

Напредне технике широкопојасног преноса података

Мр Божимир Мишковић, дипл.инж.ел.

Чачак, 12. јун 2015.

Очекивања корисника

- Нове услуге зависе од мреже:
 - мултимедијалне услуге
 - мултисервисне услуге
 - најчешће интерактивне
- Побољшање квалитета:
 - Бржи приступ (latency)
 - HD резолуција
 - Стабилна и квалитетна веза
- Услуга на сваком месту
 - Портабилност (фиксне, интернет, WiFi)
 - Покривеност и Roaming (мобилне, TV)
- Да нема преоптерећења мрежа или сметњи
- Услуге при великим брзинама (аутопутеви, возови)



Шта се очекује од мрежа?

- Већи капацитет мреже
 - на вези корисник-мрежа, реда 1 Gb/s downlink, 300 Mb/s uplink
 - у позадини мреже (*Backhaul*)
- Боља и равномернија покривеност мреже
- Управљање мрежом у случају преоптерећења или сметњи
- Услуге за кориснике у покрету (*Doppler*-ов ефекат)
- Повезаност и интероперабилност мрежа
- Што мања цена по јединици протока

Како то све омогућити?

Теоријски могући капацитети (*Shannon-Hartley* - ева теорема)

$$C = B \log_2 (1+S/N)$$

где је:

C - капацитет канала у b/s (*bits per second*),

B - је опсег канала у Hz (*herz*),

S - је средња вредност снаге примљеног сигнала на том опсегу мерена у ватима

N - је средња вредност снаге шума или интерферирајућих сигнала на том опсегу мерена у ватима, и

S/N - је однос снага сигнала и шума (SNR)

Теоријски могући капацитети (примери)

Фреквенцијски опсег (Hz)	SNR (dB)	Могући капацитет (Mb/s)
20	13	88
20	10	69
20	6	46
20	3	32

- Реално остварени протоци могу бити само мањи
- Велики део протока није користан садржај (преамбуле, заглавља, поновљени заштитни бити, пилоти...)

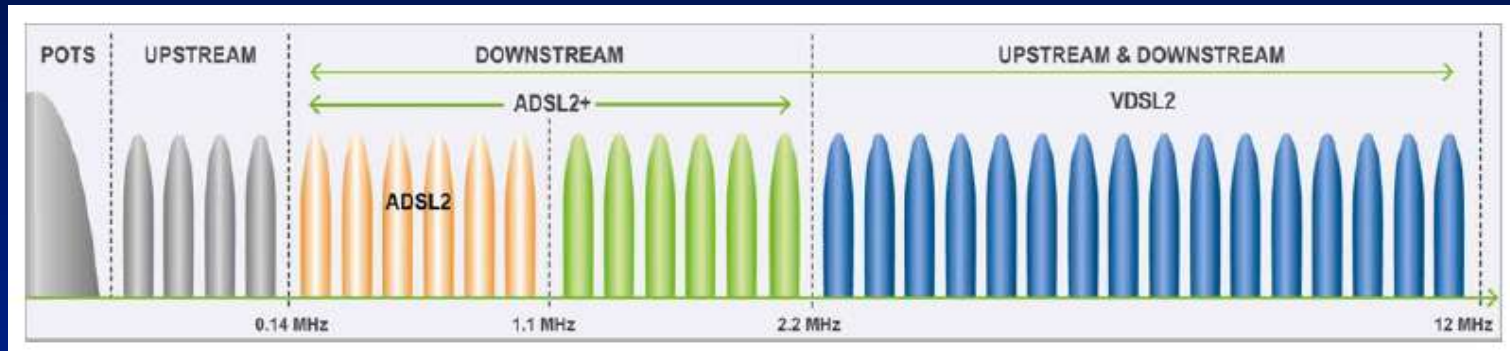
Повећање капацитета мрежа

Начини за повећање капацитета мрежа:

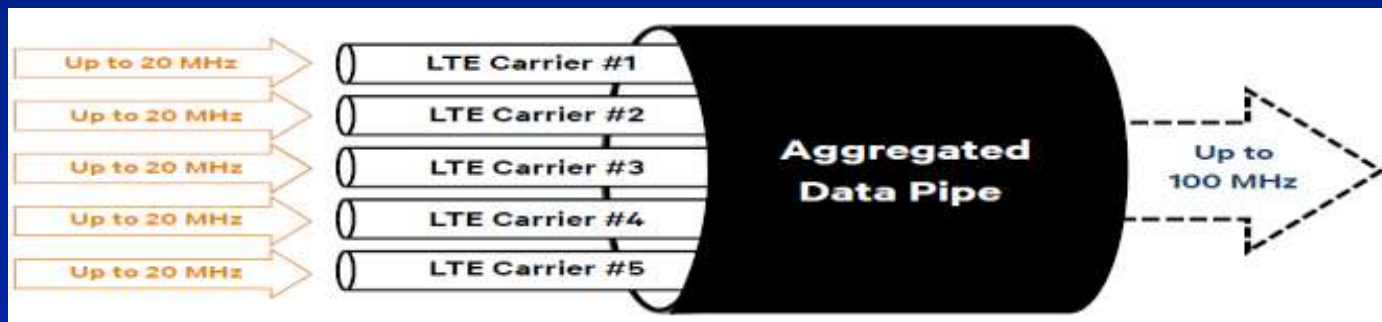
- Широки фреквенцијски опсег (нелиценцирани опсези)
- Технике за смањење утицаја шума
 - *interleaving*, адаптивна еквилизација, заштитна кодовања
 - виши нивои модулације
- Боље коришћење капацитета канала
- Вишеструке антене у предаји и у пријему (MIMO, *multi in, multi out*)

Већи фреквенцијски опсег

- WiFi, 802.11 n, опсег 2 x 20 MHz, ради на 2.4 и 5 GHz
802.11 ac (ad) опсег до 160 MHz (2.16 GHz) ради на 5 (60) GHz
- ADSL, ADSL2, ADSL2+, VDSL2 - поступно се повећава опсег



- LTE, LTE Advanced – 2 до 5 x 20 MHz на 5GHz



- Једнофрекенцијске мреже, *single-frequency-network (SFN)*
- Дигитална дивиденда

Смањење утицаја шума - повећање робусности

- На шум се не може утицати, може се повећати снага сигнала
- Одзив канала (шум) је фреквенцијски и временски променљив

Технике за равномернији утицаја шума:

- распршивање (*interleaving*) разбације ситне сегменте података у времену и по фреквенцији (по каналима и симболима)
- ротација констелације *Constellation rotation*
- фазни помак реалне и имагинарне компоненте (*cyclic Q-delay*)

Технике за смањење и отклањање грешке због утицаја шума:

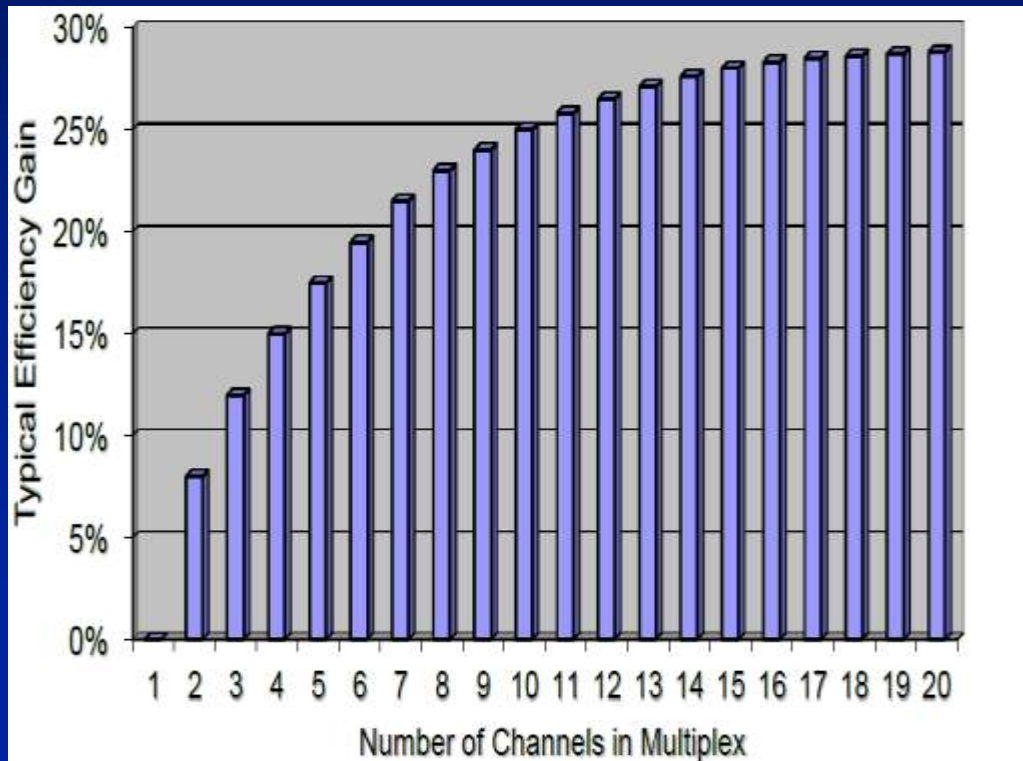
- заштитна кодовања FEC, CRC, Грејов код (*Gray mapping*)
- референтне секвенце (“пилоти”)
- адаптивна еквилизација нпр. *Decision-Feedback (DFE)*

Виши нивои мултиплексирања и модулације

- Повећање робусности омогућава виши ниво модулације:
 - WiFi: 802.11n:QAM 64, 802.11ac:QAM 256, 802.11 ad:QAM 64
 - LTE: QAM 64, LTE Advanced: QAM 128
 - DVB-T: QAM 64, DVB-T2: QAM 256
 - DVB-C: QAM 256, DVB-C2: QAM 4096
- Повезивање канала омогућава коришћење заштитних интервала између канала (*frame aggregation*)
- Повећање процесорске снаге уређаја:
 - већи број FFT носилаца (проблем са *Doppler* овим ефектом) релативно мањи заштитни интервал између симбола, *guard*)
 - дубљи *interleaving* (већа робустност у временском домену)
 - боље коришћење капацитета канала

Искоришћеност капацитета канала

- Компримовани видео саржај има врло променљив проток (VBR)
- Број услуга је временски променљив
- Већи капацитет канала = већи број услуга = равномернији проток
- *StatMux*, проток близу капацитета канала, *cost efficiency*



Важи за све агрегационе приступне чворове!

Добитак мултиплексирања:

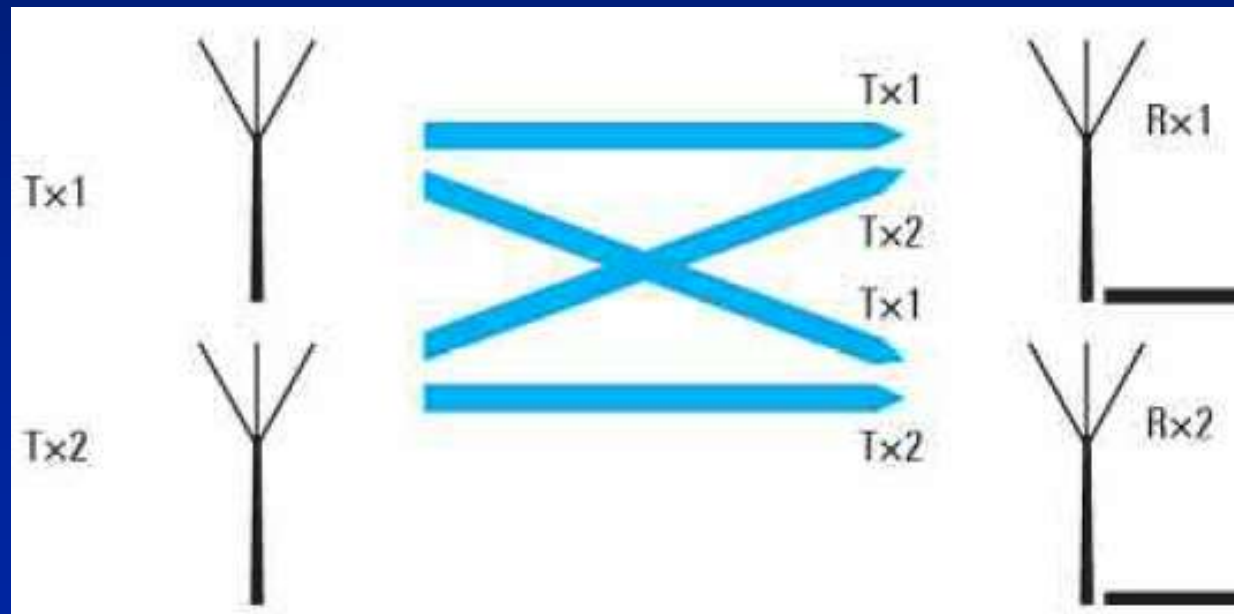
- боља искоришћеност
- мањи трошкови по услузи
- уједначен квалитет
- лакше планирање

Вишеструке антене у предаји и у пријему

Вишеструке антене у предаји и у пријему MIMO, *multi in multi out*

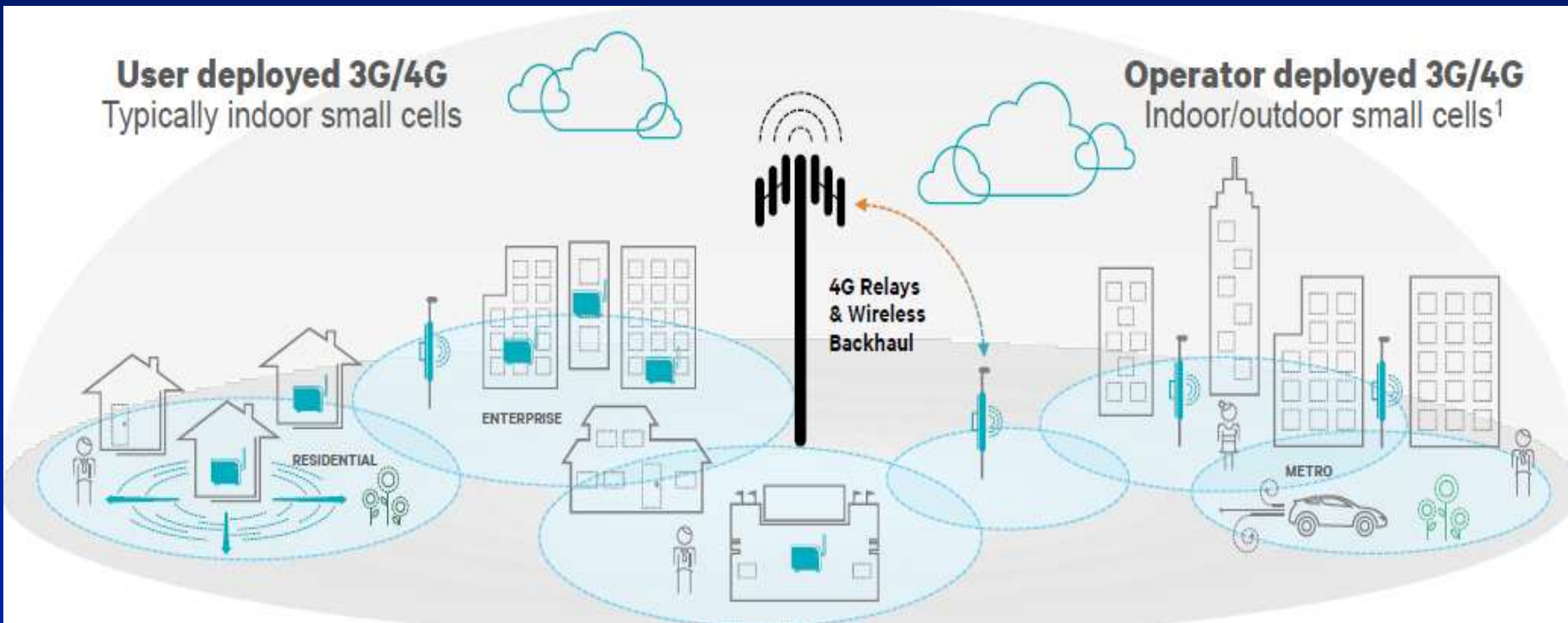
- WiFi 802.11n MIMO 4X4 (отпрема X пријем)
- WiFi 802.11ac (ad) MU-MIMO 8X8 (*mulltiuser*)
- LTE MIMO 4X4
- LTE Advanced MU-MIMO 8X8

- Wimax MIMO 4X4
- DVB-S2, SISO
- DVB-T2, MISO
- DVB-C2, SISO



Управљање мрежама 1

- хетерогене мреже, *micro i pico* ћелије, *miniPAN-i*, *repetitori*
- управљање оптерећењем мреже
- управљање крајевима мрежа



Управљање мрежама 2

- *device-to-device*, директна комуникација терминала
- бржи одзив мреже (*latency*)
- *MultiFlow* – повезивање на две ћелије истовремено
- комбиновање капацитета и квалитета



Improved offload to small cell \Rightarrow Higher cell-edge data rates \Rightarrow Robust mobility

Управљање мрежама 3 (*advanced MIMO*)

- *Adaptive Antenna Systems (AAS)*, самоподесиве антене
- *Beamforming*, посебан сноп удаљеним корисницима
- *Beam steering*, усмеравање и груписање снаге

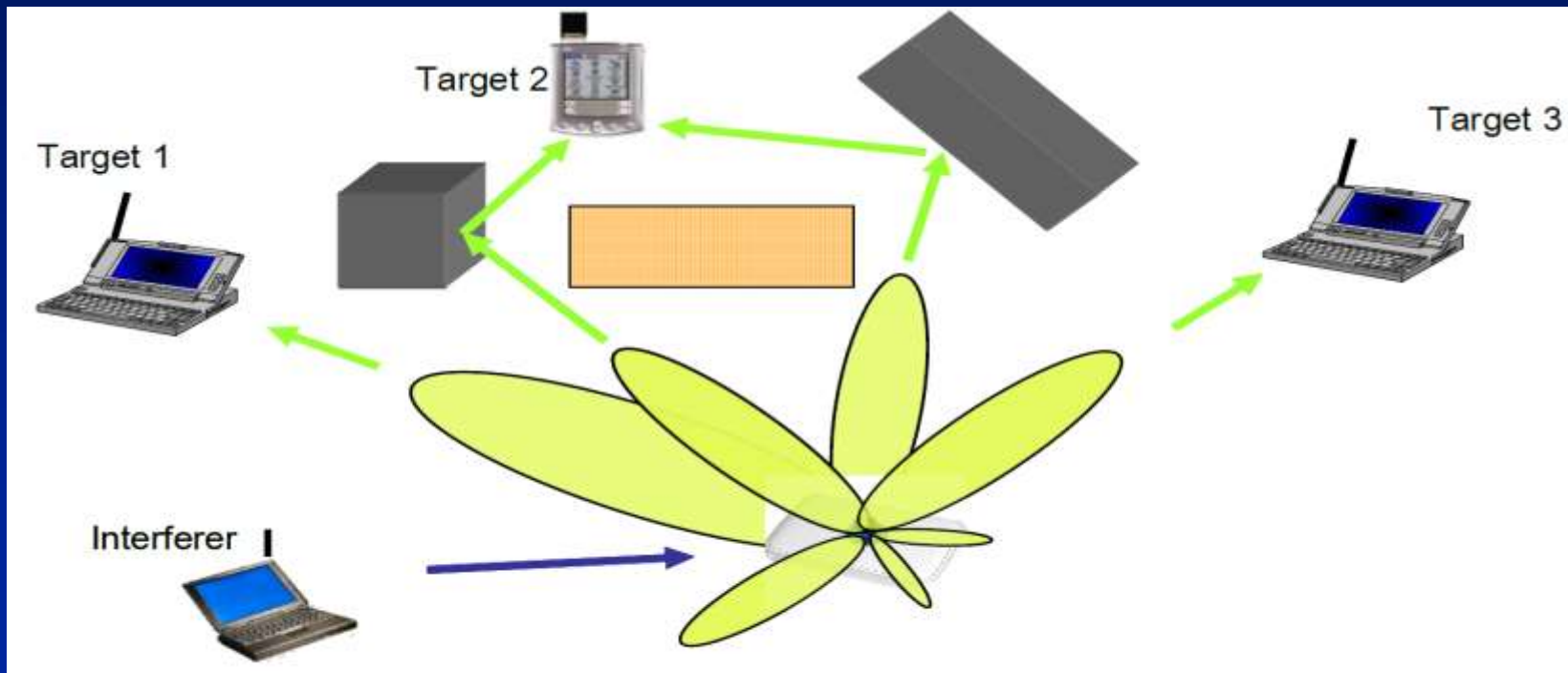


Figure 2: Adaptive Antenna Systems (AAS) can distribute the transmission energy in different ways in space with the help of several differently aligned antennas through so-called beam forming

Закључак

Очекују се да услуге имају:

- већу покривеност или потпуну мобилност
- видео садржај у HD резолуцији

потребни велики капацитети на сваком месту

Мреже и уређаји се развијају у правцу:

- управљивих хетерогених мрежа са много станица
- постојећим опсезима додају се нови, шири на 5 и 60 GHz
- боље коришћење спектра и робустност од шума
- користе се вишеструке антене у предаји и пријему за повећање капацитета и (или) квалитета (домета)

Питања присутних и дискусија

ХВАЛА НА ПАЖЊИ !

Стање мрежа, постављени циљеви и изазови...

- Мобилна мрежа:
 - Сада су 3G и 4G (LTE, LTE Advanced, Wimax)
 - Протоци LTE : 100 Mb/s (1 Gb/s) downlink и 50 (500) Mb/s uplink,
 - Боље покривање, управљање ресурсима, сметњама
 - Обезбедити услугу у покрету при брзинама до 300 km/h
- Фиксна мрежа:
 - ADSL, VDSL, VDSL2 по бакру, до 50 Mb/s, изграђена инфрастр.
 - FTTB, ОК до објекта, реда 100 Mb/s, треба изградити
 - FTTH, ОК до корисника, реда Gb/s, треба изградити
- WiFi системи (први примењују нове технологије):
 - WLAN, локалне мреже, зависе од брзине ка јавној мрежи
 - IEEE 802. 11 a (g) протоци до 50 Mb/s,
 - IEEE 802. 11 n, протоци преко 300 Mb/s
 - У перспективи 802.11ac и 802.11ad, протоци преко 1 Gb/s

Стање мрежама, постављени циљеви и изазови...

- Мрежа земаљских предајника:
 - Сада су аналогни, DVB-T и почиње примена DVB-T2 система
 - Очекује се потпуни прелазак на DVB-T2 системе
 - Протоци: око 40 Mb/s по мултиплексу једног канала 8 MHz, и
 - 15 до 18 SD или 4-6 HD програма прве генерације
- Кабловска мрежа:
 - FTTB, ОК до објекта, структурно каблирање cat. 5(6,7) у објекту, протоци реда 100 Mb/s
 - FTTH, ОК до корисника, треба изградити инфраструктуру протоци реда Gb/s
 - ОК по таласним дужинама, протоци нпр. 40 x 10 Gb/s

Стање у Србији

- DVB –T2 - припремљена инфраструктура (мрежа предајника) ради **иницијална мрежа**, треба да се пусти до 15 јула продају се STB, држава сиромашнима даје бесплатно
- LTE (G4) - до половине године доделиће се фреквенција, 35 MHz оператери се спремају за монтажу опреме
- WiFi - масовно се користи 802.11n (до око 300 Mb/s)
- ОК - изграђена транспортна мрежа, делом FTTB и FTTN, мало правих бизнис корисника (банке, осигурања...)
- DVB - C ради у варијанти FTTB, ређе по коасијалним главним кабловима
- IPTV - делимично децентрализована телефонска мрежа, ради у варијанти FTTB и FTTN (чвор, *node*)