

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

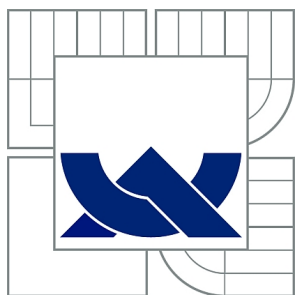
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

GRAFICKÉ ROZHŘANÍ MODELU BEZDRÁTOVÉ SÍTĚ
WLAN PRO PRAVDĚPODOBNOSTNÍ PŘEDPOVĚĎ
PROVOZU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

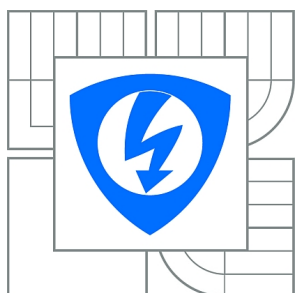
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JÚLIUS STECÍK



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

GRAFICKÉ ROZHRANÍ MODELU BEZDRÁTOVÉ SÍTĚ WLAN PRO PRAVDĚPODOBNOSTNÍ PŘEDPOVĚĎ PROVOZU

GRAPHICAL USER INTERFACE FOR PROBABILISTIC MODELLING OF WLAN WIRELES
NETWORKS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JÚLIUS STECÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Mgr. PAVEL RAJMIC, Ph.D.

BRNO 2011

ABSTRAKT

Práce se zabývá standardem skupiny IEEE, 802.11e a jeho implementaci QoS do sítí WLAN. Probrané jsou funkce přístupu ke sdílenému médiu DCF, PCF a HCF. Blíže je pak popsána EDCA metoda pro přístup ke sdílenému médiu. Dále se práce zaměřuje na pravděpodobnostní model soutěžení stanic o přístup k bezdrátovému médiu a matematické vztahy a algoritmy potřebné pro výpočet těchto pravděpodobností. V poslední části je návrh a popis uživatelského rozhraní programu ve formě Java appletu pro výpočet pravděpodobnosti že stanice soutěž vyhraje nebo na sdíleném médiu nastane kolize. Práce také obsahuje stručný komentář k vytvořenému programu vložený do HTML souboru.

KLÍČOVÁ SLOVA

WiFi, 802.11e, Soutěž, Výhra, Kolize, Mezirámcový prostor, Přístupová metoda, Přístupová kategorie, DCF, PCF, HCF, EDCA, Java applet

ABSTRACT

Course includes functions to access the shared medium, DCF, PCF and HCF. In detail, then describes the EDCA method for accessing the shared medium. The thesis focuses on the probabilistic model of competing stations to access the wireless medium and mathematics and algorithms needed to calculate these probabilities. The last part also design and description of user interface in the form of a Java applet to compute the probability that the station win the competition or on a shared medium collision occurs. The work also contains a brief commentary on the created program embedded in an HTML file.

KEYWORDS

WiFi, 802.11e standard, Contest, Win, Collision, Inter Frame Space, Access method, Access Category, DCF, PCF, HCF, EDCA, Java applet

STECÍK, Július *Grafické rozhraní modelu bezdrátové sítě WLAN pro pravděpodobnostní předpověď provozu*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2010. 41 s. Vedoucí práce byl Mgr. Pavel Rajmic, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Grafické rozhraní modelu bezdrátové sítě WLAN pro pravděpodobnostní předpověď provozu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Brno

.....

(podpis autora)

OBSAH

Úvod	9
1 Teoretický základ	10
1.1 Používané komponenty a základné konfigurácie WLAN	10
1.2 Riadenie prístupu k médiu (MAC)	11
1.2.1 DCF	11
1.2.2 PCF	12
1.2.3 HCF	12
1.2.4 Kombinácia DCF, PCF a HCF	14
1.2.5 Medzirámcový priestor (IFS)	15
1.2.6 Náhodný ústupový čas	16
1.3 Pravdepodobnostná analýza prístupovej metódy EDCA štandardu 802.11e	18
1.3.1 Definície premenných	18
1.3.2 Matematická analýza	19
1.3.3 Algoritmus pre výpočet P_{win} a P_{coll}	19
2 Program pre výpočet pravdepodobnosti výhry súťaže medzi stanicami	21
2.1 Technológia Java	21
2.1.1 Programovací jazyk Java	21
2.1.2 Java platforma	22
2.2 EasyEclipse Desktop Java	23
2.2.1 Nadácia Eclipse	23
2.2.2 EasyEclipse	23
2.3 Grafické užívateľské rozhranie	24
2.3.1 Princíp výpočtu P_{win} a P_{coll}	25
2.3.2 Režimy	26
2.3.3 Matica staníc	27
2.3.4 Farebné modely a gamma	29
2.3.5 Tabuľka detail	30
3 Záver	31
Literatúra	32
Zoznam symbolov, veličín a skratiek	33

Zoznam príloh	36
A Nastavenia jednotlivých režimov v GUI	37
B Obsah priloženého CD	40
C Obsah súboru index.html	41

ZOZNAM OBRÁZKOV

1.1	Typická konfigurácia siete WLAN[1].	10
1.2	IFS a AC.[8]	15
1.3	Priebeh nárastu CW prístupovej kategórie AC_VO s $AF = 2$. [3]	17
1.4	Model K prístupových kategórií s rôznymi AIFS a CW.[8]	18
2.1	Prehľad vývoju software	22
2.2	Java platforma	22
2.3	GUI programu	24
2.4	Predpoveď prevádzky na médiu	25
2.5	Prehľad možných režimov	26
2.6	Vstupná matica	27
2.7	Časť GUI obsahujúca vysvetlivky k použitým skratkám.	28
2.8	Časť GUI s dialógovým oknom pre nastavenie rozmeru	28
2.9	Sekcia GUI pre nastavenie farebného prevedenia	29
2.10	Prehľad použitých farebných modelov	29
2.11	Vplyv gamma faktoru	30
2.12	Časť GUI obsahujúca tabuľku detail	30
A.1	Zobraz: P_{win} , Režim výpočtu: Aktuálni stav, Farebný režim: JET, Gamma: 0,5	37
A.2	Zobraz: P_{win} , Režim výpočtu: Po pridaní stanice, Farebný režim: JET, Gamma: 0,5	37
A.3	Zobraz: P_{coll} , Režim výpočtu: Aktuálni stav, Farebný režim: JET, Gamma: 0,5	38
A.4	Zobraz: P_{coll} , Režim výpočtu: Po pridaní stanice, Farebný režim: JET, Gamma: 0,5	38
A.5	Zobraz: P_{win} , Režim výpočtu: Po pridaní stanice, Farebný režim: Teplo, Gamma: 0,5	39
A.6	Zobraz: P_{win} , Režim výpočtu: Po pridaní stanice, Farebný režim: Šed', Gamma: 0,5	39
C.1	Doprovodný komentár ku GUI v súbore index.html	41

ZOZNAM TABULIEK

1.1	Vzájomný vzťah medzi UP a AC[3]	13
1.2	Implicitné EDCA parametre pre AC [6]	13
1.3	Príklad vyrátaných P_{win} a P_{coll} [8]	20

ÚVOD

Prístup k internetu sa stal esenciálnou súčasťou nášho života. Možností ako sa k nemu pripojiť je veľa. Rozdeliť by ich bolo možné na dve základné skupiny. Na pripojenia vyžadujúce fyzickú prítomnosť kábla ako sú napríklad: ADSL, ISDN atď. A na pripojenia ktoré prítomnosť kábla nevyžadujú tzv. bezdrôtové napríklad : UMTS, HSCSD, WLAN atď. Zo súčasným rozmachom notebookov, netbookov a v poslednej dobe smartphonov prichádza čoraz väčší dopyt po bezdrôtovom pripojení na internet. Tým azda najčastejším riešením v tejto oblasti je pripojenie pomocou technológie WLAN(lokálna bezdrôtová sieť – Wireless Local Area Network). Známe tiež ako Wi-Fi.

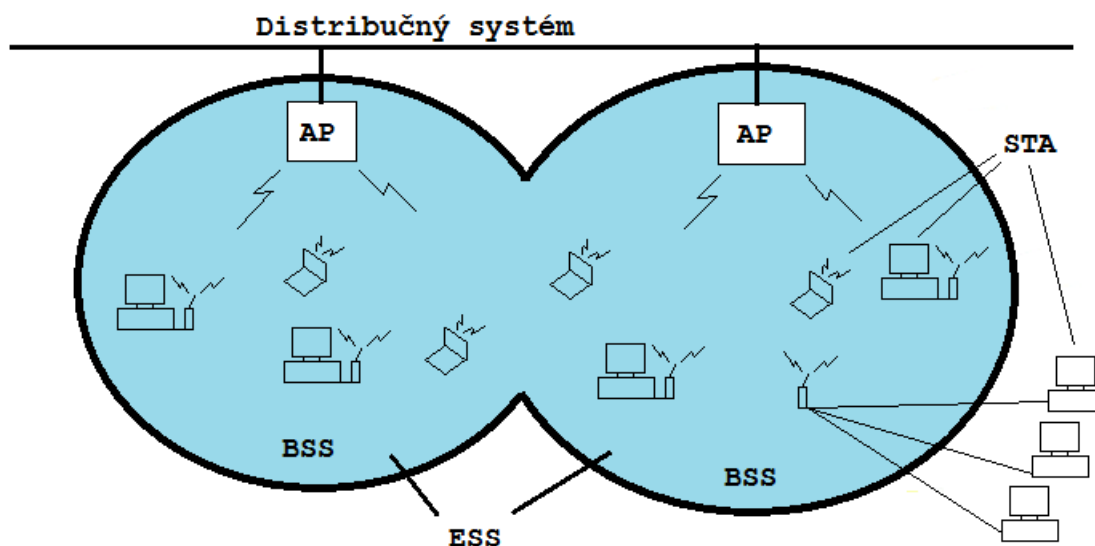
Technológia WLAN je štandardom zavedeným IEEE (inštitú pre elektrotechnické a elektronické inžinierstvo – Institute of Electrical and Electronics Engineers), vedený pod označením 802 časť 11(802.11). Tento štandard sa neustále vyvíja a dopĺňa. Najaktuálnejšou verziou je štandard 802.11n z roku 2009.

Táto práca sa však bude zaoberať štandardom z roku 2005 pod označením 802.11e, ktorý zaviedol implementáciu QoS (kvalita služby – Quality of Service). A tým umožnil prioritizáciu paketov podľa aktuálne používanej služby. Hlavnou časťou tejto práce je návrh JAVA appletu ktorý bude graficky zobrazovať šancu pripojenej stanice do siete že dostane právo vyslať dáta, poprípade že dôjde ku kolízii dát a teda vysielanie stanice nebude úspešné. Pridelovanie práv staniciam je v sieťach WLAN tak podstatné pretože siete WLAN umožňujú len tzv. Half-duplex prenos, čo vlastne umožňuje len jeden dátový tok medzi dvomi koncovými bodmi v čase.

1 TEORETICKÝ ZÁKLAD

1.1 Používané komponenty a základné konfigurácie WLAN

Bezdrôtové lokálne siete majú tzv. bunkovú architektúru. S pravidla teda sieť WLAN obsahuje viacero buniek tzv. BSS (základna sada služieb – Basic Service Set). Tie sú prepojené nejakým distribučným systémom napríklad ETHERNET alebo aj samotná WLAN. Každá táto bunka musí obsahovať prístupový bod (AP) a samotné stanice označované ako STA. Celý tento systém buniek s AP a STA a ich distribučný systém, ktorý do kopy tvorí jednu sieť pre vyššie vrstvy sa nazýva v štandarde ako ESS (rozšírená sada služieb – Extended Service Set)



Obr. 1.1: Typická konfigurácia siete WLAN[1].

Štandard tiež definuje zariadenie nazývané portál, to slúži na prepojenie sietí WLAN a iných sietí založených na štandardoch 802. Jedná sa teda o klasický translačný most.

Dalšou hlavne v domácnostiach a malých priesotoroch využívanou konfiguráciou je zjednodušená verzia predošlej. V tomto prípade sa uvažuje iba o jednom AP a viac staníc, teda celú sieť tvorí iba jedna BSS. V tejto práci sa bude spravidla uvažovať práve toto zapojenie.

S posledným typom zapojenia sa stretávame často ako s dočasným riešením keď nie je k dispozícii AP. Jedná sa o zapojenie kedy dve, po prípade viac staníc vytvoria

tzv. ad-hoc sieť typu peer-to-peer. Nazývanú ako IBSS teda nezávislá základná sada služieb – Independent Basic Service Set.[1]

1.2 Riadenie prístupu k médiu (MAC)

Štandard 802.11 používa pre viacbodový prístup viacero typov koordinačných funkcií ktoré riadia prístup ku médiu. Tieto metódy rozpišem v nasledujúcich odstavcoch. Ďalej bude uvedený zoznam a popis používaných medzirámcových priestorov ktoré tieto koordinačné funkcie používajú.

1.2.1 DCF

Základným mechanizmom pre prístup k médiu je distribuovaná koordinačná funkcia (DCF). Základom tohto protokolu je metóda viacnásobného prístupu k médiu so sledovaním nosnej zložky s metódou predchádzania kolízií(CSMA/CA) s pozitívnym potvrdzovaním.

Tá funguje tak že stanica ktorá chce vyslať najskôr skontroluje médium či nie je obsadené, tzn. neprebíha iný dátový tok. Ak je médium voľné stanica počká určitý čas, v štandarde definovaný ako DIFS (distribučný medzirámcový priestor – Distributed Inter Frame Space). Následne stanica vyšle svoj dátový rámec. Prijímacia stanica skontroluje CRC slúžiace na kontrolu bezchybnosti prenosu a pošle vysielajúcej stanici potvrdenie (ACK) o úspešnom prenose. Ak stanica nedostane potvrdenie, bude opakovane vyslať svoj rámec do vtedy kým sa potvrdenie nedostaví, alebo do dovŕšenia určitého počtu pokusov.

Na to aby sa stanica mohla pripojiť do siete WLAN musí byť v jej dosahu prístupový bod danej siete, musí ho „vidieť“. To však neznamená že stanica „vidí“ všetky stanice v sieti, ktoré síce sú v dosahu AP ale nemusia byť v dosahu stanice ktorá chce vyslať. To znamená že stanica ktorá chce vyslať, vôbec nemusí vedieť o tom že sa na druhej strane siete v tom istom čase chystá vyslať ďalšia stanica. Takisto to že v okolí stanice je médium voľné neznamená že v okolí prístupového bodu je tomu tiež tak. K zabráneniu takýchto kolízií sa používa mechanizmus sledovania virtuálnej nosnej (Virtual Carrier Sense). Funguje nasledovne:

Stanica ktorá chce vyslať najskôr prijímaciu stanicu požiada krátkym kontrolným paketom RTS (žiadosť o vysielanie – Request To Send). Ten obsahuje adresu zdroja a príjemcu, a tiež trvanie nasledujúceho prenosu vrátane trvania aj potrebného potvrdenia. Ak je cieľová stanica pripravená prijímať, pošle ako odpoveď krátky kontrolný paket CTS (vysielanie povolené – Clear To Send) Ktorý obsahuje informáciu o trvaní prenosu získanú s paketom RTS.

Stanice ktoré prijali paket CTS a ak boli v dosahu vysielačkej stanice tak aj RTS, si nastaví indikátor sledovania virtuálnej nosnej nazývaný NAV (sieťový alokačný vektor – Network Allocation Vector) na hodnotu získanú s týchto paketov. Počas tejto doby okolité stanice teda vedia že médium je obsadené a nemá cenu sa pokúšať vysielať a to aj po dobu potvrdzovania.

Veľkosť týchto paketov znižuje šancu na kolíziu aj v tom ohľade, že spracovanie malého paketu trvá podstatne kratšiu dobu ako keby sa mal spracovávať celý dátový paket. To samozrejme platí pokiaľ je dátový paket podstatne väčší ako paket RTS/CTS. Teda v prípade že je dátový paket menší ako samotný RTS/CTS, nie je treba posilať tieto pakety. Parameter určujúci potrebu tejto operácie sa nazýva RTSTreshold, teda prahová úroveň RTS. [9]

1.2.2 PCF

Štandard 802.11 MAC (riadenie prístupu k médiu – Medium Access Control) zahrňuje aj prístupovú metódu nazývanú PCF (bodová koordinačná funkcia – point coordination function). Tá sa môže použiť len v infraštrukturovaných sieťových konfiguráciách. Tu ako prístupový bod danej bunky (BSS) sa použije počítač ktorý rozhoduje o tom ktorá stanica má právo vysielať. PCF používa tiež mechanizmus sledovania virtuálnej nosnej s prídavkom určovania priorít. PCF by malo mať s pravidla kratší medzirámcový priestor, preto aby prioritizácia mala prednosť pred metódou DCF. [3]

1.2.3 HCF

Štandard 802.11e rozširuje DCF a PCF novou hybridnou koordinačnou funkciou (HCF). Metóda HCF zahrňuje dva možné prístupy ku kanálu. Prvým je rozšírený distribuovaný prístup ku kanálu (EDCA) a druhým je HCF riadenia prístupu ku kanálu (HCCA). Obidva prístupy požívajú tzv. prevádzkové kategórie (TC), ktoré umožňujú určovať rôzne priority potrebné pre možnú implementáciu QoS v sieťach WLAN. [3]

EDCA

Základnou vlastnosťou mechanizmu EDCA je že sa jedná o metódu založenú na vzájomnom súťažení staníc ktoré chcú získať prístup k bezdrôtovému médiu. Štandard definuje až osem úrovní priority užívateľa (UP) a 4 prístupové kategórie (AC). Vzájomný vzťah týchto UP a AC je zobrazený v tabuľke 1.1.

Tab. 1.1: Vzájomný vzťah medzi UP a AC[3]

PRIORITA	UP	AC	SLOVNE
Najnižšia	1	AC_BK	Pozadie(Background)
▼	2	AC_BK	Pozadie(Background)
▼	0	AC_BE	Metóda najlepšieho úsilia (Best Effort)
▼	3	AC_BE	Metóda najlepšieho úsilia (Best Effort)
▼	4	AC_VI	Video(Video)
▼	5	AC_VI	Video(Video)
▼	6	AC_VO	Hlas(Voice)
Najvyššia	7	AC_VO	Hlas(Voice)

Na rozdiel od DCF kde stanica čaká pred vysielaním daný fixný čas (DIFS), v EDCA je tento čas rôzny, a nastavený môže byť buď to manuálne alebo priradený prístupovým bodom. Tento čas sa skladá z rozhodujúceho medzirámcového priestoru (AIFS) a náhodného ústupového času daného z rozsahu CW_{\min} až CW_{\max} určeného práve AC

EDCA poskytuje na určitý čas prístup ku médiu bez potreby súťaženia, tzv. TXOP (príležitosť vyslať – Transmit Opportunity). Počas tohto intervalu môže stanica vyslať toľko rámcov koľko stihne. V prípade že je rámec príliš veľký na to aby mohol byť odoslaný za tento čas nastane fragmentácia rámcu. V prípade že prístupová kategória má nastavený TXOP na hodnotu 0 má právo vyslať len jednu dátovú jednotku. Hodnoty CW_{\min} , CW_{\max} , AIFS a max TXOP pre dané kategórie sú spísané v tabuľke 1.2.

Tab. 1.2: Implicitné EDCA parametre pre AC [6]

AC	CW_{\min}	CW_{\max}	AIFS	Max TXOP		
				802.11, 802.11b	802.11b, 802.11g	Daľšie technológie
AC_BK	aCW_{\min}	aCW_{\max}	7	0	0	0
AC_BE	aCW_{\min}	aCW_{\max}	3	0	0	0
AC_VI	$\frac{aCW_{\min}+1}{2} - 1$	aCW_{\min}	2	6,016ms	3,008ms	0
AC_VO	$\frac{aCW_{\min}+1}{4} - 1$	$\frac{aCW_{\min}+1}{2} - 1$	2	3,264ms	1,504ms	0

Kedže stanica, ktorá si vygeneruje menší časový interval ktorý bude čakať pred vysielaním, bude vysielat' skôr. Z tabuľky 1.2 je jasné že napríklad prístupová kategória AC_VO, teda hlasové služby, má prednosť pred ostatnými kategóriami.

Nakoľko hlavným objektom tejto práce je práve táto prístupová metóda, bližšie skúmanie pravdepodobnosti že daná stanica získa právo vysielat' a matematické vzťahy a modely s tým spojené, budú obsiahnuté v ďalších častiach tejto práce.[5]

HCCA

Metóda HCCA používa QoS-informačný centralizovaný koordinátor, tzv. hybridný koordinátor (HC). Ten funguje na iných princípoch ako počítač používaný pri PCF. HC je spoločne umiestnený s prístupovým bodom bunky BSS. HC používa zvýšenú prioritu prístupu k bezdrôtovému médiu tak aby bol schopný zahájiť výmenu rámcov a samotných TXOP pre seba a pre ostatné stanice. Tak aby bolo možné zahájiť časovo obmedzenú fázu riadeného prístupu(CAP), pre prenos QoS dát bez súťaženia.

Hybridný koordinátor si neustále udržiava prehľad o prevádzke na médiu a podľa toho ud'eluje staniciam práva na vysielanie. Jednou s vecí ktorými sa HCCA líši od PCF je aj to že používa nie len TC teda prevádzkovú kategóriu ale aj TS čiže prevádzkový tok. Takto dokáže HC riadiť aj celé relácie pre dané stanice.

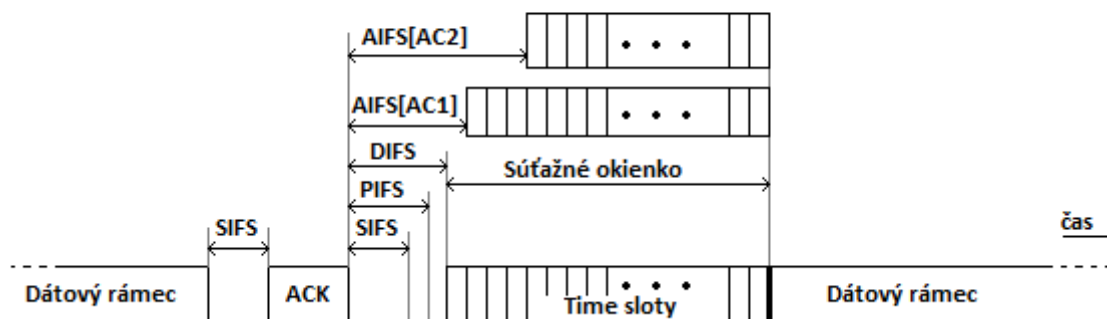
HCCA je všeobecne považovaná za najvyvinutejšiu a zároveň najkomplexnejšiu koordinačnú metódu. Jej hlavnou výhodou je to že sa dá plne nakonfigurovať proces prioritizácie podľa QoS alebo podľa vlastných potrieb. Ďalšou veľkou výhodou je že na implementáciu HCCA do siete stačí aby prístupový bod podporoval plánovanie a radenie, na stanice samotné už žiadne špeciálne nároky kladené nie sú.[4]

1.2.4 Kombinácia DCF, PCF a HCF

DCF a centralizované koordinačné funkcie (PCF a HCF) môžu operovať v jednej bunke (BSS). Ak je v jednej bunke riadiaci počítač PCF a DCF sa striedajú s CFP a po ňom nasledujúcim CP. Ak sa v BSS nachádza HC, vzniká striedanie CFP a CP rovnakým spôsobom ako pri prítomnosti PC, používaním DCF len počas súťažného intervalu (CP). [3]

1.2.5 Medzirámcový priestor (IFS)

Časová konštanta reprezentujúca minimálny časový interval medzi dvomi za sebou idúcimi rámcami sa volá medzirámcový priestor (IFS). Stanica musí zistiť či je na daný časový interval médium nečinné pomocou CS funkcie. V štandarde 802.11e je definovaných 5 medzirámcových priestorov pre poskytnutie dostatočnej prioritizácie pre prístup k bezdrôtovému médiu. Obrázok 1.2 ukazuje niektoré vzťahy medzi týmito IFS za prítomnosti dvoch prístupových kategórií staníc usilujúcich o právo vysielat'.[3]



Obr. 1.2: IFS a AC.[8]

SIFS

SIFS (krátky medzirámcový priestor – Short Inter Frame Space) je primárne určený na prenos ACK a CTS rámcov, ďalej môže byť použitý ako medzirámcový priestor v TS jednej stanice. Tá si takto vie udržať médium pre seba a svoj dátový tok, bez toho aby jej ho stihli ostatné stanice „ukradnúť“, kým dokončí svoju sekvenciu. Tiež sa používa stanicami pri odpovedaní na tzv. polling¹. Tiež môže byť použitý riadiacim počítačom pri vysielaní počas nesúťažného intervalu.[3]

PIFS

PIFS (PCF medzirámcový priestor – PCF Inter Frame Space) sa používa stanicami pracujúcimi pod PCF na získanie prednostného prístupu ku médiu na začiatku CFP. Tiež sa používa na prenos rámcu oznámujúci prepnutie kanálu (Channel Switch Announcement frame). Je o jeden Time Slot dlhší ako SIFS.[3]

¹Opakované zisťovanie statusu externého zariadenia, v tomto prípade riadiacim počítačom.

DIFS

Po tom ako vyprší čas DIFS (distribučný medzirámcový priestor – Distributed Inter Frame Space) a náhodne vygenerovaný ústupový čas, môže stanica operujúca pod DCF začať vysielat' dátové a organizačné rámce. $DIFS = SIFS + 2x \text{ Time Slot}$. [3]

AIFS

AIFS (rozhodujúci medzirámcový priestor – Arbitration Inter Frame Space) je používaný QoS stanicami pracujúcimi pod EDCA na prenos všetkých dátových, organizačných a určitých riadiacich rámcov. Tieto časy spravuje AP a ten ich distribuuje staniciam. V prípade neprítomnosti AP v bunke si stanice vyrátajú AIFS časy samy. [3]

EIFS

EIFS (rozšírený medzirámcový priestor – Extended Inter Frame Space) je najdlhší medzirámcový priestor. Ku slovu prichádza keď stanica prijme chybný rámec, určený pre inú stanicu, a následne na to detekuje neaktívne médium. Štandardne by to mohlo pre túto stanicu znamenať že môže vysielat'. Avšak to že prišiel chybný rámec tejto stanici nemusí nutne znamenať že prišiel chybný rámec aj stanici ktorej bol určený, v tom prípade by mohla v sieti nastať kolízia. EIFS časový interval teda prikazuje stanici počkať dlhšiu dobu, tak aby sa stihla nastaná situácia vyriešiť a zaobišla sa bez kolízií. EIFS je súčtom DIFS a AIFS. [3]

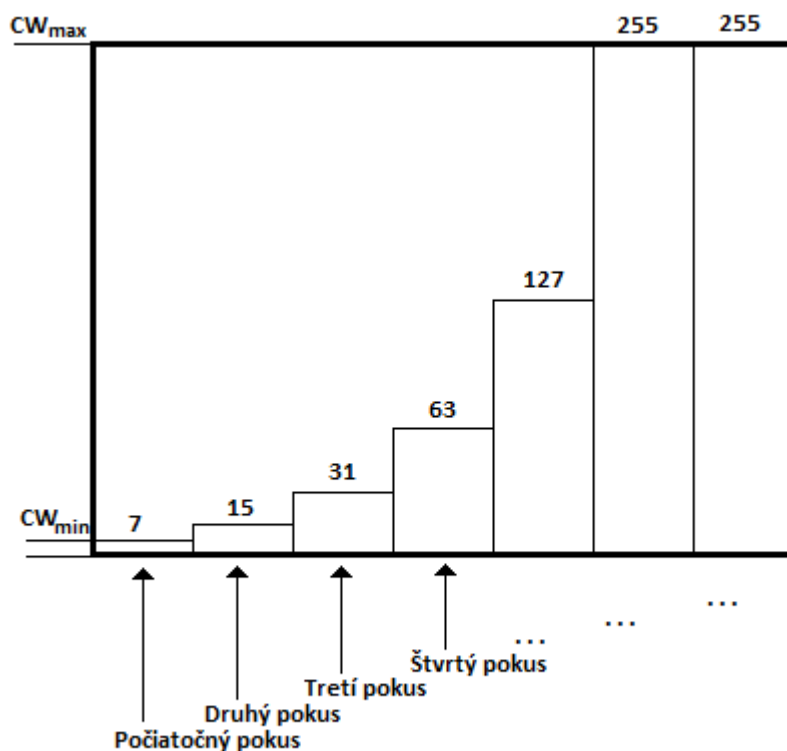
1.2.6 Náhodný ústupový čas

Stanica ktorá chce vysielat' dátové a/alebo organizačné jednotky musí pomocou CS mechanizmu skontrolovať status média. Ak je médium obsadené stanica sa musí stiahnuť až do chvíle keď bude médium voľné minimálne na čas DIFS, v prípade bezchybného prenosu na médiu, alebo na čas EIFS v prípade že bola detekovaná chyba. Po tomto DIFS alebo EIFS čase stanica dodatočne vygeneruje náhodný časový interval s rozmedzia CW_{\min} až CW_{\max} a pred samotným vysielaním stanica musí ešte počkať túto dobu. Ak sa stanici nestihne vynulovať tento časovač skrz to že iná stanica vygenerovala menšie číslo a teda vysielat' začala ona, stanica si hodntou časovača uloží a použije ju pri najbližšom súťažení. Z toho vyplýva že v prípade kolízie, stanica ktorá má nenulovú hodntou ústupového časovača negeneruje novú hodnotu ale použije tú ktorú má v pamäti.

Vždy však existuje pravdepodobnosť že dve alebo viac staníc si vygeneruje rovnaké hodnoty a teda skôr či neskôr dôjde ku kolízii. V takomto prípade dôjde ku navýšeniu súťažného okienka. Toto navýšenie je exponencionálneho charakteru a

odvíja sa od parametru AF (navyšujúci faktor). Hodnota navyšujúceho faktoru je štandardne nastavená na 2. Veľkosť nového okienka vychádza s rovnice 1.1. Toto okienko sa navyšuje pokým nedosiahne hodnotu CW_{max} . Na tejto hodnote zotrúva kým sa neresetuje na hodnotu CW_{min} , to sa deje po každom úspešnom odvysielaní rámcu danou stanicou. Na obrázku 1.3 je vyobrazený priebeh nárastu veľkosti súťažného okienka pri výskyte kolízií. [3],[8]

$$CW_{min}^{nove} = (CW_{min}^{stare} + 1) \cdot AF - 1 \quad (1.1)$$



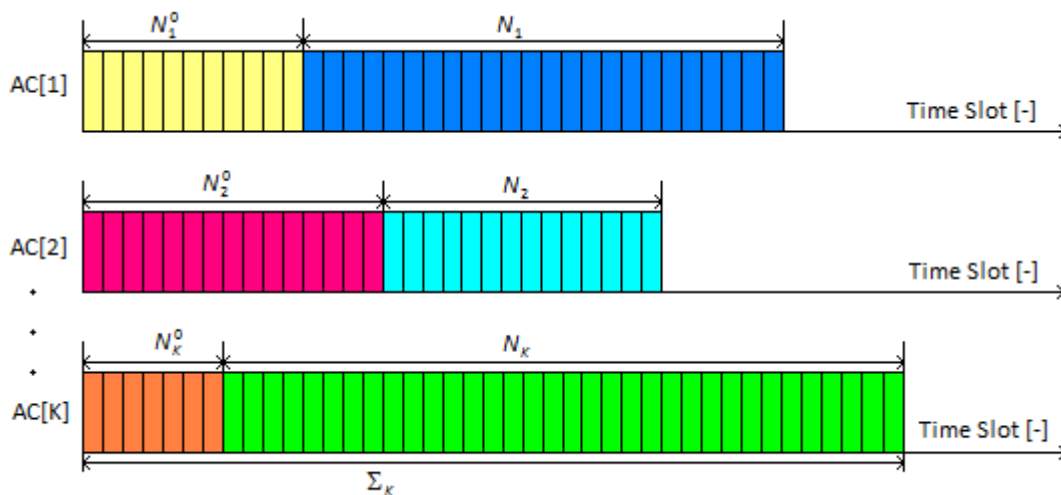
Obr. 1.3: Priebeh nárastu CW prístupovej kategórie AC_VO s $AF = 2$. [3]

1.3 Pravdepodobnostná analýza prístupovej metódy EDCA štandardu 802.11e

V tejto časti bude bližšie matematicky rozobratá prístupová metóda EDCA jej prístupové kategórie(AC) a ich vzťah ku rozhodujúcemu medzirámcovému priestoru(AIFS) a súťažnému okienku(CW). V nasledujúcich matematických modeloch budeme uvažovať malé zjednodušenie. To spočíva v tom že budeme predpokladať že v každom prípade si budú stanice generovať nové hodnoty založené na ich implicitných súťažných okienkach. Teda ich hodnoty nebudú nijak ovplyvnené predošlou súťažou. Takýto predpoklad síce ovplyvní relevanciu výsledku, no zodpovedá ľahko zaťaženej WLAN sieti a uľahčí matematické odvodzovanie [8].

1.3.1 Definície premenných

V použitom modeli sa uvažuje o stanicach v celkovom počte K . Každá z týchto staníc má vlastné $AIFS$ a CW_{min} . V rovniciach sa však bude vyskytovať namiesto $AIFS$ k -tej stanice, $k = 1, \dots, K$, premenná N_k^0 . Súťažné okienko k -tej stanice bude označené ako N_k . Súčet týchto intervalov k -tej stanice je vyjadrený teda ako $\Sigma_k = N_k^0 + N_k$.



Obr. 1.4: Model K prístupových kategórií s rôznymi AIFS a CW.[8]

V situáciách keď dôjde ku súťaži, každá stanica sa v podstate stane generátorom náhodného čísla z rozsahu N_k^0 až N_k . Toto číslo bude vždy celé, na koľko sa generuje počet Time Slot-ov. Takto môžeme stanice označiť ako náhodne premenné X_1, \dots, X_k ktoré sú štatisticky nezávislé.

$$X_k \sim Ud(\{N_k^0 + 1, \dots, N_k^0 + N_k\}), k = 1, \dots, K. \quad (1.2)$$

Stanica X_k vyhrá práve vtedy keď vygeneruje číslo menšie ako ktorékoľvek iné číslo vygenerované ostatnými stanicami. Táto analýza sa bude spravidla zaoberať prvou stanicou a jej pravdepodobnosťou P_{win} že vyhrá súťaž. V prípade že by sa jednalo o pravdepodobnosť výhry inej stanice ako prvej, bude použitý symbol P_{win}^k . Ku kolízií dôjde ak dve alebo viac staníc vygeneruje rovnaké číslo, a toto číslo bude zároveň najmenšie so všetkých vygenerovaných čísiel. Pravdepodobnosť že nastane tento jav je označená symbolom P_{coll} [8].

1.3.2 Matematická analýza

Tak ako bolo spomenuté vyššie, na to aby stanica vyhrala, musí vygenerovať číslo X_1 menšie ako ktorékoľvek číslo vygenerované inou stanicou. Pravdepodobnosť tohto javu je možné matematicky vyjadriť rovnicou 1.3

$$P_{\text{win}} = P(X_1 < X_2 \wedge X_1 < X_3 \wedge \dots \wedge X_1 < X_K) \quad (1.3)$$

Túto rovnicu je možné podľa článku [8] uvedeného v zozname literatúry upraviť na konečný tvar:

$$P_{\text{win}} = \frac{1}{\prod_{k=1}^K N_k} \sum_{i=1}^{N_1} \prod_{k=2}^K |\{a \mid a > N_k^0 \wedge a \leq \Sigma_k \wedge a > N_1^0 + i\}| \quad (1.4)$$

1.3.3 Algoritmus pre výpočet P_{win} a P_{coll}

Rovnicu 1.4 je možné previesť do algoritmu pre výpočet P_{win} . Tento algoritmus bude použitý v navrhovanom programe. Tento algoritmus využíva fakt že je možné ukladať čiastočné výsledky do matice preddefinovanej veľkosti. S týchto čiastočných výsledkov je práve podľa tejto rovnice vyrátaný finálny výsledok P_{win} . Teda pravdepodobnosť že prvá stanica vyhrá súťaž.

Algoritmus 1 (Výpočet P_{win} pre $K \geq 2$): Za predpokladu že všetky N_k^0 a N_k boli zadané.

1. Alokuj pamäť pre maticu s veľkosťou $K - 1 \times N_1$.
2. (voľiteľný krok) Nájdení $m = \min_k \{N_k^0\}$ a nahraď N_k^0 hodnotou $(N_k^0 - m$ pre všetky k).
3. Vyrátaj $\Sigma_k = N_k^0 + N_k$ pre všetky k .
4. Pre $n = (N_1^0 + 1) : \Sigma_1$ (všetky možné čísla vygenerované stanicou číslo 1, vonkajšia slučka):
Pre $k = 2 : K$ (všetky ostatné stanice, vnútorná slučka). Sčítanie všetkých

čísel a splňujúcich $a \in \{N_k^0 + 1, \dots, \Sigma_k\}$ a zároveň $a > n$. Ulož výsledok do matice, riadok $k-1$, stĺpec $n - N_1^0$.

5. Po vyplnení matice, vynásob všetky prvky v každom stĺpci a následné sčítaj výsledných N_1 čísel. Vydelením tohto hodnotou $\Pi_k N_k$, získaj výslednú hodnotu P_{win} .

Pravdepodobnosť že nastane kolízia sa dá získať jednoduchým spôsobom. Súťaž skončí buď to tým že jedna zo staníc vyhrá alebo nastane kolízia. Takže je možné napísať.

$$1 = P_{\text{win}}^1 + P_{\text{win}}^2 + \dots + P_{\text{win}}^K + P_{\text{coll}} \quad (1.5)$$

Algoritmus 2(Výpočet P_{coll} pre $K \geq 2$):

1. Pre $k = 1 : K$ Vypočítaj pravdepodobnosť P_{win}^k že k -ta stanica vyhrá.
2. Sčítaj výsledky a označ za s .
3. Vypočítaj P_{coll} ako $1 - s$.

V tabuľke 1.3 s článku [8] je výpočet pravdepodobnosti P_{win} a P_{coll} , pre stanice ktoré podporujú QoS(IEEE 802.11e štandard) a pre stanice ktoré QoS nepodporujú (802.11g)[8].

Tab. 1.3: Príklad vyrátaných P_{win} a P_{coll} [8]

k	Typ	AIFSN	CW_{min}	$P_{\text{win}}^k \cdot 100$
1	802.11e-AC_VI	2	7	16,03
2	802.11e-AC_VO	2	3	50,97
3	802.11e-AC_BE	3	15	2,59
4	802.11e-AC_BE	3	15	2,59
5	802.11e-AC_BK	7	15	0
6	802.11g	3	15	2,59
7	802.11g	3	15	2,59
P_{coll}				22,66

2 PROGRAM PRE VÝPOČET PRAVDEPODOBNOSTI VÝHRY SÚŤAŽE MEDZI STANICAMI

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo vytvoriť program, pomocou ktorého by bolo možné vypočítať a následne zobrazíť, pravdepodobnosť že stanica vyhrá súťaž o príležitosť vysielat'. Táto súťaž prebieha pri použití štandardu 802.11e v sieťach Wi-Fi, bližšie popísaného v časti 1.2. Pre vývoj tohoto programu bol použitý programovací jazyk Java a vývojové prostredie bolo zvolené EasyEclipse Desktop Java.[7]

2.1 Technológia Java

Technológia Java je programovací jazyk a zároveň aj platforma.

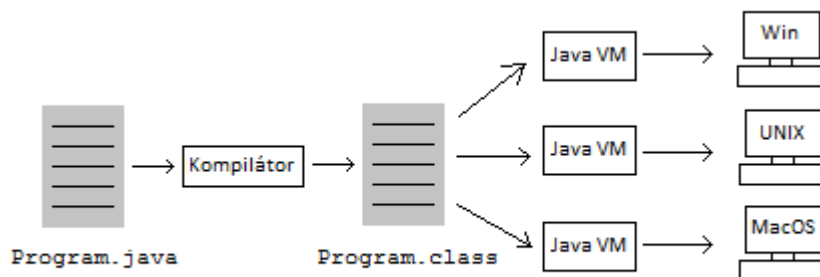
2.1.1 Programovací jazyk Java

Programovací jazyk Java je vyšší programovací jazyk, ktorý je možné stručne charakterizovať ako:

- Jednoduchý
- Objektovo orientovaný
- Distribuovaný
- Viacvláknový
- Dynamický
- Nezávislý od architektúry
- Prenosný
- Výkonný
- Robustný
- Bezpečný

Medzi jeho významné prednosti patrí robustnosť a bezpečnosť (Java applety používajú na svojich stránkach mnohé banky). Najväčšou výhodou tohoto programovacieho jazyka je jeho nezávislosť na architektúre.

V praxi to znamená že zdrojový kód ako taký, sa píše v holom texte a uloží sa do súboru s príponou `.java`. Tieto zdrojové súbory sú následne skompilované do súborov s príponou `.class`. Tento novo-vzniknutý súbor obsahuje tzv. bajtkód - strojový kód pre virtuálny stroj Java (JVM). Program `java launcher`, ktorý je už závislý na platforme na ktorej beží, spúšťa instanciu JVM a tá samotný program. [7]



Obr. 2.1: Prehľad vývoju software

2.1.2 Java platforma

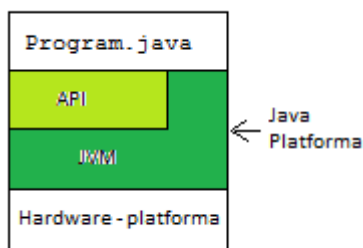
Platforma je hardwareové alebo softwareové prostredie v ktorom beží program. Väčšina platform sa skladá s kombinácie software a hardware (MS Windows, Linux, Mac OS atď.) Java platforma sa avšak líši v tom že sa jedná o čiste softwareovú platformu ktorá beží na iných hardwareových (popr. kombinovaných) platformách. [7]

Java platforma s skladá z dvoch častí:

- Java Virtuálny Stroj (JVM)
- Java rozhranie pre programovanie aplikácií (Java API)

API je v podstate zbierka predprogramovaných softwareových súčastí, ktoré poskytujú veľké množstvo funkcií. Tieto sú zhrnuté do knižníc, ktoré sa tiež označujú ako balíky (packages).

Ako platformovo nezávislé prostredie, Java platforma môže byť o niečo pomalšia ako klasické programy. Avšak, vysoká úroveň kompilátoru a virtuálneho stroja umožňuje, dosiahnuť porovnateľného výkonu s nenahraditeľnou výhodou prenositeľnosti.[7]



Obr. 2.2: Java platforma

2.2 EasyEclipse Desktop Java

2.2.1 Nadácia Eclipse

Eclipse je *open source* komunita, ktorej projekty sú zamerané na budovanie otvorenej vývojovej platformy, obsahujúcej rozšíriteľné rámce (*extensible frameworks*), nástroje a cykly pre tvorbu, vývoj a správu softwaru skrz celý jeho životný cyklus. Projekt Eclipse bol pôvodne vytvorený vo firme IBM v Novembri 2001 s podporou konzorcia softwareových dodávateľov. Eclipse nadácia bola vytvorená v Januári 2004 ako nezávislá nezisková spoločnosť za účelom správy Eclipse komunity. [2]

2.2.2 EasyEclipse

Základnou činnosťou nadácie Eclipse je tvorba integrovaného vývojového prostredia (IDE), ktoré by bolo univerzálne a voľne rozšíriteľné o rôzne prvky. S univerzálnosťou ale prichádza aj komplexnosť a s tou často aj zložitosť a neprehľadnosť. Množstvo rozširujúcich balíčkov, ktoré sa od seba líšili len veľmi málo, s tým spojené problémy s konzistenciou, dali za vznik projektu EasyEclipse.

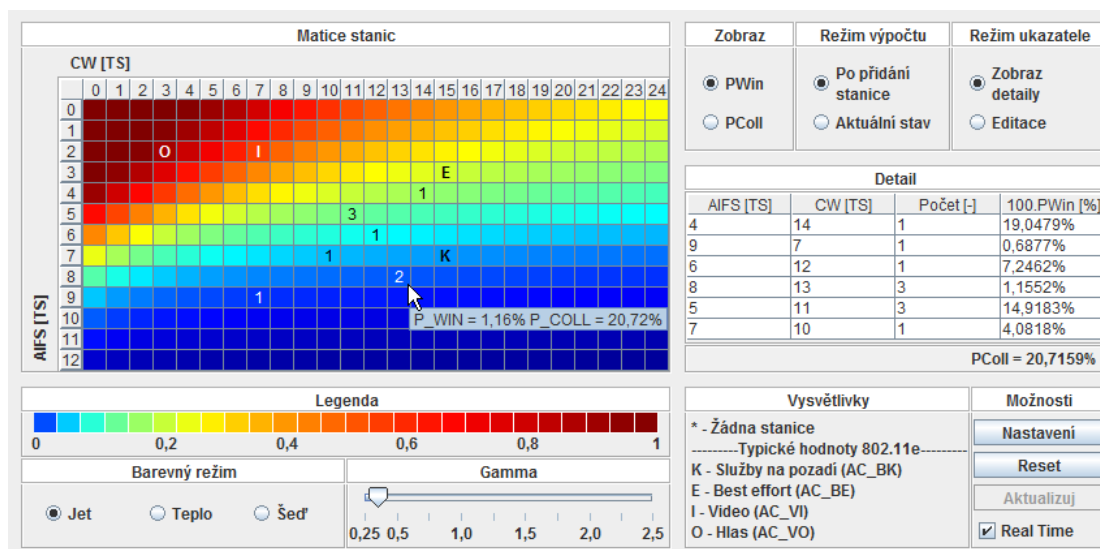
Projekt EasyEclipse je plnohodnotnou súčasťou nadácie Eclipse. Zameriava sa na vývoj jednotlivých distribúcií pre každý programovací jazyk zvlášť, distribúcie sú potom tzv. šité na mieru. Prvky typické pre daný jazyk sa dostávajú do popredia, atypické zas tam kde nebudú prekážať, časti ktoré nie sú potrebné tam jednoducho nie sú. Táto politika je uplatnená aj na rozširujúce balíčky, tie sa v zozname prídavných balíčkov implicitne nezobrazia. Takto je možné udržať funkčnosť a zároveň zachovať jednoduchosť, prehľadnosť a konzistenciu.

Každá distribúcia tohoto projektu, je dostupná pre Windows, Mac OS a Linux.

- Distribúcie pre Java
 - EasyEclipse Expert Java
 - EasyEclipse Desktop Java
 - EasyEclipse Server Java
 - EasyEclipse Mobile Java
 - EasyEclipse pre Pluginy and RCP Aplikácie
- Distribúcie pre web a dynamické jazyky
 - EasyEclipse pre LAMP
 - EasyEclipse pre PHP
 - EasyEclipse pre Ruby a Rails
 - EasyEclipse pre Python
- Distribúcie pre C/C++
 - EasyEclipse pre C a C++

2.3 Grafické užívateľské rozhranie

Program bol písaný v IDE EasyEclipse Desktop Java vo verzii 1.3.1.1, ktorá je založená na IDE Eclipse vo verzii 3.3.1. Použitý programovací jazyk bol teda Java vo verzii 6 update 24 (Java JDK 6u24).



Obr. 2.3: GUI programu

Hlavnou úlohou tohoto programu je sprostredkovať užívateľovy prostredie v ktorom, by bolo možné vkladať, editovať a odoberať stanice s ľubovoľnými parametrami AIFS a CW_{\min} ¹. Vplyv týchto staníc na prevádzku v sieti Wi-Fi² by malo byť možné prehľadne odsledovať a analyzovať. Ďalej by program mal užívateľovi uľahčiť voľbu parametrov AIFS a CW_{\min} novej stanice ktorú, sa chystá pridať, a jej vplyv na šance ku získaniu prístupu ku zdieľanému médiu existujúcich staníc.

Program by mal byť jednoduchý na obsluhu a prehľadný, tak aby práca s ním nebola náročná, ale aby zároveň boli výsledky ľahko dostupné a zrozumiteľné.

Program by mal byť nezávislý na použítom operačnom systéme. Použitie technológie Java, umožňuje odstrániť tieto možné problémy. Stačí aby bolo na užívateľskom počítači nainštalované prostredie Java (JRE alebo JDK). V prípade appletu, je nutné mať v použítom internetovom prehliadači nainštalovaný Java plugin.

¹Parameter CW_{\max} sa neuvažuje nakoľko, program prepokladá vždy novú nezávislú súťaž.

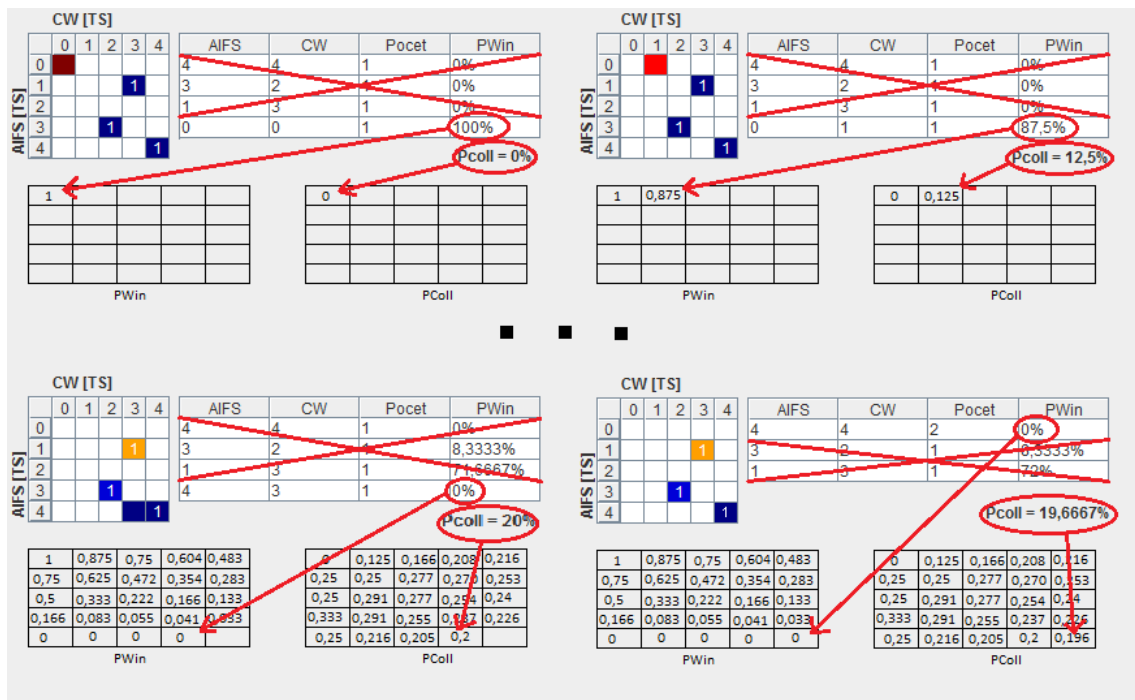
²Sieť musí podporovať metódu prístupu EDCA.

2.3.1 Princíp výpočtu P_{win} a P_{coll}

Algoritmus pre výpočet P_{win} a P_{coll} , v prípade že je daný fixný stav staníc v sieti a jedná sa teda skôr len o analýzu, je vysvetlený v časti 1.3.3. V programe sa teda jedná o režim **Aktuálny stav**, kedy v tabuľke **Detail** sú vypísané parametre AIFS a CW_{min} , počty a P_{win} v percentách, staníc navolených užívateľom. Pod tabuľkou je zapísaná P_{coll} .

V prípade že užívateľ chce do existujúcej sieti pridať stanicu, má dve možnosti. V prvom prípade môže manuálne vkladať a odoberať stanice na rôzne pozície matice (meniť parametre pridávanej stanice). Získané poznatky o pravdepodobnosti tejto stanici na výhru a jej vplyv na prevádzku sieti môže porovnávať a následne sa rozhodnúť.

V druhom prípade môže užívateľ prepnúť program do režimu **Po pridaní stanice** a nechať ho postupne prejsť celou maticou. Program odsimuluje chovanie užívateľa a to tak že na každej pozícii najskôr pridá stanicu, vyráta pravdepodobnosti na výhru tejto stanice a staníc vložených užívateľom, ďalej vypočíta pravdepodobnosť na výskyt kolízie na zdieľanom médiu. Výslednú hodnotu P_{win} pre pridanú stanicu a P_{coll} si program uloží a stanicu odstráni. Výsledkom tohoto procesu sú dve matice s rozmerom pôvodnej vstupnej matice, prvá obsahuje P_{win} pridávanej stanice. Nakoľko každá jedná pozícia pridávanej stanice reprezentuje samostatný sieťový model do druhej matice sa ukladá P_{coll} odpovedajúce danému modelu.



Obr. 2.4: Predpoveď prevádzky na médiu

2.3.2 Režimy

Program môže pracovať až v ôsmych režimoch, tie sú usporiadané do 4 návzájom sa vylučujúcich dvojíc. Ukážky programu v jednotlivých režimoch je možné vidieť v prílohe jedna...

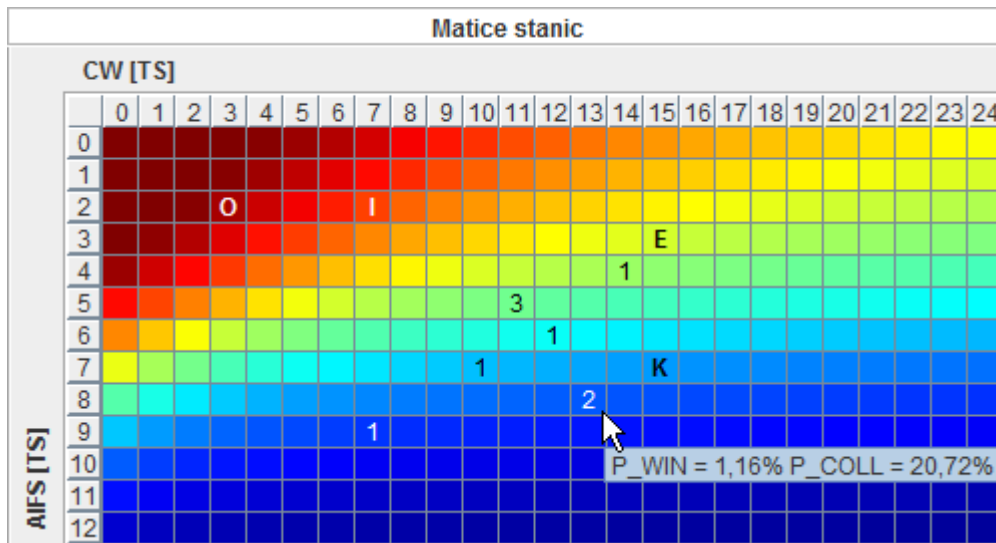
Zobraz	Režim výpočtu	Režim ukazatele	Možnosti
<input checked="" type="radio"/> PWin	<input checked="" type="radio"/> Po prídání stanice	<input checked="" type="radio"/> Zobraz detaily	<input type="button" value="Nastavení"/>
<input type="radio"/> PColl	<input type="radio"/> Aktuální stav	<input type="radio"/> Editace	<input type="button" value="Reset"/>
			<input type="button" value="Aktualizuj"/>
			<input checked="" type="checkbox"/> Real Time

Obr. 2.5: Prehľad možných režimov

- **Voľba výslednej hodnoty pre farbené prevedenie.**
 - PWin** Pre zafarbenie políčka stanice v matici sa použije výsledná hodnota P_{win} .
 - PColl** Pre zafarbenie políčka stanice v matici sa použije výsledná hodnota P_{coll} .
- **Voľba režimu výpočtu.**
 - Po prídání stanice** Program spustí výpočet predpovedí prevádzky na sieti WiFi³.
 - Aktuální stav** Program pre užívateľom vložené stanice vypočíta pravdepodobnosť výhry jednotlivej stanice alebo pravdepodobnosť že na médiu nastane kolízia.
- **Voľba režimu interakcie myši**
 - Editace** V tomto režime je možné vo vstupnej matici pridávať (ľavé tlačidlo myši) alebo odoberať (pravé tlačidlo myši) stanice.
 - Zobraz detaily** V tomto režime je možné prehliadať výsledky výpočtu pre stanicu, v tabuľke Detail(dostupné len v režime Po prídání stanice).
- **Real time**
 - Real time povolené** Pri tejto možnosti program reaguje na zmenu (pridanie/odobranie stanice, zmena iných režimov atď.) okamžite tzn. okamžite prebehne výpočet a vykreslenie polí matice.
 - Real time zamietnuté** S narastajúcou veľkosťou matice a počtom staníc sa zvyšuje aj záťaž na počítač (výpočty sú zložité, hlavne v režime Po prídání). Vypnutím možnosti Real time výpočet a vykreslenie prebehne len po stlačení tlačidla Aktualizuj.

³Viz 2.3.1 Princíp výpočtu P_{win} a P_{coll}

2.3.3 Matica staníc



Obr. 2.6: Vstupná matica

Základným prvkom celého užívateľského rozhrania je *Matica stanic*. Na jej vertikálnej osi sú hodnoty AIFS medzirámčového priestoru. Hodnota vyjadruje počet time slotov (časových intervalov). Na horizontálnej osi je veľkosť súťažného okienka (CW_{min}) tiež vyjadrená v time slotoch. Pozícia stanice v matici teda určuje jej dva základné parametre, potrebné pre výpočet pravdepodobnosti že vyhrá súťaž o prístup ku zdieľanému médiu.

Pre editáciu staníc musí byť užívateľ v režíme *Editace*⁴. Stanicu užívateľ vloží kliknutím ľavého tlačidla myši. Číslo na danej pozícii indikuje počet staníc s rovnakými parametrami. Odstránenie stanice, prebieha kliknutím pravého tlačidla myši.

Presunutím myši nad stanicu vyvolá užívateľ tzv. tooltip text ktorý, percentuálne vyjadrí výsledok výpočtu pre danú stanicu. Ak sa program nachádza v režíme *Aktuální stav*, tooltip text zobrazí hodnotu P_{win} ⁵. V prípade že je zvolený režim *Po přidání stanice*, tooltip bude obsahovať aj hodnotu P_{coll} , ktorá je v tomto režíme špecifická pre každú pozíciu v matici.

Farba políčka v matici na pozícii stanice, zodpovedá vypočítanej hodnote v závislosti na režíme výpočtu (P_{win} alebo P_{coll}) a použitom farebnom modeli (*Jet*, *Teplo* alebo *Šed'*).

⁴Viz 2.3.2 Režímy.

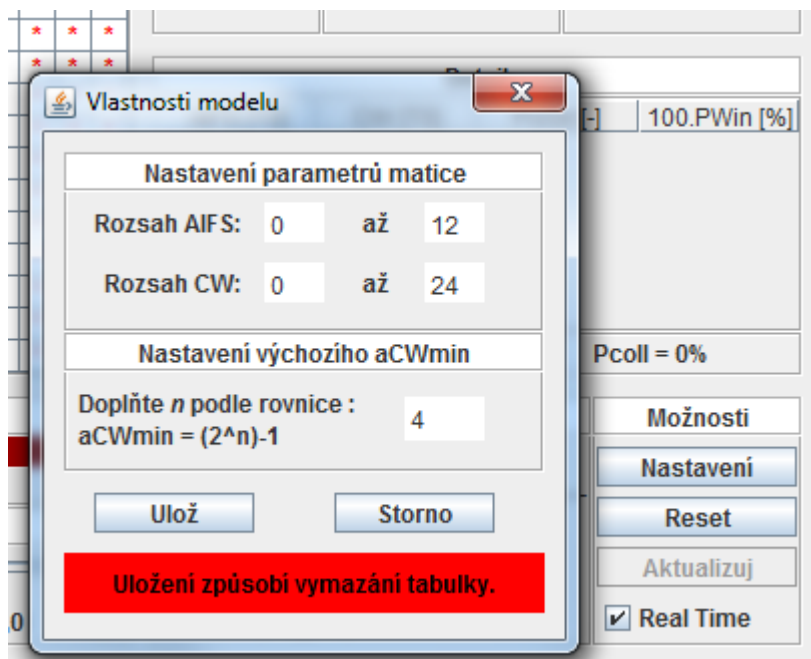
⁵ P_{coll} je v tomto režíme spoločné pre všetky stanice, jeho hodnotu je možné vidieť pod tabuľkou *Detail*.

Symbol * oznamuje v matici, že na danej pozícii sa momentálne nenachádza žiadna matica. Ďalej sa v matici nachádzajú písmenami O, I, E a K vyznačené implicitné parametre pre prístupové kategórie štandardu 802.11e. Vzťahy určujúce parametre jednotlivých staníc je možné vidieť v tabuľke 1.2. Ich jediný vstupný parameter aCW_{min} je možné zmeniť v nastaveniach.

Vysvetlivky
* - Žiadna stanica
-----Typické hodnoty 802.11e-----
K - Služby na pozadí (AC_BK)
E - Best effort (AC_BE)
I - Video (AC_VI)
O - Hlas (AC_VO)

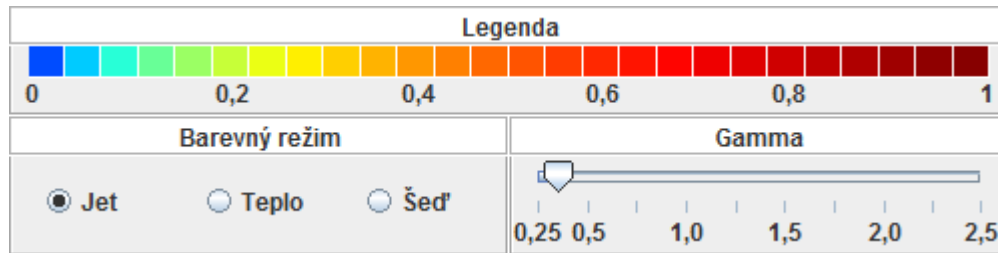
Obr. 2.7: Časť GUI obsahujúca vysvetlivky k použitým skratkám.

Veľkosť vstupnej matice sa dá jednoducho upraviť. Stačí stlačiť tlačidlo **Nastavení** po ktorom sa objaví dialógové okno v ktorom je možné upraviť rozmery vstupnej matice. Po stlačení tlačidla **Ulož** sa pôvodná matica vymaže vytvorí sa nová so zadanými rozmermi. Tlačidlom **Storno** sa neprevedú žiadne zmeny a dialógové okno sa zavrie. Ak si užívateľ praje z matice odstrániť všetky stanice a pri tom nemeniť jej rozmery, stačí kliknúť na tlačidlo **Reset**.



Obr. 2.8: Časť GUI s dialógovým oknom pre nastavenie rozmeru

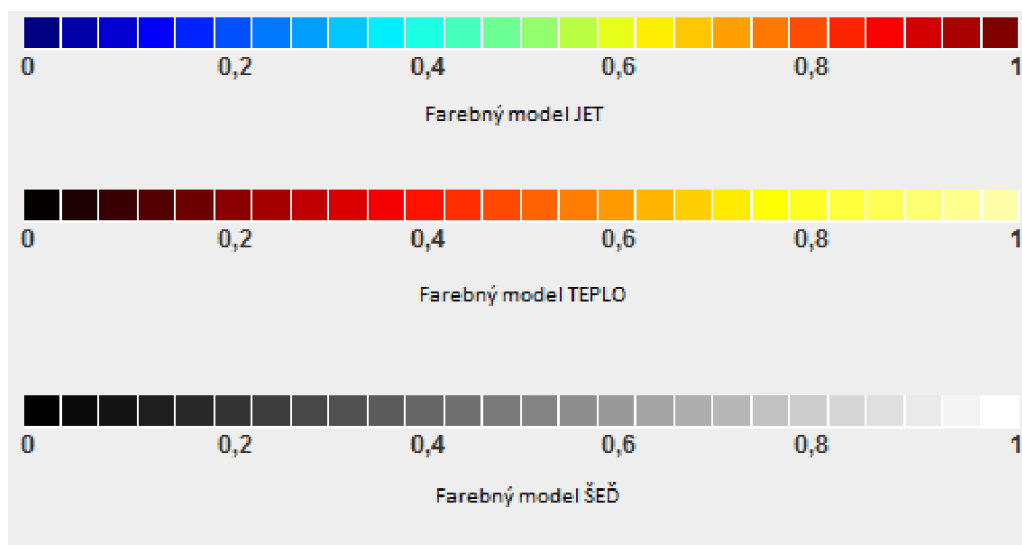
2.3.4 Farebné modely a gamma



Obr. 2.9: Sekcia GUI pre nastavenie farebného prevedenia

Výsledky výpočtov P_{win} a P_{coll} sa pohybujú v rozahu 0 až 1, a často sa stáva že hodnoty sú si veľmi blízke. Prezentácia výsledku výpočtu len maticou naplnenou takýmito hodnotami by teda nemusela byť tým najvhodnejším riešením, hlavne kvôli veľkej neprehľadnosti. Vhodnejším riešením je preto zavedenie farebnej prezentácie výsledku, zvýši sa tým prehľadnosť a program sa tým stane aj viac priateľskejší k užívateľovi. V programe je samozrejme prítomná legenda ktorá zlepšuje orientáciu vo farebnom prevedení.

V programe je na výber celkom z troch farebných modelov. Každý model má celkom 256 farieb (8 bitové rozlíšenie), každá farba reprezentuje určitú hodnotu od 0 až po 1.



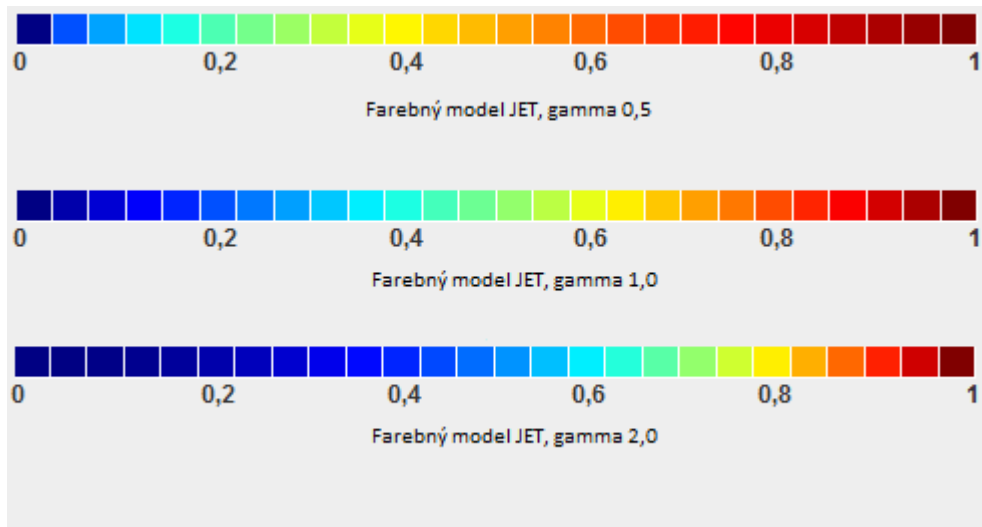
Obr. 2.10: Prehľad použitých farebných modelov

Keďže sa relatívne často stáva že výsledky sa od seba navzájom veľmi nelíšia, a v takýchto jednoduchých farebných modeloch by mohlo dochádzať ku splývaniu dvoch blízkyh farieb, bola do programu zavedená aj regulácia **gamma**. Regulácia

gamma sa stará o delinerizáciu výsledku. K tomuto účelu je teda aplikovaný na výsledok v rozsahu 0 až 1 nasledujúci vzorec.

$$vystup = vstup^{gamma} \quad (2.1)$$

Užívateľ pomocou gamma faktoru môže teda zlepšiť rozlíšenie v želanej oblasti rozsahu výsledkov.



Obr. 2.11: Vplyv gamma faktoru

2.3.5 Tabuľka detail

Ďalšou dôležitou časťou GUI je tabuľka Detail. V prvom rade slúži ako prehľadná číselná sumarizácia výsledkov výpočtu. Za druhé je jeho úlohou v režime Po pridání stanice zobrazit informácie o sieťovom modeli ukrývajúcejmu sa pod každým individuálnym políčkem vstupnej matice. Nakoľko v režime Po pridání stanice je farebne zobrazená len P_{win} pridávanej stanice alebo P_{coll} celého sieťového modelu.

Detail			
AIFS [TS]	CW [TS]	Počet [-]	100.PWin [%]
6	19	5	0,2538%
5	13	2	1,428%
7	6	1	0,1453%
12	4	2	0%
12	18	1	0%
4	5	1	11,1158%
Pcoll = 18,4955%			

Obr. 2.12: Časť GUI obsahujúca tabuľku detail

3 ZÁVER

Táto bakalárska práca bola zameraná na teóriu potrebnú ku pochopeniu problematiky pridelovania vysielacích práv staniciam v sieťach WLAN, pracujúcim pod štandardom skupiny IEEE 802.11e. Ďalej tu bol spracovaný pravdepodobnostný model tohoto procesu a následne algoritmus pre výpočet požadovanej pravdepodobnosti že stanica vyhrá súťaž P_{win} alebo že na zdieľanom médiu nastane kolízia P_{coll} .

V druhej časti práce bolo vytvorené grafické užívateľské rozhranie formou Java appletu, ktoré umožňuje jednoducho a rýchlo analyzovať situáciu v sieti WiFi. Tiež slúži ako užitočný nástroj pri rozširovaní bezdrôtovej siete o nové stanice. Využitie tento applet teda môže nájsť v oblasti výuky, kde študenti názorne vidia vplyv staníc na premávku na zdieľanom médiu. Tiež sa môže uplatniť ako užitočný nástroj pre administrátorov WiFi sietí, na ktorých dochádza ku častým kolíziám, poprípade sa len chystajú spravovanú sieť rozšíriť o nové stanice.

LITERATÚRA

- [1] BRENNER, P. *A Technical Tutorial on the IEEE 802.11 Protocol* [online]. Tel Aviv (Israel) : BreezeCOM, 1997 [cit. 2010-11-24]. Dostupné z WWW: <<http://www.qsl.net/n9zia/wireless/pdf/802.11.pdf>>.
- [2] ECLIPSE CORPORATION "About The Eclipse Foundation" [cit. 2011-29-05] [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.eclipse.org/org/>>
- [3] IEEE. *Std. 802.11 - 2007 : IEEE standard for Local and Metropolitan area networks - Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications* [online]. New York (NY) : IEEE, 12.6.2007 [cit. 2010-11-24]. Dostupné z WWW: <<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2007.pdf> >. ISBN 0-7381-5655-8.
- [4] INTEL CORPORATION "Providing QoS in WLANs: How the IEEE 802.11e Standard QoS Enhancements Will Affect the Performance of WLANs" September 2004 [online]. Dostupné z WWW: <http://www.intel.com/network/connectivity/resources/doc_library/white_papers/30376201.pdf>
- [5] KOSCIELNIK, D. *Analysis of IEEE 802.11E Standard in Terms of Real Time Application Requirements , icwmc, pp.14, Second International Conference on Wireless and Mobile Communications (ICWMC'06), 2006.*
- [6] MOLNÁR K. "Hardware Počítačových Sítí" skriptum VUT, 2006.
- [7] ORACLE CORPORATION "About The Java Technology" [cit. 2011-29-05] [online]. Dostupné z WWW: <<http://download.oracle.com/javase/tutorial/getStarted/intro/definition.html>>
- [8] RAJMIC, P.; MOLNÁR, K., K. *Optimized Algorithm for Probabilistic Evaluation of Enhanced Distributed Coordination Access According to IEEE 802.11e, In Proceedings of Telecommunications and Signal Processing TSP'2010, August 2010.*
- [9] ZHEN-NING K.; TSANG, D.H.K.; BENSAOU, B.; DEYUN G.; "Performance analysis of IEEE 802.11e contention-based channel access," *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on* , vol.22, no.10, pp. 2095- 2106, Dec. 2004 [online]. Dostupné z WWW: <URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1362719&isnumber=29858>>

ZOZNAM SYMBOLOV, VELIČÍN A SKRATIEK

AC	prístupová kategória – Access Category
ACK	potvrdenie – Acknowledgement
ADSL	asymetrické digitálne účastnícke vedenie – Asymmetric Digital Subscriber Line
AIFS	rozhodujúci medzirámcový priestor – Arbitration Inter Frame Space
AP	prístupový bod – Access Point
API	rozhranie pre programovanie aplikácií – Application Programming Interface
BSS	základna sada služieb – Basic Service Set
CAP	fáza riadeného prístupu – Controlled Access Phase
CFP	nesúťažný interval – Contention Free Period
CP	súťažný interval – Contention Period
CRC	cyklický redundantný súčet – Cyclic Redundancy Check
CS	sledovanie nosnej vlny – Carrier Sense
CSMA	riadenie viacnásobného prístupu k médiu so sledovaním nosnej vlny – Carrier Sense Multiple Access
CSMA/CA	riadenie viacnásobného prístupu so sledovaním nosnej vlny s metódou predchádzania kolízie – Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CTS	vyšielanie povolené – Clear To Send
CW	súťažné okienko – Contention Window
DCF	distribúovaná koordinačná funkcia – Distributed Coordination Function
DIFS	distribučný medzirámcový priestor – Distributed Inter Frame Space
EDCA	rozšírený distribuovaný prístup ku kanálu – Enhanced Distributed Channel Access

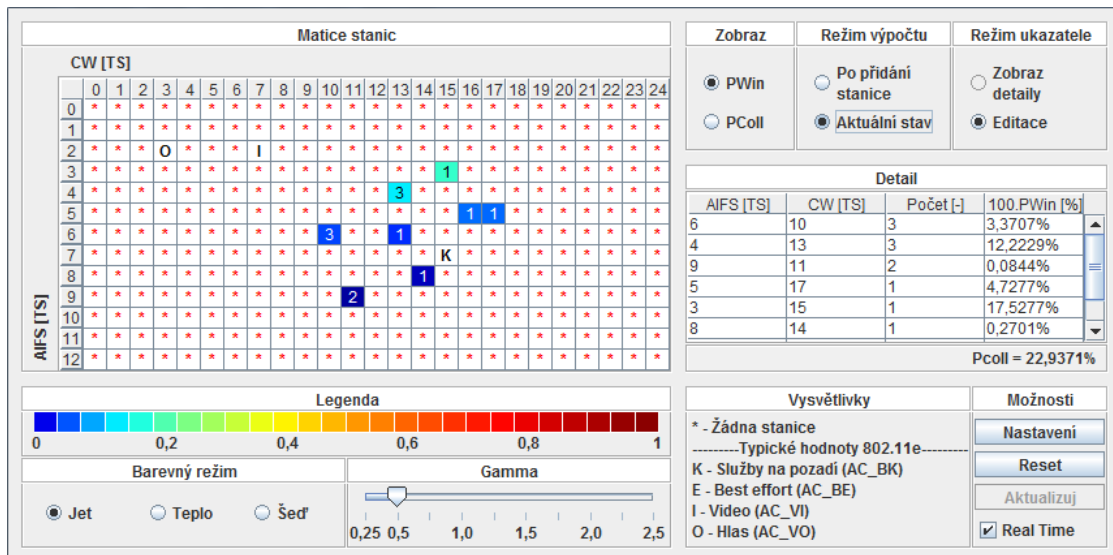
EIFS	rozšírený medzirámcový priestor – Extended Inter Frame Space
ESS	rozšírená sada služieb – Extended Service Set
HC	hybridný koordinátor – Hybrid Coordinator
HCCA	HCF riadenia prístupu ku kanálu – HCF Channel Control Access
HCF	hybridná koordinačná funkcia – Hybrid Coordination Function
HSCSD	vysokorýchlostná sieť so spínaním okruhov – High Speed Circuit Switched Data
IBSS	nezavislá základná sada služieb – Independent Basic Service Set
IDE	integrované vývojové prostredie – Integrated Development Environment
IEEE	inštitú pre elektrotechnické a elektronické inžinierstvo – Institute of Electrical and Electronics Engineers
IFS	medzirámcový priestor – Inter Frame Space
ISDN	digitálna sieť integrovaných služieb – Integrated Services Digital Network
JDK	nástroj pre vývoj Javy – Java Development Kit
JRE	prostredie pre spúšťanie Javy – Java Runtime Environment
JVM	virtuálny stroj Java – Java Virtual Machine
LAMP	Linux OS, Apache web server, MySQL databázový systém a PHP, Perl alebo Python ako skriptovací jazyk
MAC	riadenie prístupu k médiu – Medium Access Control
NAV	sieťový alokačný vektor – Network Allocation Vector
PCF	bodová koordinačná funkcia – point coordination function
PIFS	PCF medzirámcový priestor – PCF Inter Frame Space
QoS	kvalita služby – Quality of Service
RCP	platforma tučného klienta – Rich Client Platform
RTS	žiadosť o vysielanie – Request To Send

SIFS	krátky medzirámcový priestor – Short Inter Frame Space
SSID	jedinečný identifikátor bezdrôtovej siete – Service Set Identifier
TC	prevádzková kategória – Traffic Category
TS	prevádzkový tok – Traffic Stream
TXOP	príležitosť vysielat' – Transmit Opportunity
UMTS	univerzálny systém mobilných telekomunikácií – Universal Mobile Telecommunications System
UP	priorita užívateľa – User Priority
WLAN	lokálna bezdrôtová sieť – Wireless Local Area Network

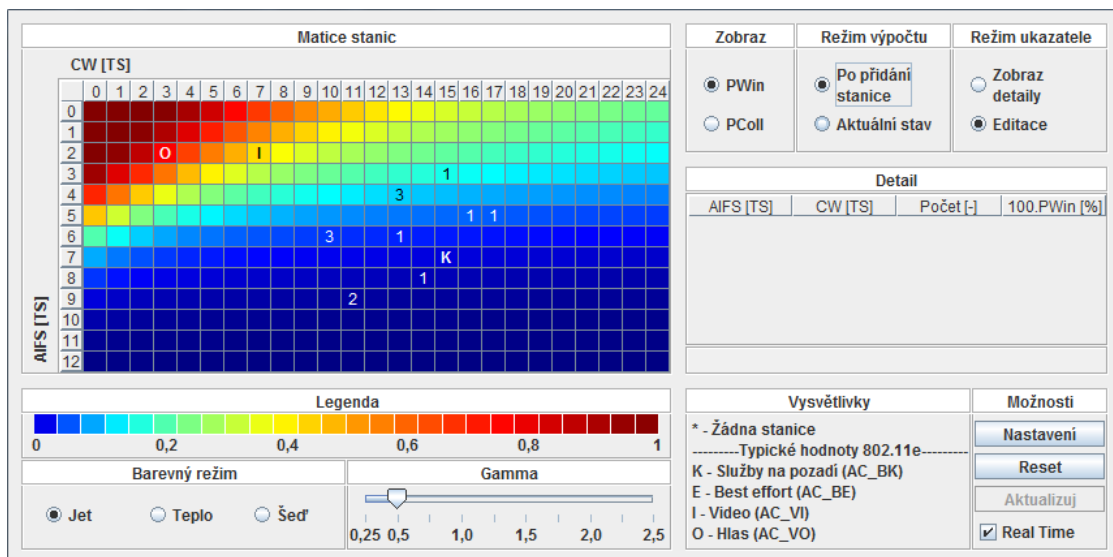
ZOZNAM PRÍLOH

A Nastavenia jednotlivých režimov v GUI	37
B Obsah priloženého CD	40
C Obsah súboru index.html	41

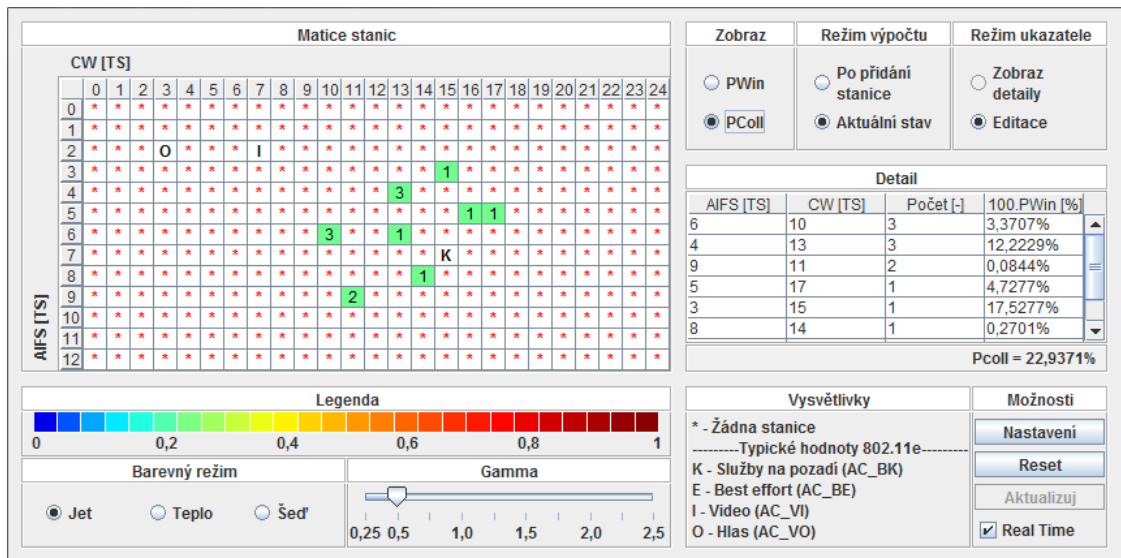
A NASTAVENIA JEDNOTLIVÝCH REŽÍMOV V GUI



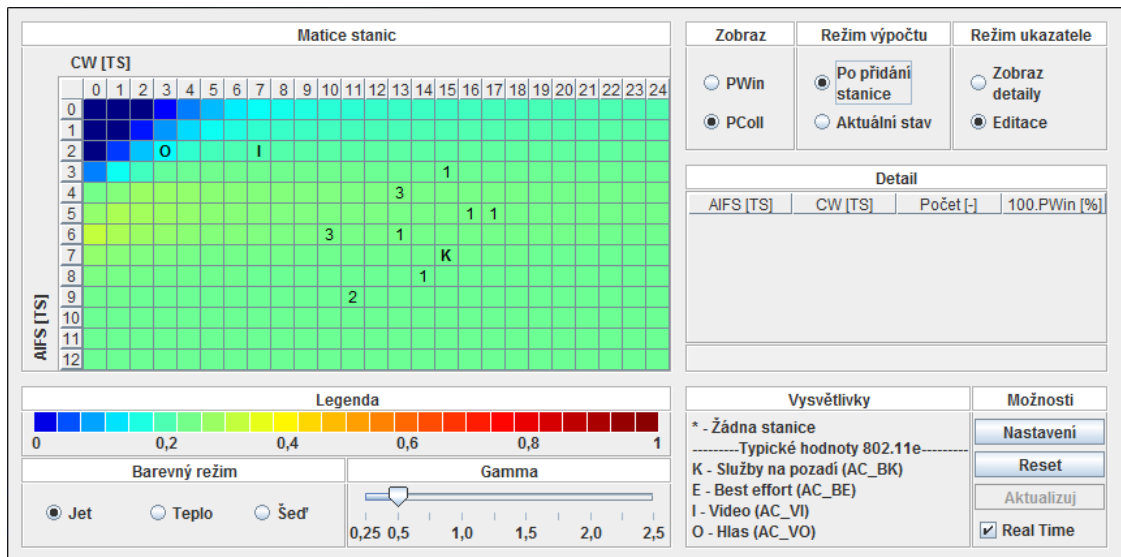
Obr. A.1: Zobraz: P_{win} , Režim výpočtu: Aktuální stav, Farebný režim: JET, Gamma: 0,5



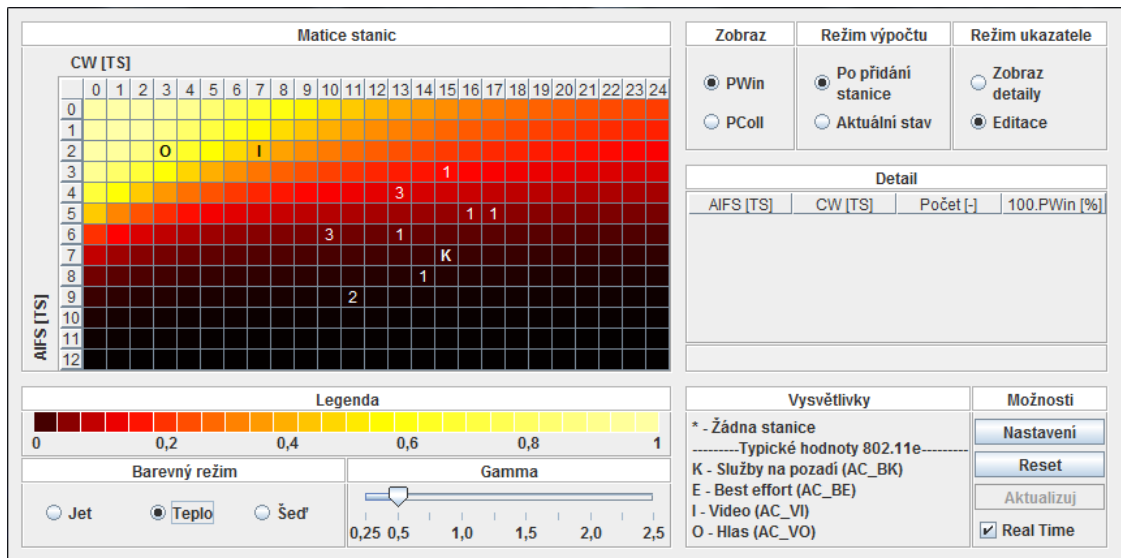
Obr. A.2: Zobraz: P_{win} , Režim výpočtu: Po přidání stanice, Farebný režim: JET, Gamma: 0,5



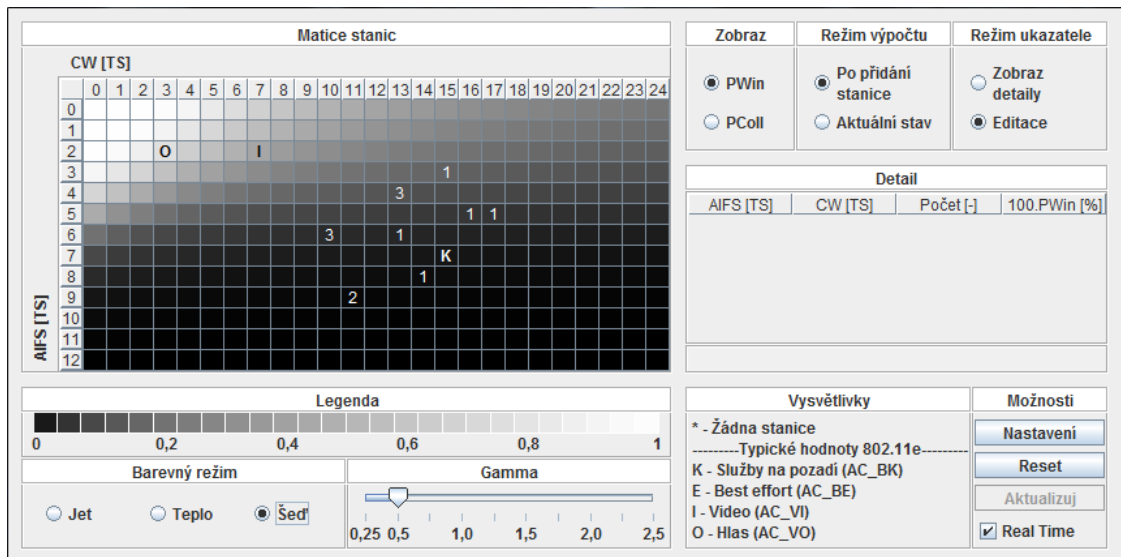
Obr. A.3: Zobraz: P_{coll}, Režim výpočtu: Aktuální stav, Farebný režim: JET, Gamma: 0,5



Obr. A.4: Zobraz: P_{coll}, Režim výpočtu: Po přidání stanice, Farebný režim: JET, Gamma: 0,5



Obr. A.5: Zobraz: P_{win} , Režim výpočtu: Po přidání stanice, Farebný režim: Teplo, Gamma: 0,5



Obr. A.6: Zobraz: P_{win} , Režim výpočtu: Po přidání stanice, Farebný režim: Šed', Gamma: 0,5

B OBSAH PRILOŽENÉHO CD

BP_STECIK_115277.pdf Elektronická verzia práce vo formáte pdf.

EDCA_GUI_APPLET.jar Java applet GUI vo formáte jar.

EDCA_GUI_FRAME.jar GUI vo forme samostatnej desktopovej aplikácie, tiež vo formáte jar.

index.html Súbor obsahujúci html kód so stručným komentárom ku programu.

tablestyle.css Súbor obsahujúci konfigurované nastavenia štýlu pre súbor index.html.

C OBSAH SÚBORU INDEX.HTML

Základní informace

- Pro správnou funkčnost je nutné mít nainstalovanou aktuální verzi Javy, včetně Java pluginu v prohlížeči.
- Obnovení stránky způsobí vymazání všech stanic a zrušení veškerých provedených změn.
- Přístupová metoda EDCA je distribuovaná. V praxi to tedy znamená, že každá stanice, která chce použít variabilní délku čekací doby musí mít podporu standardu 802.11e a jeho implementaci QoS.
- Program počítá vždy s novou soutěží. Je ovšem možné simulovat probíhající soutěž vložением stanic s nenulovým AIFS a nulovým CW. Rovněž je možné takhle simulovat stanice, které nepodporují variabilní délku čekací doby.

Matice stanic

- Čísla na pozicích stanic značí jejich počet. Použité znaky jsou vysvětleny v části **Vysvětlivky**
- Čísla na osách značí počet Time Slotů.
- **AIFS** - je fixní část čekací doby stanice.
- **CW** - určuje rozsah, ze kterého se náhodně generuje variabilní část čekací doby stanice.
- **Příklad** - jestli je AIFS = 7 TS a CW = 3 TS, pak možná generovaná doba je 7, 8, 9, nebo 10 časových intervalů /Time slotů/.
- Najetím ukazatele nad políčko zobrazí číselnou hodnotu PWin /pro režim **Aktuální stav**/ nebo PWin a PColl/ pro režim **Po přidání stanice**/, pro dané políčko **Matice stanic**.

Zobraz

- Slouží na výběr výsledku pro zbarvení buněk matice: **PWin** nebo **PColl**.

Režim výpočtu

- **Aktuální stav** - Slouží na analýzu modelu sítě, složeného s uživatelem zadaných stanic. Program vypočítá pravděpodobnost výhry pro každou stanici a také pravděpodobnost že na sdíleném médiu nastane kolize. Výsledek se zobrazí v tabulce **Detail**
- **Po přidání stanice** - Program mění parametry /AIFS a CW/ přidávané stanice až neprojde celou **Maticí stanic**. Pro každou kombinaci parametrů si zaznačí PWin přidávané stanice a PColl vzniklého síťového modelu, hodnoty pak použije na zbarvení políčka v závislosti na režimu **Zobraz**, **Barevném režimu** a nastavení **Gamma**.

Režim ukazatele

- **Editace** - Levé tlačítko myši přidá v **Matici stanic** stanici. Pravé ji odebere.
- **Zobraz detaily** - V režimu **Po přidání stanice** se pod každým políčkem **Matice stanic** ukrývá samostatný síťový model. Kliknutím levého tlačítka myši na políčko v **Matici stanic** způsobí zaplnění tabulky **Detail** parametry tohoto modelu.

Tabulka Detail

- Zobrazuje AIFS, CW, počet a procentuálně vyjádřenou pravděpodobnost na výhru pro každou stanici zvlášť.
- Pravděpodobnost na kolizi na sdíleném médiu je procentuálně vyjádřena pod tabulkou **Detail**.

Možnosti

- **Nastavení** - Otevře okno, kde je možné změnit rozměry **Matice stanic** a parametr aCWmin, který určuje rozložení přístupových kategorií v **Matici stanic** /viz **Vysvětlivky**/.
- **Reset** - Způsobí vymazání všech uživatelem vložených stanic. Rozměry matice se nezmění.
- **Aktualizuj a Real Time** - Při velkém počtu stanic a hlavně v režimu **Po přidání stanice**, může docházet ke zpomalení počítače. Vypnutím **Real Time** výpočet a zbarvení pro každé políčko matice proběhne jenom po stlačení tlačítka **Aktualizuj**.

Gamma

- Slouží na delinearizaci barevného provedení. Umožňuje tedy lépe rozlišit vybranou část rozsahu 0 až 1.

Barevný režim

- Umožňuje volbu mezi třemi barevnými provedeními: **Jet**, **Tepló** a **Šed'**.

Samostatnou desktopovou aplikaci si můžete stáhnout [zde](#).

Obr. C.1: Doprovodný komentár ku GUI v súbore index.html