

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet elektrotehnike i računarstva

Sustavi za praćenje i vođenje procesa  
Seminarski rad  
**Ad – hoc mreže**

Ivan Koprivnić  
0036383738  
INE

Zagreb  
Svibanj, 2004.

## Sadržaj:

1. Uvod .....	3
2. Karakteristike ad – hoc mreža .....	4
3. Načini upotrebe .....	6
3.1. Samostojeće Ad-hoc mreže .....	6
3.2. Kompatibilnost s fiksnom/overlay mrežom .....	8
3.3. Uklapanje ad-hoc mreže u cellularnu mrežu .....	9
3.4. Multi – hop proširenje Infrastrukturne mreže .....	11
3.5. PAN (Personal area network) .....	12
3.6. Bežične senzorske mreže .....	14
4. Zaključak .....	16
5. Literatura .....	17

## 1. Uvod

Ad-hoc mreže su formirane od strane korisnika koji žele komunicirati bez potrebe za infrastrukturom. Svaki modul u mreži ima mogućnost bežičnog komuniciranja te može u svakom trenutku pristupiti i napustiti mrežu. Zbog ograničenog broja modula koji mogu istovremeno komunicirati u mreži koristiti će se 'multi-hop' način komuniciranja. Ad – hoc komunikacija se upotrebljava u senzorskim mrežama, u vojnoj komunikaciji i kao proširenje i nadopuna već postojećih mreža u svrhu efikasnijeg djelovanja. U zadnje vrijeme je ovaj način organizacije mreža privukao mnogo pažnje tako da se mnoga istraživanja provode na tom području. Dokument sadrži osnove karakteristike ad-hoc mreža te neke načine na koje je se može upotrijebiti.

## 2. Karakteristike ad hoc mreža

Ad hoc mreže su mreže definirane na način da njeni korisnici mogu komunicirati bez potrebe za postojanjem infrastrukture ili prethodno uređenih odnosa među potencijalnim korisnicima mreže.

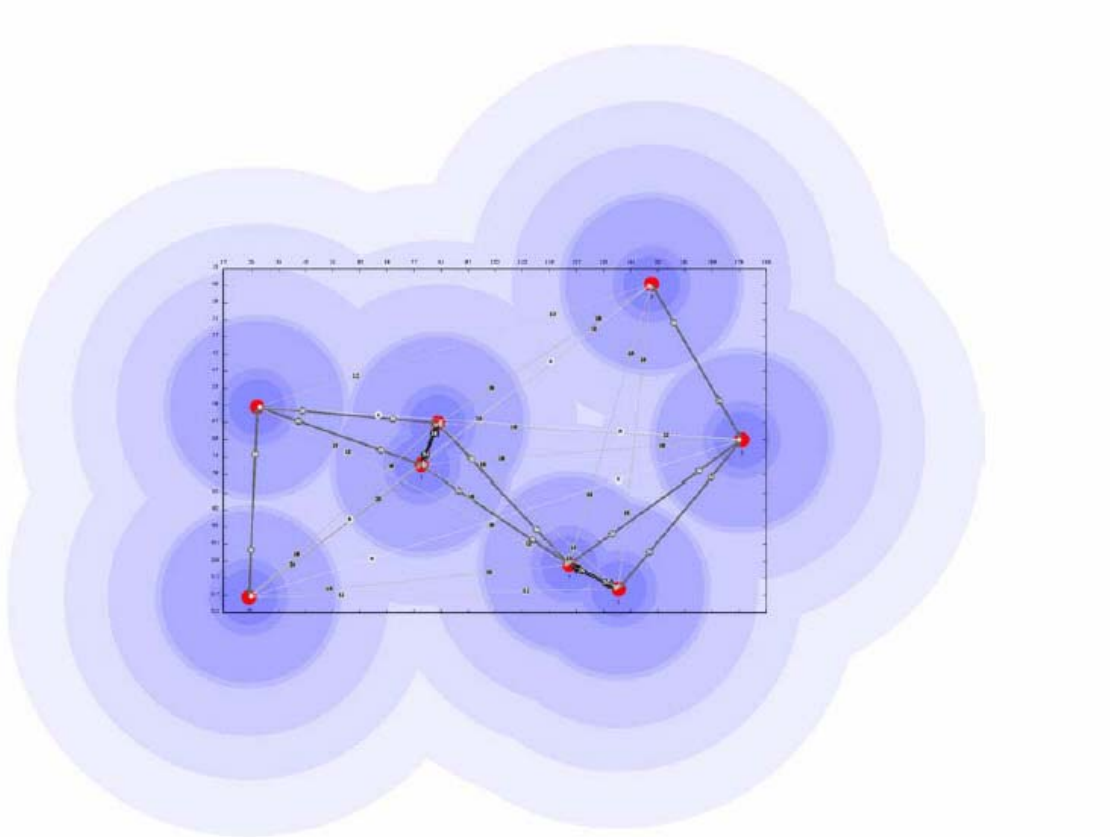
Ad hoc komunikacija može nastati na različite načine i neovisno o pojedinim uređajima, načinu bežičnog prijenosa, mreže i protokola. Ad hoc mreža se može značajno razlikovati u veličini- može postojati s dva modula koji razmjenjuju podatke, pa sve do na tisuće malih senzora koji promatraju okolinu. Moduli mogu pristupati i napuštati mrežu u bilo kojem trenutku.

Uređaji u ad-hoc mreži mogu biti različiti (prijenosna računala, PDAovi, mobiteli, MP3 playeri, senzori, igraće konzole...) i sa različitim karakteristikama kao što su protočnost, jačina odašiljača, kapacitet baterije, veličina ili cijena. Glavna osobina ad-hoc mreže je mogućnost ostvarenja komunikacije poostojećim bežičnim tehnologijama i s ograničenim energetskim izvorima. Najčešće razmatrane tehnologije su Bluetooth, WLAN 802.11, i UWB.

Vrlo različite upotrebe, uređaji i tehnologije, i mnogo različitih, ponekad suprotstavljenih zahtjeva, čine istraživanje ad-hoc mreže jako složenim zadatkom. Najvažnije osobine Ad-hoc mreža su:

- **Dinamička topologija mreže:** Zbog pokretljivosti modula i radio načina širenja valova, topologija mreže se konstantno mijenja. To zahtjeva posebni mrežni protokol za izgradnju i održavanje topologije.
- **Prirodno širenje (Distributed nature):** Budući da nema središnjeg autoriteta, sva djelovanja u mreži se šire preko samih modula.
- **'Multi hop' komunikacija:** Zbog ograničenog broja modula koji mogu bežično komunicirati, obično je nemoguće uspostaviti direktnu komunikaciju među svim modulima. Budući nema infrastrukture da podrži izgradnju 'multi hop' puteva, moduli moraju sami biti sposobni određivati putove za prijenos podataka.
- **Ograničen frekvencijski opseg:** Bežične tehnologije razmatrane za korištenje u ad-hoc mrežama osiguravaju protočnost od nekoliko 100kb/s pa sve do nekoliko Mb/s što je dovoljno za razne upotrebe. Bežična komunikacija pokupi mnogo smetnji tako da je 'error rate' velik.

- **Ograničeni energetske izvori:** Moduli u ad-hoc mrežama su obično s baterijskim napajanjem i stoga je bitno da su moduli male potrošnje. O tome je bitno voditi računa i u protokolima.



*slika 1. primjer ad-hoc mreže s osam modula*

Na slici 1. je prikazan primjer ad-hoc mreže s osam modula. Vidimo da se prijenos podataka može prenositi preko više različitih modula tj. postoji više 'routova'. 'Route' određuje algoritam u pojedinom modulu koji šalje podatak.

### 3. Načini upotrebe

Ad-hoc mreža se može koristiti u mnoge svrhe. Može biti ostvarena na bojištu, tako da se stalno može promatrati položaj i zdravstveno stanje vojnika, mogu biti razvijeni razni senzori u svrhu promatranja kretanja neprijateljskih vozila, ili samo u kontroli naoružanja.

U uredima ad-hoc komunikacija može koristiti da bi službenici razmjenjivali podatke. Nakon neke katastrofe, vitalni komunikacijski čvorovi mogu biti ostvareni na principu ad-hoc mreža. Onečišćenje okoline se može promatrati koristeći se senzorskim mrežama, koje se organiziraju automatski i šalju podatke u centar koristeći 'multi hop' putove.

Komunikacija PANA (Personal area network) se sporazumno uspostavlja, ovisno o potrebama osobe i njezinog trenutačnog okruženja.

Ad-hoc mreže, onako kako su temeljno zamišljene, su daleko od ostvarenja zbog raznih tehničkih, a i ljudskih ograničenja. Predviđa se da će ad-hoc komunikacija biti korištena kao nadogradnja infrastrukturno temeljenih mreža.

Sljedeći odlomci detaljnije opisuju osnovnu upotrebu ad-hoc mreža i zahtjeve vezane za dotičnu.

#### 3.1. Samostojeće Ad-hoc mreže

Samostojeće, temeljene na WLAN 802.11, ad-hoc mreže, s IP routing protokolom su najčešće istraživani tipovi ad-hoc mreža danas. Ove ad-hoc mreže su najjednostavniji oblik mreža koje možemo primjeniti u sljedećim slučajevima:

- na konferencijama ljudi žele uspostaviti mrežu radi lakšeg izmjenjivanja fileova, prezentacija ili pak aplikacija
- ljudi koji se voze busom, tramvajem i sl. žele igrati igrice u mreži
- vatrogasci trebaju osigurati međusobnu komunikaciju kad gase požare i sl. u zgradama, šumama...
- kada se pješaci hodajući kroz maglovite predjele kanjona ne žele izgubiti
- kada se nakon kakve katastrofe koja je uništila infrastrukturu postojeće komunikacijske mreže treba uspostaviti komunikacija među ekipama za spašavanje i sl.
- kada vojnici na bojištu izmjenjuju informacije o svom položaju i o položaju neprijateljskih trupa

Moguće je predviđati i veće ad-hoc mreže, ali je realnije da će se u opisanim primjerima razvijati mreže male i srednje veličine, koje ostvaruju komunikaciju s ne više od deset 'skokova' (misli se na preskakivanje s modula na modul pri prenošenju podataka od polazišne do odredišne točke). U mreži će pokretljivost modula biti od male (ljudi koji sjede u busu) do srednje veličine (spasilačke službe na terenu). Moguća protočnost mreže bi trebala biti više nego dovoljna da zadovolji različitim multimedijским aplikacijama. Prijenos podataka treba biti siguran. Protokoli bi trebali biti takvi da vode računa o potrošnji energije i time bi trebali osigurati duži životni vijek uređaja.

Glavna područja istraživanja su:

- **Organizacija mreže:** Ad-hoc mreže bi trebale imati široku primjenu ako bi se osigurali mehanizmi za automatsko formiranje i održavanje mreže. Korisnici bi trebali moći otkriti postojeće mreže i automatski podesiti uređaje i komunikacijske parametre da bi se uspostavila komunikacija.
- **Prijenos IP adresa:** Prije nego što modul pristupi postojećoj ad-hoc mreži, trebala bi se dostaviti IP adresa modulu. Protokol bi trebao osigurati jedinstvenu adresu u mreži.
- **Service discovery:** Budući je mreža sporazumno organizirana, korisnici ne znaju koje su usluge moguće u mreži ili koji uređaji u mreži nude pojedine usluge. Stoga bi trebao postojati 'service discovery' protokol da osigura informacije o mogućim uslugama. Budući da nema hijerarhije u mreži, a time niti centralne jedinice koja bi osigurala takve informacije, protokol treba biti izveden kroz sve module u mreži.
- **Routing:** Routing (određivanje staze za prijenos podatka) u ad-hoc mreži je jako velik problem zbog pokretljivosti modula, ograničene protočnosti i zbog toga što bežična komunikacija lako pokupi smetnje što može prouzročiti lošu kvalitetu komunikacijskog signala. Routing protokoli moraju ponekad zadovoljiti kontradiktorne zahtjeve kao što je zahtjev za minimalnim brojem routing poruka u nizu da bi se sačuvao frekvencijski opseg i u isto vrijeme zahtjev za brzim uspostavljanjem i efikasnim održavanjem staze (route).
- **Relaying:** Budući da je gotovo nemoguće ostvariti direktnu komunikaciju između dva modula koja žele komunicirati trebalo bi osigurati 'relay' funkciju u realnom vremenu.
- **Air interface (Zračno sučelje):** Zahtjevi kod zračnog sučelja za ad-hoc mrežu su različiti i mogu biti od niskih snaga, malog prijenosa podataka i senzorskih

zahtjeva, gdje mali kapacitet baterije mora omogućiti životni vijek modula preko 10 godina, pa sve do vrlo velike brzine prijenosa podataka za visoku kvalitetu npr. slike u multimediji. Budući ovisno o upotrebi, brzina prijenosa podataka može varirati, MAC (Medium access control) protokol je sastavljen od raznih MAC procedura.

- **Motivacija slanja poruka:** Kao što je prije rečeno, svi moduli preuzimaju dio u odašiljanju poruka od pošiljaoca od određnog modula. Svako odašiljanje poruke troši ionako male energetske zalihe i može prouzročiti ispražnjenje baterije modula. Ako se to dogodi modul će biti izvan funkcije i ne može više prenositi poruke. Očito je da mreža ne može funkcionirati ako moduli ne prenose poruke jedni drugima, ali je činjenica da neki moduli prenose puno više poruka od drugih. Stoga je potreban mehanizam koji će osigurati donekle podjednaku iskorištenost svih modula.
- **Sigurnost:** bežična komunikacija je jako nesigurna komunikacija u smislu zaštite podataka. Sigurnost je kod ad-hoc mreža utoliko upitna što svaki modul ima pristup tuđim podacima kad ih prenosi. Problem u razvoju odgovarajućeg sigurnosnog protokola je u tome što kad netko treći pristupa mreži mi ne možemo biti sigurni u njegov identitet.

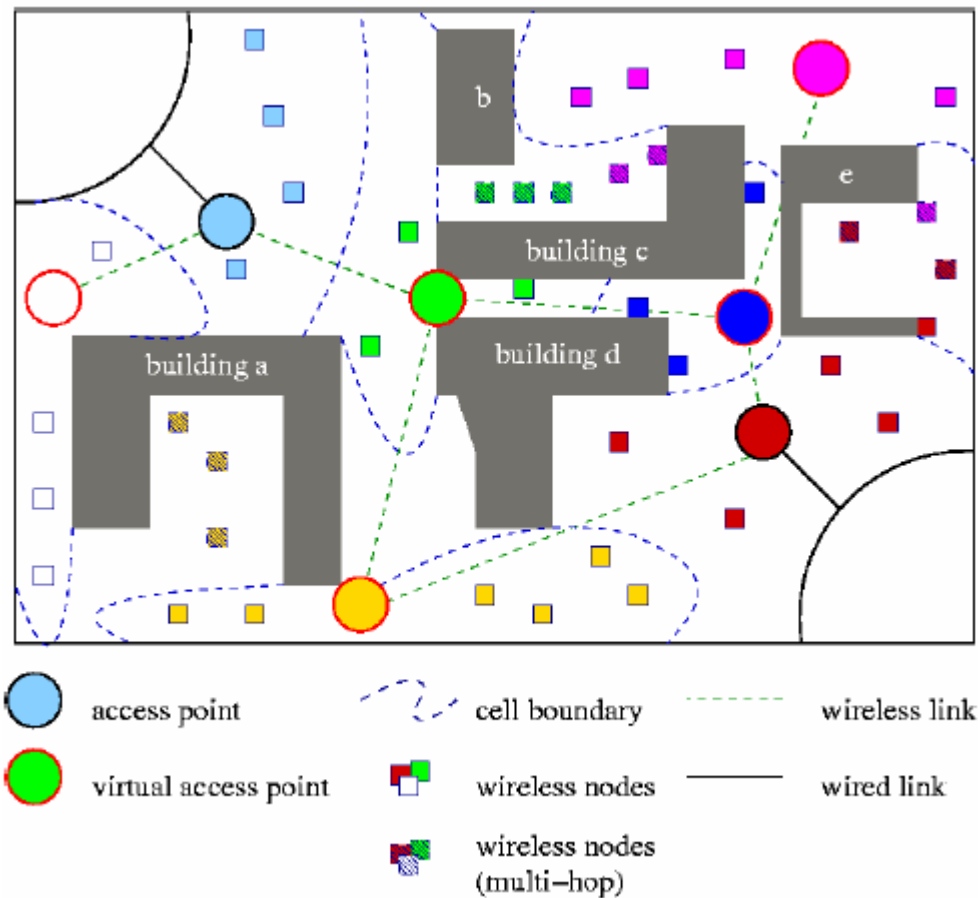
### 3.2. Kompatibilnost s fiksnom/overlay mrežom

Iako se samostojeća ad-hoc mreža može koristiti na mnogo načina, kombinacija ad-hoc i fiksne/overlay mreže je vrlo privlačna jer omogućuje puno širi opseg usluga. To se može zamisliti na način da se spoji modul direktno između fiksne i ad-hoc mreže. Veza s fiksnom mrežom može biti realizirana i s još jednom bežičnom vezom s modulom koji je direktno spojen na fiksnu mrežu. Moduli koji služe kao veza između ad-hoc i fiksne mreže se ponašaju kao mostovi (bridges) ili routers (naziv za modul koji prenosi podatke iz jedne u drugu mrežu). Moduli u ad-hoc mreži, ako bi htjeli koristiti usluge overlay mreže, trebali bi pronaći 'border router' (granični modul).

Na slici 2. je prikazan primjer ad-hoc mreže kombinirane s fiksnom i overlay mrežom. Bežični moduli su smješteni preko određenog područja. Neki moduli su spojeni direktno s žičanim access pointom (AP, pristupnom točkom). Budući nedostaje infrastruktura, ne mogu se svi AP spojiti žičano. Na slici su prikazane i virtualni AP. Oni su spojeni direktno ili preko drugih modula s žičanom AP. Bežični moduli se mogu spojiti s bilo kojom AP, ovisno o položaju ili jakosti signala. U slučaju da se moduli ne mogu spojiti ni s jednom AP (nalaze se



između zgrada i sl.), kao vezu će koristiti druge module kao routere za multi-hopping način pristupa s AP.



Slika 2. Ad – hoc mreža kombinirana s fiksnom mrežom

### 3.3. Uklapanje ad-hoc mreže u cellularnu mrežu

U budućnosti će se bežična komunikacija više oslanjati na radio sustave kao npr. satelitske mreže, HAPove (high altitude platforms), CN (cellular networks), PMP (point-to-multipoint) pristupni sustavi, WLANove i PANove. Najkorišteniji bežični pristupni sustav je danas 'cellular radio' sustav, temeljen na GSM, GPRS, UMTS i nedavno razvijenima WLAN i HIPERLAN/2. Sustavi slični WLAN se može koristiti u ad-hoc jednako kao u infrastrukturno temeljenom modu. Drugi sustavi osiguravaju ad-hoc mod, cellularni sustavi se oslanjaju na infrastrukturu bazne stanice (BS) i zahtijevaju planiranje mreže u licensnom radio spektru. UMTS osigurava prijenos podataka do 2Mbit/s, koje i nije dovoljno u područjima gdje je koncentracija pokretnih modula velika (hot-spot areas). Da bi se povećala brzina individualnog prijenosa podataka, WLAN sustav je upoznat s takvim područjima i može osigurati brzinu prijenosa podataka od 54Mbit/s. Ovi sustavi rade u nelicensnom radio spektru, i jeftino nude mobilnu komunikaciju. Ipak, jačina odašiljača u takvom

komunikacijskom sustavu je ograničena pa je ograničena i pokrivenost i teško je predvidjeti i kontrolirati interferenciju među sustavima.

Promatrajući pozitivne i negativne fiksne cellularne mreže, WLANa i samoorganizirane arhitekture mreža u odnosu na pokrivenost, mogućnosti, pokretljivost, cijenu infrastrukture i fleksibilnost, očito je da to dobitna kombinacija za buduće generacije mreža.

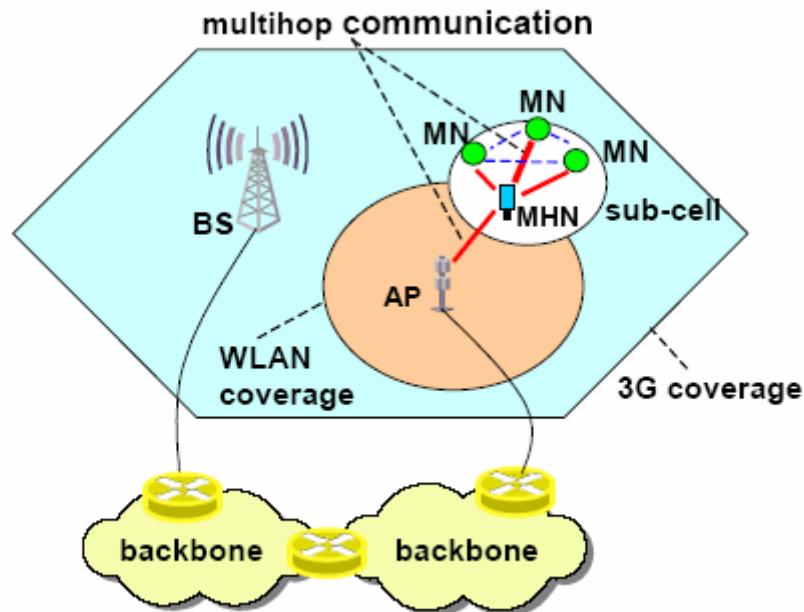
Uređajima koji istovremeno podržavaju cellularni i ad-hoc načina rada (MN), moguće je natjerati cellularnu mrežu da pomaže ad-hoc mreži. Takav oblik hibridne mreže može imati središnjeg uslužitelja u fiksnoj/cellularnoj mreži koji će upravljati topologijom ad-hoc mreže i pomoći u routingu i zaštiti. To više nije tipično ad-hoc umrežavanje. Vidimo da je ovo način proširenja cellularne mreže ad-hoc mrežom.

Razvoni pristup ka hijerarhijskoj strukturi multi-hop cellularne mreže (HMCN) je prikazan na slici 3. Sustav treće generacije predstavlja temelj arhitekture ove mreže. Potpuna pokrivenost garantira da će uvijek biti moguća veza među MN (vidi odlomak ispred) i BS (bazne stanice), čak i kada MN izgubi vezu s bilo kojom mrežom s kojom bi u nekom trenutku trebala biti vezana. BS osigurava vezu s 'backbone' (okosnica), koja se najčešće bazira na TCP/IP protokolu.

Da bi zadovoljio zahtjevu za većim prijenosom podataka u 'hot-spot' područjima WLAN sustav omogućava 'broadband' (sustav koji zahtjeva prijenos veći od 2Mbit/s) radio pristup internetu preko pristupnih točaka (AP-access point).

Sljedeći korak ka hijerarhijskoj multi-hop mreži je da uvede multi-hop sposobne module (MHN-multihop capable nodes), koji mogu biti fiksni ili mobilni. Sa fiksnim MHNovima pokrivenost APova je prostrana. Pomoćne ćelije mogu biti uspostavljene na samoorganizirajući način. To znači da MHN može prepoznati AP od ćelije i preuzeti kontrolu unutar ćelije. Osim toga, osigurava vezu među MHNovima unutar ćelije, koje mogu direktno komunicirati jedna s drugom. MHNovi i MNovi će biti omogućeni signalnim informacijama od APa (npr. routing informacije). Osim od APa signalne informacije mogu dobiti i od 'overlaying cellular' 3G sustava.

Osim fiksnih MHNova u budućnosti je razmatrano korištenje mobilnih MHNova. U slučaju da zahtjevana protočnost ne može biti ostvarena pomoću APova ili uspostavljenih fiksnih MHNova, MN će postati MHN i uspostaviti podćeliju. Ta ćelija može koristiti iste ili različite frekvencije. To je primjer prilagodljivo uspostavljene ćelije. U slučaju korištenja različitih frekvencija u različitim podćelijama moguća brzina prijenosa podataka unutar ćelije se može povećati.



Slika 3. Hijerarhijska struktura multi-hop cellularne mreže

### 3.4. Multi – hop proširenje Infrastrukturne mreže

U budućnosti se predviđa da će velika povećanja brzina prijenosa podataka za bežične sustave velikih površina biti moguća ako se poveća gustoća APova ili ako se omogući rad u nekom drugom spektru. Drugog spektra nema u bliskoj budućnosti na vidiku, kažu stručnjaci, dok povećanje gustoće AP nije ekonomski prihvatljivo.

U bliskoj prošlosti glavni napredak je bio u tehnikama obrade signala (interferencijsko obarđivanje signala) i u arhitekturi 'collocated' antena, koji nas je doveo do 'pametnih' antena. Ove tehnike će u budućnosti bežičnih sustava biti bitne, ali one same ne mogu biti dovoljne da se ostvari pokrivenost s vrlo velikom brzinom prijenosa podataka. Nepraktično je razviti složeni antenski sustav na bežičnom terminalu, a i u područjima gdje nema signala (područja u sjeni) niti 'pametne' antene neće biti od neke koristi.

U budućnosti se treba povećati protočnost, pokrivenost signalom i sl. Zbog toga, uz napredne tehnike obrade signala se traži i neka veća promjena u arhitekturi bežične mreže koja će osigurati efektivno rasprostiranje i sakupljanje signala kako prema, tako i od bežičnih korisnika. Integracija multi-hop načina rada u bežičnim mrežama je jedna od obećavajućih nadogradnji u arhitekturi mreža.

U tom smjeru, u zadnjih nekoliko godina, bilo je zanimanja za generičke multi-hop mreže i u industriji, i u znanosti, kao proširenje HiperLAN2 preko prijarnika i sl. Posredni prijarnici/routeri u multi-hop proširenim mrežama mogu biti fiksni jednostavni entiteti, ili

drugi bežični terminali u mreži. Napredne antenske tehnologije mogu biti uključene u ove mreže da bi efikasno povećale rasprostiranje signala.

Vrijedno je naglasiti razliku između ad-hoc i opisane multi-hop proširene infrastrukturne mreže. Osnovni cilj ad-hoc mreže je bio napraviti mrežu koja će funkcionirati bez infrastrukture, dok je kod kasnijih oblika mreža bitno da imaju veliku pokrivenost s velikom brzinom prijenosa podataka i veliku protočnost.

### 3.5. PAN (Personal area network)

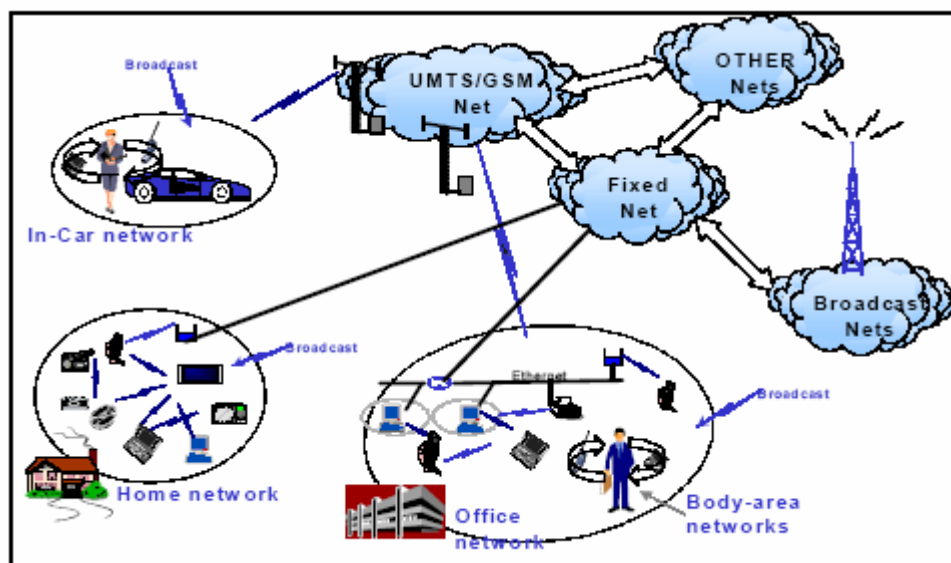
PAN se sastoji od mrežnih uređaja koji se nalaze na ograničenom području (obično promjera 10m). To je mreža koja okružuje i kreće se zajedno s osobom. Svi uređaji koji okružuju osobu na bliskoj udaljenosti su potencijalni dijelovi PANa. Uređaji obično pripadaju osobi, ali i ostali uređaji koji dođu u djelokrug PANa mogu također biti dio PANa (osoba može uočiti printer i iskoristiti ga za printanje ili se može spojiti na Internet ako je AP u blizini). Komunikacija i uzajamno djelovanje uređaja je prilagodljivo, i ovisi o potrebama korisnika.

Upotreba PANa je raznolika:

- **Zamjenjuje kabele:** Kabeli koji su danas u širokoj upotrebi za povezivanje raznih uređaja kao što su povezivanje linije i zvučnika, MP3 playera i slušalice, DVDa, videa i TVa, mogu biti zamjenjeni odgovarajućom bežičnom tehnologijom. Komunikacija između dva uređaja će biti uspostavljena i neće je se prekidati ako to nije potrebno.
- **Međudjelovanje uređaja koji se nalaze u okruženju osobe:** Mobiteli, PDAovi, prijenosna računala, digitalne kamere, MP3 playeri i dr. će komunicirati međusobno u smislu da osoba koja koristi te uređaje jednostavnije i efikasnije obavi zadatak. Korisnik može poslati slike s fotoaparata na PDA ili prijenosno računalo da bi bolje vidio sliku, ili je čak može isprintati na printeru i sl.
- **Međudjelovanje senzora i regulatora:** Tehnološko napredovanje je omogućilo razvoj malih senzora, zvanih 'Smart sensors' s računalom za obradu informacija i prikladnim bežičnim sučeljem. Očekuje se da će razni 'smart' senzori biti razvijeni u našoj okolini. Bit će ih u našoj odjeći, nosit ćemo ih na sebi, bit će ugrađeni u vozila i kućanske uređaje i sl. Ljudi će nositi na sebi senzore koji će motriti njihovo zdravstveno stanje i komunicirat će s njima preko PDAova, mobitela i sl. Kad će vozač dolaziti do automobila, automobil će prepoznati vlasnika, ugasiti alarm, otključati vrata, itd. Vozač će moći prije vožnje pomoću mobitela provjeriti

stanje vozila kao što su tlak u gumama, količina benzina, ulja i sl. Za vrijeme vožnje, vozačev PAN će komunicirati sa sensorima koji će javljati ako je negdje gužva i predlagati optimalni put do odredišta.

- **Međudjelovanje s fiksnim uređajima:** Korisnici mogu koristiti 'osobne' uređaje (uređaji pomoću kojih se može identificirati osoba) koji će komunicirati s fiksnim uređajima kao što su bankomati, te tako plaćati račune, kupovati u trgovinama, plaćati parkirališne karte... Također, korisnik može uspostaviti vezu s printerom da mu isprinta neki dokument ili preko PDA upravljati uređajima u kućanstvu kad on nije u kući.
- **Međudjelovanje s drugim mrežama:** U mnogo situacija PAN će komunicirati s nekim drugim PANom ili nekom lokalnom mrežom da dobije pristup uslugama od uređaja iz drugih PANova ili radi pristupa Internetu... U ovakvim slučajevima obično se jedan od uređaja u PANu ponaša kao 'gateway' i kontrolira komunikaciju s pokretnom mrežom.



slika 4. Primjer PAN

PAN obično ima 5-10 uređaja od kojih se jedan uređaj ponaša kao kontroler. Najčešća je kontroler mobitel ili PDA. PAN uređaje obično nose korisnici i stoga su vrlo malih dimenzija i napajaju se iz baterije.

Kao tehnologije za bežičnu komunikaciju se najčešće koriste Bluetooth, IrDA, UWB, HomeRF itd. Bluetooth podržava ad-hoc način komunikacije, ima malu potrošnju i prikladan je zbog malih dimenzija uređaja. Ugrađen je u mnogo uređaja i njegova široka dostupnost s ostalim karakteristikama ga čine glavnim kandidatom za PAN komunikaciju.

### 3.6. Bežične senzorske mreže

Bežične senzorske mreže su posebni oblik ad-hoc mreža koje čine velik broj malih naprava s različitim sensorima. Naprave su obično ispuštene iz aviona, ili izbačene iz topa koje se zatim rasprše po okolini i formiraju ad-hoc mrežu. Glavna osobina im je mogućnost samoorganiziranosti i samostalnog rada (uzimanje uzoraka iz okoline pomoću senzora, obrada podataka i komunikacija). Budući su uređaji mali i bežični, moguće ih je rasporediti dosta blizu promatranih područja. Zbog malih udaljenosti ne moraju biti jako precizni i ne moraju imati svojstva velikih mreža, ali će ih zato biti raspršeno i više no što ih treba. Višak modula će koristiti za dobivanje preciznijih mjerenja. Mnogobrojnost modula čini dodjeljivanje jedinstvene adrese gotovo nemogućom misijom. Gdje su poruke temeljne na opisu podataka, predlaže se podatkovni centralni pristup umjesto adresiranja pojedinog modula. Drugim riječima, kad korisnik želi podatak o temperaturi iz nekog područja, neće adresirati modul koji se tamo nalazi nego će poslati upit s opisom podatka koji ga zanima (temperatura u području XYZ). Routing protokol će tada proslijediti pitanje svim modulima koji mjere temperaturu u traženom području.

Velika mogućnost bežičnih senzorskih mreža je u promatranju okoline, vojnim i sigurnosnim uređajima kao i u prehrambenoj industriji. Promatranjem okoline, odnosno očitavanjem temperature s uspostavljenih ad-hoc mreža po šumama, pustinjama i drugim nepristupačnim terenima, možemo na vrijeme uočiti požare i slične opasnosti i spriječiti katastrofe u njihovom početku. Na taj način možemo spasiti šume, ljudske živote i uštedjeti mnogo novca. Upotreba u vojne svrhe je očita ako imamo pametne naprave s seizmološkim, akustičnim i video sensorima. Takvi uređaji mogu pratiti položaje neprijateljskih trupa ili samo služiti za kontrolu naoružanja. Zanimljive su i 'pametne' zgrade, gdje senzori prate naprezanja zidova i sl. i u slučaju potresa i sličnih katastrofa mogu izvjestiti o šteti.

Zahtjevi za odgovarajuće ad-hoc mreže kod bežičnih senzorskih mreža su:

- **Zračno sučelje (Air interface):** na kratkim udaljenostima (par metara) treba biti osigurana niska do srednja protočnost podataka.
- **Središnji podatkovni routing protokol:** MANET routing protokol je razvijen za IP okruženje s visokom pokretljivošću modula tako da ne gleda potrošnju energije kao routing parametar što ga čini neprikladnim za senzorske mreže. Routing protokol za senzorske mreže treba voditi računa o potrošnji energije i treba moći prenositi podatke bez adresiranja modula na temelju opisa podataka
- **Nacrt lokaliziranog i raspršenog algoritma za obradu podataka:** Obrada podataka troši manje energije od bežične komunikacije i ima široku primjenu u

senzorskim mrežama da ograniči količinu odaslanih podataka. Suvišni moduli komuniciraju, sabiru podatke, obrađuju ih i zatim se odašilju samo rezultati zatraženi od korisnika.

- **Međudjelovanje s fiksnom infrastrukturom (UMTS, GPRS, GSM, WLAN):** Senzorske mreže obično međudjeluju s ostalim mrežama preko gateway modula. Gateway moduli trebaju osiguravati potrebne informacije o mogućnostima senzorskih modula u mreži, prenositi zahtjeve korisnika, skupljati tražene podatke i slati ih nazad korisniku.

## 4. Zaključak

Iz pročitanoog teksta se da zaključiti da je ad – hoc tehnologija vrlo zanimljiva, kako za upotrebu tako i za daljnje istraživanje. Pokušao sam u nekoliko primjera pokazati gdje, i u kojim sve slučajevima se može koristiti. U nekima je vrlo korisna i praktički nezamjenjiva, dok u drugima služi više kao proširenje postojećih mreža u svrhu dobivanja kvalitetnijih usluga ili u otklanjanju uočenih nedostataka. Naveo sam nedostatke postojećih mreža i primjere kako ad – hoc mreža može nadograditi ili nadopuniti postojeću u neplaniranim slučajevima kad su dijelovi infrastrukture postojeće mreže uništeni ili nisu u upotrebi. Iz toga slijedi glavna prednost ad –hoc mreža, a to je da moduli u ad – hoc mreži ne ovise o infrastrukturi.

Nedostaci su razni, od toga da su moduli uglavnom baterijski napajani i da se prijenos podataka vrši preko drugih modula, koji sad jesu, sutra nisu dio mreže, dakle nisu pouzdani, pa sve do toga da je sigurnost podataka od strane nepoznatog korisnika gotovo nepostojeća. To ne znači da se ti i slični nedostaci neće ukloniti, tako da treba prionuti na istraživanje, i upravo je to razlog zašto nisam naveo neke smjernice u rješavanju problema, da bi vaše ideje i razmišljanja, cjenjeni čitatelju, možda otvorila nova vrata i pokoji novi pogled na rješavanje problema.



## 5. Literatura

- [1] *Advanced Network Technologies Division*, <http://www.antd.nist.gov/index.shtml>
- [2] *Acticom mobile network*, <http://www.acticom.de/research.html>
- [3] <http://www.congresbcu.com/adhocnow03/default.htm>