., De Hoz A., Rheinschmitt R., Araki M., Beach M., Nix A., Hafezi P., Sun Y., Barberis S., Gaiani E., Melis B., Romano G., Palestini V., Tolonen M., Hakalahti H.: AWACS: ATM Wireless Access System – potential candidate for European HIPERLINK standard. *Computer Networks*, Vol. 31, No. 9-10, 7.05.1999, s. 1011-1028.
21. IEEE Std 802.16.-2001. IEEE Standard for Local and metropolitan area networks. Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems. 8.04.2002.