

2. NAQİLSİZ RABİTƏ TEXNOLOGİYALARI ÜZRƏ BEYNƏLXALQ STANDARTLAR

2.1. Naqilsiz rabitə texnologiyalarının standartlaşdırılmasının zəruriliyi. Standartlaşdırma orqanizasiyaları

Şəbəkələrin inkişafında və yayılmasında standartlaşdırmanın çox böyük rolu var. Məhz standartlar, müxtəlif istehsalçıların texnologiyalarının və avadanlıqlarının birgə işinin qurulduğu bir fundamentdir. Naqilsiz şəbəkələr üçün isə belə standartların olması daha da vacibdir. Çünki, naqilsiz rabitə texnologiyalarında istifadə olunan vericilər radiotezlik diapazonunda şüalandırırlar (tədricən daha müasir texnologiyalar tərəfindən sıxışdırılan İQ diapazonda işləyən cihazlar istisna haldır). Beləliklə, iş prosesində ötürülən siqnallar müəyyən tezlik zolağını tutur. Müasir dövrdə isə radiotezlik spektri hər bir ölkədə nizamlayıcı orqanlar tərəfindən qorunan çox dəyərli və defisitli bir resursdur. Bu xüsusən radiorabitənin bir sıra kritik vacib xidmət orqanları tərəfindən istifadə olunması ilə bağlıdır (məsələn, naqilsiz rabitə texnologiyalarının işlədiyi 5 GHzs tezlik diapazonu bir sıra Avropa ölkələrində radiolokasiyada istifadə olunur). Bundan başqa, radiotezlik diapazonunun müxtəlif tip rabitə sahələrində istifadə olunduğu üçün interferensiyanın qarşısının alınması zərurəti yaranır. Ona görə də, radiospektr kommersiya istifadəsi üçün qadağan edilmiş və ya lisenziya tələb edən (ISM və Ci-Bi kimi diapazonlar istisna olmaqla) çoxlu sayda diapazonlara bölünmüşdür. Ona görə də müxtəlif naqilsiz rabitə texnologiyaları tərəfindən istifadə olunan tezlik diapazonları standartlaşdırılmalı, yəni bir-biri ilə razılaşdırılmalıdır. Standartlaşdırmanın daha bir səbəbi, eyni məsələləri həl edən avadanlıqların istehsalı ilə çoxlu sayda müxtəlif firmaların, kompaniyaların və s. məşğul olmasıdır. Ona görə də bu və ya digər texnologiya sferasında müəyyən standartlar olmazsa, heç bir uğurlu inkişafdan danışmaq da olmaz (İQ- spektrdə rabitə texnologiyasının və ya hücrəvari rabitə sistemlərinin inkişaflarının ilk mərhələlərində olduğu kimi).

Standartlaşdırma orqanizasiyalarının standartları qəbul etmə ardıcılığı fərqlənsə də, bir sıra oxşar cəhətlər mövcuddur. Belə ki, yeni texnologiyaların işlənilib hazırlanması və müzakirəsi, standartların layihələrinin hazırlanması, bu standartların bir neçə və ya bütün aspektlərinin səsə qoyulması, və nəhayət bitirilmiş standartların ofisial olaraq buraxılması kimi etaplar mövcuddur.

Standartlaşdırma orqanizasiyaları arasında ən tanınmışları aşağıdakılardır:

1. *Beynəlxalq standartlaşdırma təşkilatı* (International Standard Organization, ISO)- telekommunikasiya və eləcə də insan fəaliyyətinin müxtəlif sahələrində standartların müəllifidir. ISO-nun üzvləri milli standartlaşdırma təşkilatlarıdır və onların bu təşkilatda iştirakı könüllü əsas üzərində qurulub. Təşkilatın telekommunikasiya sahəsində ən tanınmış standartı açıq sistemlərin qarşılıqlı təsir etalon modelidir;

2. *Beynəlxalq elektrik rabitəsi birliyinin telekommunikasiya standartlaşdırma sektoru* (Telecommunication Standardization Sector of International Telecommunication Union, ITU-T)- birləşmiş millətlər təşkilatının ixtisaslaşmış orqanıdır, 1993- cü ildən rabitə sahəsində standartlar hazırlayan beynəlxalq təşkilat-

Teleqraf və Telefoniya üzrə Beynəlxalq Konsultativ Komitənin (Comite Consultatif International Telegraphique et Telephonique - CCITT) davamçısıdır. ITU-T-un standartları demək olar ki, telekommunikasiya oblastını bütövlüklə əhatə edir;

3. *Avropa elektrik rabitəsi standartlaşdırma institutu* (European Telecommunications Standards Institute, ETSI)- Avropa birliyinə daxil olan ölkələr üçün telekommunikasiya sahəsində standartlar hazırlayır. ETSI-nin ən tanınmış standartlarından biri GSM- dir;

4. *Avropa poçt və elektrik rabitə administrasiyaları konferensiyası* (Conference of European Posts and Telegraphs, CEPT);

5. *Avropa EHM istehsalçıları assosiasiyası* (European Computer Manufactures Association, ECMA);

6. *Amerika Milli Standartlaşdırma İnstitutu* (American National Standard Institute, ANSI)- ABŞ daxilində standartlaşdırma üzrə könüllü qrupların koordinasiya orqanıdır. ISO- nun üzvüdür;

7. *Rabitə üzrə federal komissiya* (Federal Communication Commission, FCC)- ABŞ-nın dövlət qurumu olub, radiotezlik spektrinin bölüşdürülməsi ilə məşğul olur;

8. *Internetin işinin requlyasiya olunması şurası* (Internet Activities Board, IAB)- tərkibində iki altkomitet var: tədqiqat- IRTF (Internet Reseach Task Forse) və standartlaşdırma- IETF (Internet Engineering Task Forse);

9. *Elektrotexnika və Elektronika Mühəndisləri İnstitutu* (Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE)- şəbəkələr üçün standartlar hazırlayan ixtisaslaşmış bir qurumdur. ABŞ-da 1963- cü ildə yaradılmışdır. 802 seriyalı standartlar ailəsi daha çox tanınmışdır. Bu seriya standartlara IEEE 802 Komitəsi cavbdehlik daşıyır. Bu gün IEEE 802 Komitəsinin aşağıdakı altkomitələri var:

1. 802.1 - Internetworking – şəbəkələrin birləşməsi;
2. 802.2 - Logical Link Control (LLC) – verilənlərin məntiqi ötürülməsinin idarə olunması;
3. 802.3 – Ethernet-ə CSMA/CA metodu;
4. 802.4 - Token Bus LAN - Token Bus metodu ilə lokal şəbəkələrə daxilolma;
5. 802.5 - Token Ring LAN -Token Ring metodu ilə lokal şəbəkələrə daxilolma;
6. 802.6 - Metropolitan Area Network (MAN) –meqapolis miqyaslı şəbəkə;
7. 802.7 -Broadband Technical Advisory Group -genişzolaqlı ötürülmə üzrə texniki konsultasiya qrupu;
8. 802.8 - Fiber Optic Technical Advisory Group - optik-lif şəbəkələri üzrə texniki konsultasiya qrupu;
9. 802.9 - Integrated Voice and data Networks - səs və verilənlərin ötürülməsi şəbəkələrinin inteqrasiya olunması;
- 10.802.10 - Network Security- şəbəkə təhlükəsizliyi;
- 11.802.11 - WLAN;
- 12.802.12 - Demand Priority Access LAN, daxilolma metodunun ehtiyaca uyğun olaraq seçilməsi ilə fəaliyyət göstərən lokal şəbəkələr;
- 13.802.15 - WPAN;
- 14.802.16 - WMAN.

Qeyd etmək lazımdır ki, siyahıda bu gün üçün daha çox istifadə olunan spesifikasiyalar göstərilmişdir. Bu bölmədə əvvəl qeyd olunmuş 802.11, 802.15 və 802.16 spesifikasiyaları ilə daha ətraflı tanış olacağıq.

2.2. IEEE 802.11 ailəsinin standartları

IEEE 802.11- naqilsiz kommunikasiyanın məhdud ərazidə lokal şəbəkə, yəni bir neçə abonentin ümumi ötürmə kanalına eynihüquqlu daxilolması rejimində təşkil olunması üçün nəzərdə tutulmuş standartdır. IEEE 802.11 WLAN üçün nəzərdə tutulmuş ilk sənaye standartıdır. Baza standartı verilənlərin üç metod vasitəsi ilə ötürülməsini təyin edir:

1. İQ- dalğalar diapazonunda ötürülmə;
2. FHSS texnologiyası;
3. DSSS texnologiyası.

Verilələrin İQ diapazonda ötürülməsi yarımkeçirici lazer diodu və ya işıq diodu vasitəsi ilə 850 nm dalğa uzunluğunda həyata keçirilir. İQ dalğaların divardan keçə bilmədiyini üçün belə şəbəkənin əhatə dairəsi birbaşa görünüş zonası ilə məhdudlanır. Standart İQ dalğaların yayılmasının iki variantını təsvir edir: istiqamətlənməmiş və istiqamətlənmiş. Birinci halda dar şüa linzalar sistemi vasitəsi ilə səpələnir. Bu zaman şəbəkənin təşkil olunması İQ dalğaların divarlardan əks olunmasına əsaslanır. İstiqamətlənmiş şüalanma «nöqtə-nöqtə» rejimində rabitənin təşkil olunması üçün nəzərdə tutulmuşdur.

FHSS metodundan istifadə etməklə qurulmuş şəbəkələr verilənlərin 1 və 2 Mbit/san sürətlə ötürülməsini təmin edir. Bu zaman rabitə üçün ayrılmış 2,400- 2,483 GHz tezlik diapazonu 79 kəsişməyən kanala bölünür (bu hal Şimali Amerika və Avropanın bir çox ölkələri üçün doğrudur). Bu kanalların hər birinin eni 1 MHz təşkil edir. Ona görə də FHSS metodundan istifadə olunan lokal şəbəkələrdə simvolların ötürülmə sürəti böyük, bir kanaldan digərinə keçmə sürəti isə nisbətən kiçikdir.

DSSS texnologiyasında isə istifadəçi verilənləri impuls ardıcılığı (çiplər) kimi göstərilir. Nəticədə, siqnalın spektri tezlik oxu üzrə genişlənir. Genişləndirmə ardıcılığı kimi isə 11 elementli Barker ardıcılığından istifadə olunur: $B1=10110111000$. Hər bir məntiqi «1» $B1$ ardıcılığı ilə, məntiqi «0» isə $B1$ ardıcılığının əksi ilə əvəz olunur. Nəticədə hər bir ötürülən istifadəçi biti 11 elementdən ibarət ardıcılıqla əvəz olunur. Genişlənmədən sonra ötürülən siqnalın spektri 22 MHz-ə bərabər olur (Wi-Fi texnologiyasında bir kanalın eni məhz 22 MHz təşkil edir).

IEEE 802.11 standartında naqilli Ethernet-də olduğu kimi daşıyıcı tezliyə nəzarət və kolliziyaların qarşısının alınması ilə çoxsaylı daxilolma (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance, CSMA/CA) adlı vahid ötürmə mühitindən istifadə metodundan istifadə olunur. Daşıyıcı tezliyə nəzarət olunması onu bildirir ki, kanal avadanlıq tərəfindən «dinlənilir». Kanalın «dinlənməsi» Ready To Send (RTS- ötürməyə hazır olma) adlı kiçik məlumat paketinin göndərilməsi ilə başlanır. Bu paket şəbəkənin digər avadanlıqlarını ötürülən məlumatın adresatı və ötürmə müddəti barədə xəbərdar edir. Məlumatın ötürülməsi üçün qəbuledici tərəf RTS

sorğusuna Clear To Send (CTS- qəbula hazır olma) cavabı göndərməlidir. Belə ardıcılıq ötürücü avadanlığa kanalın boş olub- olmaması və qəbuledici avadanlığın işə hazır olub-olmaması barədə məlumat almağa imkan verir. Kanalın boş olduğu haqda məlumat alındıqdan sonra kolliziyaların (konfliktlərin) qarşısının alınması üçün müəyyən zaman intervalı çərçivəsində təsadüfi gözləmə intervalı seçilir və verilənlərin ötürülməsi həyata keçirilir. Verilənlər paketi alındıqdan sonra qəbuledici tərəf bu paketin təhrifsiz alındığı barədə məlumat göndərməlidir. Əgər belə məlumat alınmazsa, verilənlər paketi yenidən ötürülür. Belə alqoritm sistemin buraxma qabiliyyətini xeyli artırmağa imkan verir.

Standartda həmçinin verilənlərin təhlükəsizliyinin təmin olunması da nəzərə alınmışdır. Bura avadanlığın şəbəkədə avtorizasiya olunduğunu yəqin etmək üçün birincinin autentifikasiyası və arzuolunmaz dinlənmədən qorunmaq üçün şifrələmə daxildir.

IEEE 802.11 standartının əsasına hücrəvari rabitə strukturu qoyulmuşdur. Şəbəkə bir və ya bir neçə hücrədən təşkil oluna bilər. Hər bir hücrə öz daxilolma nöqtəsi adlandırılan baza stansiyası tərəfindən idarə olunur. Daxilolma nöqtəsi və onun ətrafında yerləşən istifadəçi terminalları BSS yaradırlar. Tərkibində çoxlu sayda daxilolma nöqtəsi olan infrastruktur isə ESS yaradır (bax fəsil 1).

Hal- hazırda IEEE 802.11 standartının çoxlu sayda altstandartları- daristiqamətli spesifikasiyaları mövcuddur:

1. 802.11- baza standartı olub, verilənlərin radiokanal vasitəsi ilə (opsional olaraq) 1 və 2 Mbit/san sürətlə ötürülməsini təmin edir;
2. 802.11a- yüksək sürətli WLAN standartı. Verilənlərin 5 GHz tezlik diapazonunda 54 Mbit/san sürətlə ötürülməsini təmin edir;
3. 802.11b- ən geniş yayılmış spesifikasiyalardan biri olub, 2,4 GHz tezlik diapazonunda verilənlərin 11 Mbit/san sürətlə ötürülməsini təmin edir;
4. 802.11c- naqilsiz körpülərin işini nizamlayan spesifikasiya olub, daxilolma nöqtələrinin istehsalında istifadə olunur;
5. 802.11d- müxtəlif ölkələrin qanunverici orqanlarının normalarına müvafiq olması üçün kanalların fiziki parametrlərinə (şüalanma gücü və tezlik diapazonu) və naqilsiz şəbəkə avadanlıqlarına qoyulan tələbləri təyin edən bir standartdır;
6. 802.11e- bu standartın yaradılması multmediya vasitələrindən istifadə olunması ilə bağlıdır. Müxtəlif növ trafiklər- audio və video arasında prioritetin təyin olunmasını təsvir edir;
7. 802.11f- bu standart autentifikasiya ilə bağlıdır. İstifadəçinin şəbəkənin seqmentləri arasında hərəkəti zamanı rabitə nöqtələrinin qarşılıqlı təsirini təyin edir. Standartın həmçinin Inter Access Point Protocol kimi də adlandırılır;
8. 802.11g- 2,4 GHz tezlik diapazonu üçün əlavə modulyasiya texnikasını təyin edir (OFDM). Verilənlərin 54 Mbit/san sürətlə ötürülməsini təmin edir;
9. 802.11h- bu standartın yaradılması 5 GHz tezlik diapazonundan istifadə olunan 802.11a standartının Avropa ölkələrində qarşılaşdığı çətinliklərlə əlaqədardır. Belə ki, bu ölkələrin bəzilərində göstərilmiş diapazona radiolokasiya və peyk sistemləri fəaliyyət göstərir. 802.11h standartı şüalanma gücünün və daşıyıcı tezliyin «intellektual» idarə olunması mexanizminə malikdir. Başqa sözlə, bu standart Avropa

və Asiyada 5 GHz tezlik diapazonunda spektrin idarə olunmasını qaydalarını təyin edir;

10. 802.11i- standartın yaradılmasının məqsədi naqilsiz şəbəkələrin təhlükəsizlik səviyyəsinin yüksəldilməsidir. Burada infomasiya mübadiləsi zamanı istifadə olunan bir sıra qoruyucu funksiyalar yığımı- AES (Advanced Encryption Standard- şifrələmənin təkmilləşdirilmiş standartı) texnologiyası reallaşdırılıb. AES texnologiyasına əsasən 128, 192 və 256 bitlik şifrələmə açarlarından istifadə olunur;

11. 802.11j- Yaponiya üçün hazırlanmış standartdır. 802.11a standartında istifadə olunan tezlik diapazonunu 4,9 GHz-ə qədər artırılmışdır;

12. 802.11n- bu gün üçün layihələndirmə etapında olan perspektivli standartdır. Verilənlərin ötürülmə sürətinin 140 Mbit/san- yə qədər artırılması nəzərdə tutulur (nəzəri olaraq 600 Mbit/san);

13. 802.11r- bu standart istifadəçinin bir şəbəkənin təsir dairəsindən digər şəbəkənin təsir dairəsinə keçə bilməsini təmin edən universal və uyğunlaşa bilən rouming sisteminin yaradılması üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Sadalanan spesifikasiyalardan praktikada ən geniş istifadə olunanları 802.11a, 802.11b və 802.11g- dir. Üç spesifikasiyanın müqayisəli analizi cədvəl 2.2.1- də göstərilmişdir.

Cədv.2.2.1.

Standart	802.11a	802.11b	802.11g
İstifadə olunan radiokanalların sayı	8 kəsişməyən	3 kəsişməyən	3 kəsişməyən
Tezlik diapazonu	5 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz
Verilənlərin ötürülməsinin maksimal sürəti	54 Mbit/s	11 Mbit/s	54 Mbit/s
Təqribi təsir uzaqlığı	12 m (54 Mbit/s) 100 m (6 Mbit/s)	30 m (11 Mbit/s) 100 m (1 Mbit/s)	15 m (54 Mbit/s) 50 m (11 Mbit/s)

IEEE 802.11a standartı bu ailədən olan digər standartlarla müqayisədə daha geniş tezlik zolağına malikdir. Baza standartından fərqli olaraq burada verilənlər 5GHz tezlik diapazonunda ötürülür. IEEE 802.11a spesifikasiyasının çatışmazlıqları verilənlərin göstərilən tezlikdə ötürülməsi üçün daha çox güc sərf olunması və kiçik təsir radiusudur.

IEEE 802.11b standartı verilənlərin ötürülmə sürətinin kifayət qədər böyük olduğu və 2,4 GHz tezlik diapazonu üçün nəzərdə tutulduğu üçün naqilsiz şəbəkə avadanlığı istehsalçıları arasında böyük populyarlıq qazanmışdı. Verilənlərin maksimal ötürülmə sürəti (11Mbit/san) rejimində işləyən avadanlığın təsiretmə radiusu nisbətən aşağı ötürmə sürətinə nəzərən az olduğu üçün, IEEE 802.11b standartı tərəfindən rabitənin keyfiyyətinin azalması ilə avtomatik olaraq ötürülmə sürətinin də azaldılması nəzərə alınmışdır. Yuxarıda sadalanan üstünlüklərlə yanaşı bu standart həm də ucuz avadanlıqlar istehsal etməyə imkan verdiyi üçün bir müddət çox geniş istifadə olundu. Lakin hal-hazırda daha müasir standartlar tərəfindən sıxışdırılır.

IEEE 802.11g standartı IEEE 802.11b standartının məntiqi davamı olub verilənlərin həmin diapazonda ötürülməsinin təmin edir. Bundan başqa bu iki standart tam uyğunlaşa bilər, yəni IEEE 802.11g standartında işləyən avadanlıqlar IEEE 802.11b standartında da normal fəaliyyət göstərir. Verilənlərin maksimal ötürülmə sürətinin 54Mbit/san olduğu üçün bu standart hal-hazırda ən perspektivlidir.

Klient avadanlığı kimi avtonom qidalanması olan mobil cihazlardan istifadə olunmasına geniş yer ayrılmışdır. Standart qənətcil enerji sərfiyyatı rejimindən istifadə etməyə imkan verir. Bu rejimə əsasən istifadəçi adapteri hər müəyyən zaman intervalından bir «oyanır» və daxilolma nöqtəsi tərəfindən göndərilməsi ehtimal olunan qoşulma signalını qəbul etməyə çalışır. Əgər belə signal qəbul olunarsa istifadəçi avadanlığı tam qoşulur, əks təqdirdə avadanlıq növbəti qəbul siklinə qədər yenidən «yatma» rejiminə keçir.

2.3. IEEE 802.15 ailəsinin standartları

IEEE 802.15 standartı 2001- ci ildə WPAN şəbəkələr üçün layihələndirilmişdir. Sonrakı inkişaf dövründə bu standart özündə 802.15.1- 802.15.5 spesifikasiyalarını birləşdirdi. Bu spesifikasiyaların əsas xüsusiyyətlərinə baxaq:

1. IEEE 802.15.1- WPAN şəbəkələr arasında naqilsiz rabitəyə qoyulan tələblər toplusudur. Bu standartın tipik nümayəndəsi Bluetooth- dur. Standarta əsasən işçi tezlik diapazonu 2400- 2483,5 MHz təşkil edir. Bu tezlik diapazonu isə eni 1 MHz olan 79 altdiapazona bölünmüşdür. Diapazonun yuxarı və aşağı hissələrində enləri 2,5 və 2 MHz olan qoruyucu intervallar mövcuddur. Standarta əsasən bütün ötürücü qurğular şüalandırma gücünə görə üç qruppa bölünürlər:

- I sinif- şüalanma gücü 100 mVt;
- II sinif- şüalanma gücü 2,5 mVt;
- III sinif- şüalanma gücü 1 mVt.

2. IEEE 802.15.2- 2003- cü ildə dərc olunmuşdur. WPAN şəbəkələrin lisenziya olunmamış tezlik diapazonunda işləyən digər naqilsiz avadanlıqlarla birgə işləməsinə təyin edir;

3. IEEE 802.15.3- verilənlərin 100 m məsafədə 55 Mbit/san ötürmə sürətini təmin edir. Bu standart həmçinin verilənlərin 22, 33 və 44 Mbit/san sürətlə ötürülməsini də təmin edir. Belə şəbəkədə eyni zamanda 245 istifadəçi fəaliyyət göstərə bilər. Bu standarta əsasən digər məişət avadanlıqları və ya qonşu şəbəkələr tərəfindən rabitəyə küyşəkili təsir göstərildikdə rabitə kanalı avtomatik olaraq dəyişdirilir;

4. IEEE 802.15.3a- əvvəlki variantdan fiziki səviyyədə yer alan bəzi dəyişikliklərlə fərqlənir. WPAN üçün radiotexnologiyalar təkmilləşdirilmişdir;

5. IEEE 802.15.4- verilənlərin qısa məsafələrə (təqribən 10m) aşağı sürətlə (250 kbit/san-ə qədər) ötürülməsini təmin edir. Verilənlər 2,4 GHz tezlik diapazonunda ötürülür. Lakin opsional olaraq 858 MHz (20 kbit/san) və 915 MHz (40 kbit/san) tezlik diapazonlarında da işləmək mümkündür. Şüalanma gücünün və ötürülmə sürətinin az olması rabitə yaradılan avadanlıqların enerji resurslarının az olması ilə əlaqədardır;

6. IEEE 802.15.4a- qısa məsafələrdə verilənlərin yüksək sürətlə (yüzlərlə Mbit/san) ötürülməsini təmin edir;

7. IEEE 802.15.5- mürəkkəb çoxhücrəli WPAN şəbəkələrin yaradılması üçün nəzərdə tutulub.

Sadalanan standartlar arasında ən çox istifadə olunanları IEEE 802.15.1, IEEE 802.15.4 və IEEE 802.15.4a.

IEEE 802.15.1 standartı demək olar ki bütün Bluetooth avadanlıqların işini təyin edir. Bu texnologiyaya fəsil 1-də daha ətraflı baxılmışdı.

IEEE 802.15.4 standartı əsasən avtonom cihazların və avadanlıqların aşağı sürətli rabitəsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu standart Bluetooth texnologiyasının əsas rəqibi olan ZigBee texnologiyasının işini təyin edir. Standart ZigBee Aliance təşkilatı tərəfindən aktiv olaraq inkişaf etdirilir. ZigBee texnologiyası verilənlərin qısa məsafələrə (təqribən 10 m) aşağı sürətlə (250 kbit/san) ötürülməsini təmin edir. Verilənlər 2,4 GHz tezlik diapazonunda ötürülür. Bu texnologiya böyük həcmli informasiyanın ötürülməsi üçün demək olar ki yararsızdır. Lakin, həcmi onlarla baytdan çox olmayan məlumatları, məsələn, sensorların göstərişlərini ötürmək üçün yüksək sürət gərək deyil. Bu halda belə avadanlığın az enerji sərfiyyatlı, ucuz və etibarlı olması vacibdir. Beləliklə, IEEE 802.15.4 istehsalçılara ucuz, aşağı enerji sərfiyyatlı və etibarlı naqilsiz rabitə avadanlıqları istehsal etməyə imkan yaradır.

IEEE 802.15.4a standartı ifrat enli zolaqlı (Ultra Wideband, UWB) rabitə texnologiyasının işini təyin edir. UWB texnologiyasına əsasən verilənlər geniş tezlik diapazonunda (3,1- 10,6 GHz) çoxlu sayda kiçik amplitudlu (0,05 mVt) və çox qısa davam etmə müddətinə (1 nsan- dən az) malik kodlaşdırılmış impulsar şəklində ötürülür. Təsir dairəsinin 5 m olduğu hal üçün verilənlərin maksimal ötürülmə sürəti 500 Mbit/san təşkil edir. Ona görə də bu texnologiya videoaxınlarla (videopotok) və digər böyükhəcmli verilənlərin ötürülməsini tələb edən proqramlarla işləməyə imkan verir. UWB texnologiya vasitəsi ilə istənilən iki düyün arasında yüksəksürətli rabitə təşkil oluna bilən şəbəkələr yaratmaq olur. Bu texnologiyada istifadə olunan qısamüddətli impulsar signalın çoxşüalı yayılmasına nisbətən daha davamlıdır. Aşağısürətli UWB cihazlardan istifadəçilərin və obyektlərin fəzada koordinatlarını təyin etmək üçün istifadə olunur. Bu texnologiyanın daha bir müsbət cəhəti, küyə bənzər signalardan istifadə olunduğundan daha az enerji sərfiyyatının yer almasıdır. Belə ki, bu zaman signal/küy nisbətini kifayət qədər kiçik qiymətində sistem stabil fəaliyyət göstərir. Ona görə də UWB çipləri digər bu tip çiplərlə, məsələn, Bluetooth-la müqaisədə çox böyük buraxma qabiliyyəti ilə yanaşı, enerji baxımından daha qənaətkardır.

2.4. IEEE 802.16 ailəsinin standartları

IEEE 802.16- WMAN şəbəkələrin işini təyin edən, enlizolaqlı naqilsiz rabitə standartıdır. Standartın birinci versiyası 2001- ci ildə qəbul olunmuşdur. Tərkibində 10-66 GHz və 2-11 GHz tezlik diapazonları üçün spesifikasiyalar, eləcə də 5-6 GHz tezlik diapazonunun istifadəsi üçün ayrıca rəqlament mövcuddur. Verilənlərin maksimal ötürülmə sürəti 120 Mbit/san təşkil edir. Standart meqapolis miqyasında stasionar naqilsiz şəbəkələrin yaradılması üçün nəzərdə tutulmuşdur. Standartın

birinci versiyaları təsir dairəsinin (yalnız düzünə görünüş zonasında) kiçik olduğu üçün geniş tətbiq olunmadı. Sonrakı versiyalarda bu nöqsan aradan qaldırıldı.

IEEE 802.16 standartına əsasən qurulmuş şəbəkələr strukturuna görə hücrəvari rabitə sistemlərinə bənzəyir. Baza stansiyası binada və ya hündür qüllədə quraşdırılır. Rabitə «nöqtə-çoxnöqtə» rejimində təşkil olunur. Bundan başqa torşəkilli rabitə də ümükdür. Bu zaman istifadəçi terminalları bir başa bir-biri ilə rabitə yaradır. Baza stansiyası əsas şəbəkə və digər baza stansiyaları ilə rabitəni təmin edir. Klient avadanlıqları isə təkrarlayıcı kimi və ya lokal trafiki təşkil etmək üçün istifadə oluna bilər. Ötürülən məlumat lazımi istifadəçiyə çatmazdan əvvəl bir neçə belə təkrarlayıcı tərəfindən ötürülə/qəbul oluna bilər. Təkrarlayıcılardan adətən ötürücü və qəbuledici abonentlər arasında düzünə görünüş olmadıqda istifadə olunur.

Bu gün üçün IEEE 802.16 standartının dörd spesifikasiyası mövcuddur: 802.16a, 802.16d, 802.16e və 802.16f:

1. IEEE 802.16a- baza standartının təkmilləşdirilmiş variantıdır. 2003-cü ilə qəbul olunmuşdur. 2-11 GHz tezlik diapazonunda IEEE 802.11b/g/a standartlı daxilolma nöqtələri vasitəsi ilə İnternet-ə qoşulmanı təsvir edir. Standartın texniki xarakteristikaları: təsir zonasının radiusu- 50 km, bir baza stansiyasının bir sektoru üçün verilənlərin maksimal ötürülmə sürəti- 70 Mbit/san, tipik baza stansiyasının sektorlarının sayı- 6, bir baza stansiyası tərəfindən xidmət göstərə biləcəyi lokal şəbəkələrin sayı- 60;

2. IEEE 802.16d- WiMax Forum konsorsiumunun Regulatory Working Group qrupu tərəfindən hazırlanıb, 2004-cü ildə qəbul olunub. Bu standart həmçinin IEEE 802.16-2004 və ya düzünə görünüş olmadıqda istiqamətlənmiş radiorabitə- NLOS (Non Line of Sight) kimi də tanınır. NLOS texnologiyası 2-11 GHz tezlik diapazonunda radiodalğaların əks olunmasına əsasən düzünə görünüş olmadıqda belə rabitə yaratmağa imkan verir. Bu texnologiyanın əsas istifadə sahələrindən biri IEEE 802.11b/g/a standartlı daxilolma nöqtələri vasitəsi ilə İnternet-ə qoşulmanı təmin etməkdir. İstifadəçi adapterləri daxilə və xaricə quraşdırılmış modemlər, həmçinin notbuklar üçün PCMCIA- kartlar şəklində olur. Bir çox ölkələrdə bu tip rabitə üçün 3,5 və 5 GHz tezlik diapazonları ayrılmışdır. Buna baxmayaraq bəzi ölkələrdə desimetrlik dalğa diapazonunda televiziya proqramlarının translyasiyası üçün ayrılmış 700 MHz tezlik diapazonu da istifadə olunur;

3. IEEE 802.16e- 2005-ci ildə qəbul olunmuşdur. IEEE 802.16-2005 kimi də tanınır. Rouminqin həyata keçirilməsini təmin edir. Xüsusi halda, abonentlərin IEEE 802.11 standartlı şəbəkələrdən IEEE 802.16 standartlı şəbəkələrə və əksinə keçməsinə təsvir edir. IEEE 802.11 standartı istifadəçiləri naqilsiz rabitə xidmətlərindən yalnız Hot-Spot təsir zonasında istifadə edə bilər. Bu zonadan çıxdıqda isə rabitə qırılır. Standart həmçinin handover funksiyasını da dəstəkləyir. Radiorabitə düzünə görünüş olduqda və olmadıqda təşkil oluna bilər;

4. IEEE 802.16f- torşəkilli naqilsiz enlizolaqlı şəbəkənin işini təsvir edir. Bu topologiya verilənlərin bir nöqtədən digərinə təbii və süni əngəlləri əyərək ötürülməsini təmin edir. Bu da bir baza stansiyasının təsir zonasında rabitənin keyfiyyətini daha da artırır.