

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń 9

Wykaz ważniejszych skrótów 15

Przedmowa 18

Wstęp 20

Rozdział 1. Sieci WBAN – zagadnienia podstawowe 23

1.1. Definicja i klasyfikacja 23

1.2. Właściwości elektryczne ciała ludzkiego 26

1.3. Źródła zasilania 33

1.4. Bezpieczeństwo człowieka w sieciach WBAN 40

1.5. Zastosowania sieci WBAN 43

1.5.1. Zastosowania medyczne 44

1.5.1.1. Sieci nasobne 45

1.5.1.2. Sieci wszczepione 46

1.5.1.3. Zdalnie sterowane urządzenia medyczne 46

1.5.2. Zastosowania niemedyczne 46

Rozdział 2. Sieci WBAN – zagadnienia radiokomunikacyjne 48

2.1. Podstawowe zjawiska propagacji fal radiowych 48

2.1.1. Wolna przestrzeń propagacyjna i łącze radiowe 49

2.1.2. Odbicie, dyfrakcja i rozpraszanie 55

2.1.3. Absorpcja, wnikanie i tłumienie fal radiowych w ośrodkach stratnych 58

2.1.4. Zjawisko wielodrogowości i depolaryzacja 64

2.1.5. Efekt falowodowy 65

2.2. Pasma częstotliwości 66

2.3. Wybrane zagadnienia niższych warstw modelu OSI 69

2.4. Zagadnienia antenowe 72

2.5. Zagadnienia bezpieczeństwa danych	75
2.6. Sieci WBAN jako systemy cyberfizyczne	77
2.7. Uwarunkowania prawne i standaryzacyjne	78
2.7.1. Uwarunkowania prawne na świecie	79
2.7.1.1. Regulacje dotyczące UWB	79
2.7.1.2. Regulacje dotyczące ISM	82
2.7.1.3. Regulacje dotyczące MICS	84
2.7.1.4. Regulacje dotyczące WMTS	85
2.7.1.5. Regulacje dotyczące LP-AMI	85
2.7.1.6. Regulacje dotyczące SRD	86
2.7.2. Standardy możliwe do wykorzystania w sieciach WBAN	87
Rozdział 3. Analiza statystyczna wyników badań propagacyjnych	90
3.1. Wielowymiarowa analiza regresji liniowej	90
3.1.1. Procedura analizy regresji	90
3.1.2. Przypadek regresji z jedną zmienną niezależną	91
3.1.3. Model wielorakiej regresji liniowej	95
3.2. Rozkłady gęstości prawdopodobieństwa stosowane do opisu zjawisk propagacyjnych	99
3.2.1. Rozkład normalny (Gausa)	99
3.2.2. Rozkład logarytmiczno-normalny	100
3.2.3. Rozkład Rayleigha	102
3.2.4. Rozkład Rice'a (Nakagamię-n)	103
3.2.5. Rozkład Nakagamię-m	104
3.2.6. Rozkład Weibulla	105
3.2.7. Rozkład χ^2	106
3.2.8. Połączony rozkład logarytmiczno-normalny i Rayleigha	107
3.3. Metody statystycznej oceny wyników badań eksperymentalnych	108
3.3.1. Badanie istotności różnicy pomiędzy dwiema próbkami	108

3.3.2. Badanie istotności regresji liniowej i jej współczynników	109
3.3.3. Badanie przystawalności wyników eksperymentalnych do modelu	110
3.3.4. Test zgodności chi-kwadrat (χ^2)	112
3.3.5. Kryterium informacyjne Akaikego (AIC)	113
Rozdział 4. Modelowanie kanału radiowego w sieciach WBAN	114
4.1. Charakterystyka kanału radiowego	115
4.1.1. Tłumienie kanału radiowego	115
4.1.2. Unormowany profil opóźnienia	116
4.1.3. Współczynnik dyskryminacji polaryzacji skrośnej	117
4.1.4. Częstość i średni czas trwania zaników	118
4.1.5. Intensywność zaników	118
4.2. Rodzina modeli IEEE 802.15.6	118
4.2.1. Modele dla łączy radiowych typu in-body (CM1 i CM2)	120
4.2.2. Modele dla łączy radiowych typu on-body (CM3)	121
4.2.3. Modele dla łączy radiowych typu off-body (CM4)	131
4.3. Wybrane modele tłumienia systemowego	134
4.3.1. Model tłumienia systemowego dla szerokopasmowych łączy radiowych typu in-body	134
4.3.2. Model tłumienia systemowego dla łączy radiowych typu in-body dla różnych tkanek ciała ludzkiego	136
4.3.3. Model tłumienia systemowego dla łączy radiowych typu on-body dla bydła domowego	137
4.3.4. Model tłumienia propagacyjnego dla szerokopasmowych łączy radiowych typu off-body dla środowiska szpitalnego	138
4.4. Modelowanie kanału radiowego w zakresie fal milimetrycznych	139
4.4.1. Łącza radiowe typu on-body	141
4.4.2. Łącza radiowe typu off-body	143
4.5. Symulacyjne modelowanie kanału radiowego	144
4.5.1. Metody pełnofalowe	145
4.5.1.1. Metoda momentów – MoM	145

- 4.5.1.2. Metoda elementów skończonych – FEM 145
- 4.5.1.3. Metoda różnic skończonych w dziedzinie czasu – FDTD 146
- 4.5.1.4. Technika całek brzegowych – FIT 147
- 4.5.2. Metody asymptotyczne 147
 - 4.5.2.1. Metoda śledzenia promieni – RT 147
 - 4.5.2.2. Jednolita teoria dyfrakcji – UTD 148
- 4.5.3. Metody hybrydowe 148
- 4.5.4. Porównanie symulacyjnych metod modelowania kanału radiowego pod kątem ich zastosowania do projektowania sieci WBAN 149
- Rozdział 5. Wyniki badań eksperymentalnych 151
 - 5.1. Metodyka badań pomiarowych właściwości kanałów radiowych w sieciach WBAN 152
 - 5.1.1. Uniwersalne stanowisko pomiarowe do badania kanałów radiowych w sieciach WBAN 152
 - 5.1.2. Metodyka badań pomiarowych kanałów radiowych w sieciach WBAN 155
 - 5.1.3. Szacowanie niepewności pomiarowej 158
 - 5.2. Model kanału radiowego dla sieci WBAN typu off-body pracujących w środowisku biurowym 161
 - 5.3. Analiza polaryzacyjna fal radiowych w sieciach WBAN typu off-body w środowisku biurowym 165
 - 5.4. Charakterystyka zaników wolnozmiennych i szybkozmiennych w sieciach WBAN typu off-body z przestrzennym odbiorem zbiorczym 169
 - 5.5. Model kanału radiowego dla wąskopasmowych i szerokopasmowych sieci WBAN typu off-body pracujących w środowisku promu pasażerskiego 171
 - 5.6. Charakterystyka kanału radiowego w sieciach WBAN typu body-to-body w środowisku zamkniętym i otwartym 174
 - 5.7. Model cienia radiowego powodowanego przez ciało ludzkie w sieciach WBAN typu off-body i body-to-body 182
 - 5.8. Analiza odpowiedzi impulsowej kanału radiowego w szerokopasmowych sieciach WBAN typu off-body z polaryzacyjnym odbiorem zbiorczym 185
 - 5.9. Analiza zaników szybkozmiennych w wąskopasmowych sieciach WBAN pracujących w rewerberacyjnym środowisku propagacyjnym 191
 - 5.9.1. Propagacja fal radiowych wewnątrz metalowych struktur kolistych 191
 - 5.9.2. Wyniki badań pomiarowych 194

5.9.3. Wpływ krotności odbić na zaniki szybkozmienne 196

5.9.4. Wpływ promienia struktury kołowej i obszaru katakaustycznego na zaniki szybkozmienne 198

Podsumowanie 201

Literatura 203