

Remigiusz OLEJNIK
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

PROJEKT TOPOLOGII SIECI SZKIELETOWEJ AX.25-OVER-IP DLA WOJEWÓDZTWA ZACHODNIOPOMORSKIEGO

Streszczenie. Artykuł prezentuje propozycję topologii bezprzewodowej sieci AX.25-over-IP dla województwa zachodniopomorskiego opartej na urządzeniach sieciowych pracujących w zakresie fal centymetrowych. Przedstawiona jest propozycja lokalizacji węzłów sieci szkieletowej, obliczone odległości pomiędzy nimi, oszacowane tłumienie w wolnej przestrzeni oraz możliwość zestawienia konkretnych połączeń. Pracę kończy zestawienie par węzłów tworzących sieć o pewnym stopniu niezawodności.

Słowa kluczowe: sieci komputerowe, Internet Protocol (IP), AX.25

AX.25-OVER-IP BACKBONE NETWORK TOPOLOGY PROJECT FOR WEST POMERANIAN VOIVODESHIP

Summary. The article presents proposal of a topology for AX.25-over-IP wireless network that could be built in West Pomeranian voivodeship with utilization of network devices operating in centimeters band. Proposal of backbone node localisation is presented, distance between them is calculated, free space loss between the nodes is estimated and possibility of interconnecting them is evaluated. The work ends with a summary of connected nodes pairs that compose a network with a certain degree of reliability.

Keywords: computer networks, Internet Protocol (IP), AX.25

1. Wprowadzenie

W pracy [1] autor przedstawił uwarunkowania i perspektywy budowy szybkiej bezprzewodowej sieci AX.25-over-IP na terenie Polski. Niniejsza praca jest kontynuacją tamtej pracy – elementem niezbędnym dla stwierdzenia, czy tego typu sieć może zostać zbudowana, a jeśli tak, to jaka może/powinna być jej topologia, gdzie mogą zostać zlokalizowane jej węzły itd.

przy określonych założeniach. Podstawowym założeniem jest budowa sieci przy wykorzystaniu gotowych urządzeń sieciowych pracujących w zakresie fal centymetrowych ($\lambda = 6$ cm), z antenami o takim zysku, by nie były konieczne zgłoszenia wynikające z przepisów prawnych (wartości te wynikają z [2] i zostały oszacowane w [1]). Sieć AX.25-over-IP jako sieć zamknięta nie przenosi takiej wielkości ruchu jak dzisiejsze sieci lokalne i rozległe, za wystarczające wydaje się założenie zadowalającej jakości usług już dla przepustowości rzędu 1 Mbps, co pozwala na zwiększenie zasięgów pojedynczych łączy (większa czułość odbiornika w porównaniu z wyższymi przepustowościami).

W niniejszej pracy zaproponowano konkretne rozwiązania lokalizacji węzłów sieci, a następnie obliczono odległość pomiędzy nimi. Dla każdej kombinacji obliczono, przy konkretnych założeniach, maksymalne tłumienie w wolnej przestrzeni, przy której sieć zachowa zdolność transmisyjną. Kolejno oszacowano, które pary węzłów charakteryzują się najmniejszym tłumieniem i zaproponowano połączenia pomiędzy nimi.

2. Lokalizacja węzłów sieci

Potencjalnymi lokalizacjami węzłów sieci AX.25-over-IP [1] mogą być obiekty TP Emi-tel [3], z którą to firmą współpracuje Polski Związek Krótkofalowców, przede wszystkim umieszczając na nich urządzenia przemienników pracujących w pasmach VHF oraz UHF. Drugą grupą lokalizacji, w których potencjalnie funkcjonować mogą węzły omawianej sieci to aktualne lokalizacje przemienników cyfrowych (*digi-peaterów*) popularnego protokołu lokalizacji amatorskiej APRS [4].

Zestawienie działających przemienników cyfrowych APRS zlokalizowanych na terenie województwa zachodniopomorskiego jest przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1

Zestawienie lokalizacji *digi-peaterów* APRS w województwie zachodniopomorskim

Nr	Szerokość	Długość	QRB lokator	Znak	Miejscowość
1	53°24.26' N	14°31.22' E	JO73GJ27KA	SR1NWE	Szczecin
2	53°27.34' N	14°32.37' E	JO73GK49RI	SR1NRE	Szczecin
3	53°33.89' N	14°35.14' E	JO73HN05GN	SR1NRT	Trzebież
4	53°20.28' N	15°02.18' E	JO73MI41IC	SR1NRS	Stargard Szczeciński
5	53°54.60' N	14°15.30' E	JO73DV08OJ	SR1NDI	Świnoujście
6	53°54.35' N	15°06.01' E	JO73NV27AJ	SR1NRR	Rybokarty k. Gryfic
7	54°12.46' N	16°13.55' E	JO84CE79CU	SR1NDH	Koszalin
8	52°47.22' N	14°38.27' E	JO72HS68MV	SR1NWT	Smolnica k. Dębna
9	53°00.13' N	14°58.36' E	JO73LA60RM	SR1NRN	Lipiany
10	52°56.90' N	14°24.91' E	JO72EW97TO	SR1NOC	Chojna
11	53°21.47' N	16°16.85' E	JO83DI35QV	SR1NRW	Górnica k. Wałcza

Każdą z tych lokalizacji potraktowano jako potencjalną lokalizację węzła omawianej sieci. Wyznaczono zatem odległości pomiędzy każdym z węzłów, co jest przedstawione w tabeli 2 (wartości pod przekątną zostały pominięte).

Tabela 2

Macierz odległości [km] pomiędzy węzłami szkieletowej sieci AX.25-over-IP
w województwie zachodniopomorskim

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,00	5,85	18,38	35,13	58,95	67,71	143,59	69,15	54,01	51,23	117,26
2		0,00	12,53	35,55	53,95	62,31	139,04	74,41	58,17	57,07	116,31
3			0,00	39,16	44,18	50,92	129,42	86,63	67,73	69,55	114,92
4				0,00	82,01	63,34	124,58	66,89	37,62	60,07	82,91
5					0,00	55,55	133,24	127,56	111,72	107,56	147,42
6						0,00	81,01	128,27	100,93	115,88	99,10
7							0,00	190,00	157,74	184,46	94,66
8								0,00	32,88	23,39	127,13
9									0,00	37,93	96,00
10										0,00	132,87
11											0,00

Dla określonych założeń:

- jednakowe urządzenia Ubiquiti NanoStation5 [5],
- moc nadajnika $P_{TX} = 24$ dBm (dla $\Delta f = 20$ MHz),
- zysk energetyczny anteny nadawczo-odbiorczej $G_{ANT} = 14$ dBi,
- zysk wynikający z czterokrotnego zmniejszenia szerokości kanału transmisyjnego (z $\Delta f = 20$ MHz na $\Delta f = 5$ MHz) = 6 dB,
- zapas mocy = 3 dB,
- czułość odbiornika $S_{RX} = -90$ dBm dla przepustowości 1 Mbps,
- częstotliwość robocza $f = 5,75$ GHz ($\lambda \approx 6$ cm),

wyznaczono maksymalne tłumienie ośrodka pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem z wykorzystaniem przekształconego wzoru Friisa [6]:

$$L_{FS} = 20 \log_{10} d + 20 \log_{10} f - 147,55, \quad (1)$$

gdzie: L_{FS} – tłumienie w wolnej przestrzeni [dB], d – odległość [m], f – częstotliwość [Hz].

Uwzględniając, że maksymalna wartość tłumienia wynosi 148 dB, można obliczyć maksymalną odległość pomiędzy geometrycznymi środkami anten nadawczo-odbiorczych wynoszącą 104,22 km. Warunek ten jest spełniony przez węzły przedstawione w tabeli 3.

Tabela 3

Macierz odległości [km] pomiędzy węzłami spełniającymi założenia

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,00	5,85	18,38	35,13	58,95	67,71	—	69,15	54,01	51,23	—
2		0,00	12,53	35,55	53,95	62,31	—	74,41	58,17	57,07	—
3			0,00	39,16	44,18	50,92	—	86,63	67,73	69,55	—
4				0,00	82,01	63,34	—	66,89	37,62	60,07	82,91
5					0,00	55,55	—	—	—	—	—
6						0,00	81,01	—	100,93	—	99,10
7							0,00	—	—	—	94,66
8								0,00	32,88	23,39	—
9									0,00	37,93	96,00
10										0,00	—
11											0,00

3. Topologia sieci

Mając określone potencjalne lokalizacje węzłów sieci, należy przystąpić do wyznaczenia topologii sieci, uwzględniając konieczność zapewnienia redundancji kanałów transmisyjnych. Za minimalne zabezpieczenie z punktu widzenia niezawodności sieci należy uznać stopień węzła równy 2.

Topologia sieci jest opisana macierzą T przedstawioną w tabeli 4, gdzie element $t_{i,j}$ przyjmuje wartość równą tłumieniu wolnej przestrzeni pomiędzy węzłami wyznaczoną z równania Friisa. Graniczną wartością jest wcześniej wyznaczona wartość 148 dB, zatem im mniejsze tłumienie (związane z mniejszą odległością pomiędzy węzłami), tym połączenie będzie miało wyższą jakość (mierzoną przede wszystkim niższą wartością bitowej stopy błędów BER).

Tabela 4

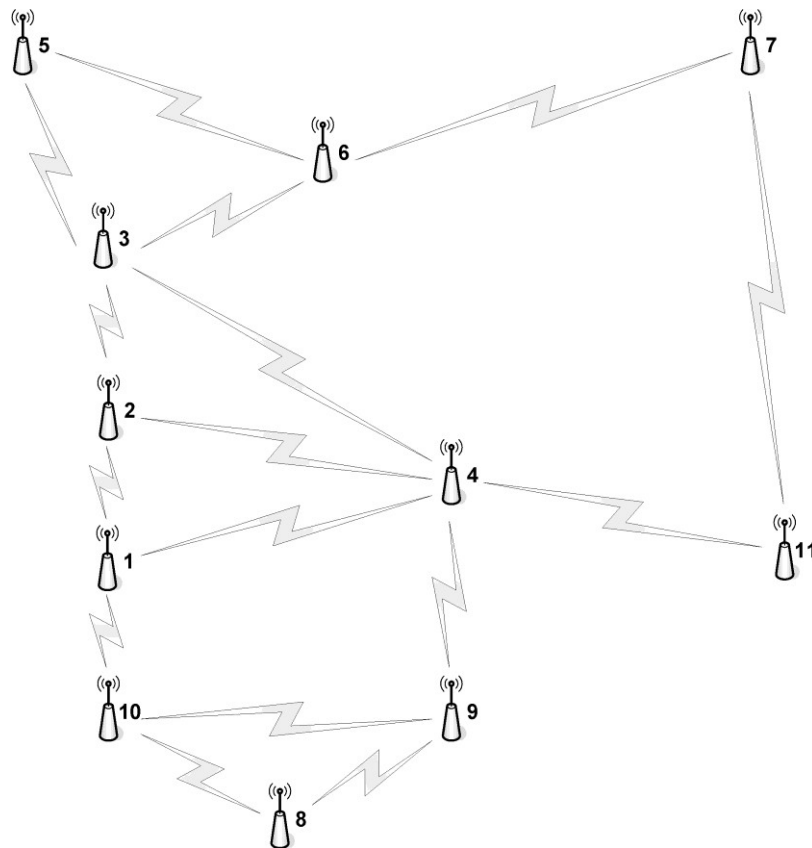
Macierz topologii sieci T ; $t_{i,j}$ jest tłumieniem [dB] pomiędzy węzłami i, j

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		122,98		138,55						141,82	
2	122,98		129,59	138,65							
3		129,59		139,49	140,54	141,77					
4	138,55	138,65	139,49						139,14		146,00
5			140,54			142,53					
6			141,77		142,53		145,80				
7						145,80					147,16
8									137,97	135,01	
9				139,14				137,97		139,21	
10	141,82							135,01	139,21		
11				146,00			147,16				

Gwarancją funkcjonowania sieci jest tzw. zapas mocy, określony w założeniach na poziomie 3 dB, tak więc, pomimo że dla pojedynczych połączeń wartość tłumienia pomiędzy nimi jest bliska 148 dB, pozostają jeszcze wspomniane 3 dB. W tabeli 5 przedstawiono natomiast listę węzłów wraz ze stopniem każdego z nich. Topologia sieci została zobrazowana na rys. 1.

Tabela 5

Stopień węzłów sieci	
Węzeł	Stopień
1	3
2	3
3	4
4	5
5	2
6	3
7	2
8	2
9	3
10	3
11	2



Rys. 1. Wizualizacja topologii sieci AX.25-over-IP dla województwa zachodniopomorskiego
Fig. 1. Visualization of AX.25-over-IP network topology for West Pomeranian voivodeship

4. Podsumowanie

W pracy przedstawiono projekt topologii sieci szkieletowej AX.25-over-IP dla obszaru województwa zachodniopomorskiego. Projekt obejmuje określenie potencjalnych lokalizacji węzłów sieci – na podstawie dotychczasowych lokalizacji digipeaterów APRS – oraz połączeń między nimi – wynikających z właściwości fal centymetrowych. Wykazano, korzystając z obliczeń na podstawie wzoru Friisa, iż jest możliwe pokrycie województwa zachodniopomorskiego siecią szkieletową bazującą na gotowych rozwiązaniach sprzętowych Ubiquiti NanoStation5 pracujących ze zmniejszoną do 5 MHz szerokością kanału oraz z anteną o zysku 14 dBi, co przy czułości odbiornika -90 dBm daje maksymalne dopuszczalne tłumienie 148 dB, osiągnięte na dystansie 104,22 km. Aby zapewnić pewien stopień niezawodności całej sieci, zapewniono co najmniej dwa połączenia każdego z węzłów. Topologia sieci została przedstawiona na rysunku 1, a zestawienie połączeń w tabeli 4.

Przedstawiony projekt nie jest kompletny, z racji obejmowania tylko topologii sieci szkieletowej. Dalsze prace nad uzupełnieniem niniejszego projektu powinny być ukierunkowane m.in. na:

- uwzględnieniu dostępu użytkowników do sieci (*user access*),
- opracowaniu schematu adresacji IP w oparciu o klasę 44.165.0.0/32,
- propozycji nazewnictwa węzłów sieci na potrzeby pozwoleń radiowych kat. 5,
- wyznaczeniu częstotliwości roboczych konkretnych połączeń pomiędzy węzłami.

BIBLIOGRAFIA

1. Olejnik R.: Uwarunkowania budowy szybkiej sieci AX.25-over-IP na terenie Polski. *Metody Informatyki Stosowanej*, 2010, No. 4 (25), s. 65÷72.
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie zgłoszenia instalacji wytwarzających pola elektromagnetyczne – Dz.U. 2010 nr 130 poz. 879.
3. TP Emitel <http://www.emitel.pl/>
4. Google Maps APRS <http://aprs.fi/>
5. Ubiquiti Networks Inc. <http://ubnt.com/>
6. Grahah A.W., Kirkman N. C., Paul P. M.: *Mobile Radio Network Design in the VHF and UHF Bands – A Practical Approach*. John Wiley & Sons, Chichester 2007.

Wpłynęło do Redakcji 9 marca 2012 r.

Abstract

The article presents proposal of a topology for AX.25-over-IP wireless network that could be built in West Pomeranian voivodeship. Proposal of backbone node localisation is presented, based on APRS digipeaters locations, which are shown in table 1. Distance matrix for every potential node localisation is given in table 2. Connections between the nodes are proposed to be built with Ubiquiti NanoStation5 devices that works in $f = 5,75$ GHz ($\lambda \approx 6$ cm) microwave band with decreased bandwidth (5 MHz), maximal transmitter power $P_{TX} = 24$ dBm and standard antenna gain $G_{ANT} = 14$ dBi. Assuming receiver sensitivity $S_{RX} = -90$ dBm calculations based on modified Friis equation (equation 1) give maximal distance between the nodes which is more than 100 km. It is a proof of possible coverage of West Pomeranian voivodeship with such network. Final topology of proposed network is shown on figure 1 and connections of the network are summarized in table 4.

Adres

Remigiusz OLEJNIK: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Wydział Informatyki, ul. Żołnierska 49, 71-210 Szczecin, Polska, r.olejnik@ieee.org