

Sayısal Telsiz Haberleşme Teknolojileri (TETRA, DMR ve RoIP)

Analog sistemler ile karşılaştırıldıklarında sayısal telsiz haberleşme sistemlerin çok açık avantajları bulunmaktadır; kapsama alanının tamamında işaret işleme ve hata düzelme teknikleri yardımıyla yüksek ses kalitesi ve performansın artırılması, IP tabanlı veri uygulamaları veya GPS gibi uygulamalar ile kolay entegrasyon, sesin sayısal olarak iletilmesi sayesinde ses kaydı gibi yeni uygulamaların gerçekleştirilmesi gibi imkanlar bulunmaktadır.

Günümüzde sayısal telsiz haberleşmesi için yaygın olarak kullanılan dört adet standart bulunmaktadır. Bunlardan üçü Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (*European Telecommunications Standards Institute, ETSI*) tarafından tanımlanmıştır; TETRA, Sayısal Mobil Radyo (*Digital Mobile Radio, DMR*) ve Sayısal Hususi Mobil Radyo (*digital Private Mobile Radio, dPMR*). Kalan diğer standart ABD Telekomünikasyon Endüstri Birliği (*Telecommunications Industry Association, TIA*) tarafından tanımlanan Project 25 (P25)'dir.

Diğer tüm sayısal telsiz haberleşme teknolojileri arasında TETRA ve P25, sahip oldukları teknoloji olgunluğu ve kamu güvenliği alanında yaygın kullanımları nedeniyle ayrı bir kategoride değerlendirilmektedir.

1. TETRA

TETRA, TERrestrial Trunked RADio, Karasal Trunk Radyo'nun kısaltmasıdır. TETRA standartları üzerinde çalışmalar Avrupa Komisyonu ve ETSI üyelerinin desteği ile 1990 yılında başlamıştır. TETRA standardının şekillendirilmesi için, GSM standardı ve trunk radyo sistemlerinden elde edilen tecrübelerden faydalanılmıştır. Üreticiler arasında ilk uyumluluk testleri 1995'de yapılmıştır [1].

TETRA, Time Division Multiple Access (TDMA) teknolojisini kullanır. Aralarında 25 kHz aralık bulunan radyo taşıyıcıları üzerinde dört adet kullanıcı kanalı bulunur. Bu yaklaşım önceki sistemlerle karşılaştırıldığında frekans spektrumunun daha verimli olarak kullanılmasını sağlar. Her bir kanalda 7.2 Kbps'lik veri iletimi gerçekleştirilebileceği gibi birden fazla dilimin kullanımı ile veri iletim kapasitesi 28.8 Kbps'e katlanabilir.

Avrupa'da 380-383 MHz ve 390-393 MHz frekans aralıkları acil durum servisleri için tahsis edilmiştir. 410-430 MHz, 870-876 MHz / 915-921 MHz, 450-470 MHz, 385-390 MHz / 395-399,9 MHz frekans bantları da sivil kullanım için ayrılmıştır.

TETRA, bireysel kullanıcılardan gelen talep üzerine, ses veya veri haberleşmesi için, bir havuzda toplanan radyo kanallarından bir tahsis gerçekleştirir. TETRA ayrıca hücreler halinde organize edilen ağlar arasında dolaşımı (*Romancing*) ulusal veya uluslar arası çapta desteklemektedir. TETRA altyapı üzerinden noktadan noktaya ve noktadan çok noktaya haberleşmeyi desteklediği gibi, doğrudan el terminalleri arasında (*Direct Mode*) da, konvansiyel telsiz haberleşme sistemlerinde olduğu gibi, haberleşmeye olanak sağlamaktadır.

Tüm bunlara ek olarak ses sayısal olarak iletiildiğinden, iletimden önce şifrelenmesi ve güvenli olarak iletilmesi mümkün olduğundan, kamu güvenliğinin gerektirdiği yerlerde bu özellikten istifade edilebilir.

1.1. TETRA Radyo İşletimi

TETRA'nın işletilebileceği üç farklı çalışma şekli bulunmaktadır:

- Ses ve Veri (*Voice+Data*)
- Doğrudan İşletim (*Direct Mode Operation, DMO*)
- Paket Verisi İyileştirilmiş (*Packet Data Optimised, PDO*)

En yaygın olarak kullanılan çalışma şekli V+D'dir. Bu çalışma şekli ses veri iletimleri arasında geçişe izin verir ve hatta aynı kanal içinde farklı zaman dilimleri her iki tür iletim için de kullanılabilir. Mobil terminaller ve baz istasyonları arasında Full-Duplex iletim desteklenmekte ve alıcı ve verici arasında etkileşimin kabul edilebilir seviyelerde tutulması için 10 MHz'lik bir aralık kullanılmaktadır.

DMO iki mobil terminal arasında ses ve veri iletimin sağlamaktadır ancak bu çalışma şekli Full-Duplex iletimi desteklememektedir (*Simplex*). Bu çalışma şekli baz istasyonu kapsama alanı dışında da mobil terminallerin birbirleri ile haberleşebilmelerini sağlamaktadır.

Üçüncü çalışma şekli yalnızca veri iletimi için iyileştirilmiştir. Bu çalışma şekli, özellikle gelecekte yüksek hacimli veri iletimi gerektirebilecek uygulamalar göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir.

1.2. Veri Yapıları

TETRA'da TDMA teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknik mevcut PMR sistemleri ile karşılaştırıldığında çok daha fazla frekans spektrumu verimliliği sağlamaktadır zira bu teknik aynı frekansın birçok kullanıcının aynı anda kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Ses sayısallaştırılmakta, hem ses ve hem de veri, her kanal üzerinde dört dilime çoğullanarak, sayısal olarak iletilmektedir. Sesin sayısallaştırılması için kullanılan codec, sesin iletimi için yalnızca 4.567 Kbps'lik veri iletim oranına ihtiyaç duymaktadır (*Algebraic CELP, ACELP*).

Baz istasyonundan mobil terminallere veri iletimi dışında, şebekeye özel denetim işlevleri için de bir yol sağlamaktadır. İletilen veri hata tespiti ve düzeltme işlevleri için ek bilgiyi de içerir. Her mobil terminalin vericisi yalnızca kendine tahsis edilen zaman diliminde etkindir. Bu çalışma şekli mobil terminallerde verimli batarya kullanımını sağlar.

TETRA'nın en önemli özelliklerinden biri de çağrı kurulması için gerekli sürenin oldukça kısa oluşudur. Normal koşullarda bu süre 300 ms'nin altındadır ve DMO çalışma şeklinde bu süre 150 ms'ye kadar düşmektedir. Bu süre standart hücrel sistemlerle karşılaştırıldığında oldukça kısadır. Bu özellikle gecikmenin hayati önem arz ettiği acil durum haberleşmesinde çok önemlidir.

1.3. TETRA'nın geleceği

Her ne kadar TETRA ile, konvansiyonel PMR sistemleri ile karşılaştırıldığında önemli bir iyileştirme sağlansa da ek veri kapasitesine her zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde sayısal hücrel haberleşme sistemleri Mega bit mertebesinde veri iletimi sağlamaktadır. TETRA'nın da sunmuş olduğu veri iletim kapasitesinin artırılabilmesi için çalışmalar sürmektedir.

2. Project 25

Project 25 (P25) veya APCO-25 Kuzey Amerika'da federal/eyalet kamu güvenliği kurumlarının sayısal radyo haberleşmesine olanak sağlayan standartlar ailesini ifade eder. P25 mevcut konvansiyonel analog telsiz frekanslarında işletilmektedir.

- **P25 Aşama 1.** Aşama 1 radyo sistemleri 12.5 kHz analog, sayısal veya karışık çalışma şeklinde işletilebilmektedir. Aşama 1 sistemler Continuous 4 level FM (C4FM) modülasyonu ile her sembol için 2 bit iletilerek 4800 baud'da 9600 bps kanal veri iletim kapasitesi sağlamaktadırlar.
- **P25 Aşama 2.** Spektrum kullanımının iyileştirilmesi amacıyla şu an halen geliştirmekte olan Aşama 2, 2 dilimli TDMA ve FDMA (CQPSK) modülasyon tekniklerini destekleyecektir. Aşama 2 AMBE+2 ses kodlamasını kullanarak kanal başına ihtiyaç duyulan veri iletim oranının 4800 bps'e düşmesi sağlanacaktır

3. DMR

DMR, ETSI tarafından ilk olarak 2005 yılında onaylanan ve profesyonel mobil radyo kullanıcıları için tasarlanan bir sayısal radyo haberleşmesi standardıdır. Bu standart mevcut 12.5 kHz kanal aralığı ile kullanılan küresel karasal mobil frekans bantlarında kullanılmak ve gelecekte 6.25 kHz kanal eşdeğeri için yapılacak düzenleme gereksinimlerini karşılamak üzere tasarlanmıştır. Sistem tasarımı yapılırken düşük maliyet ve uygulama basitliği göz önünde bulundurulmuştur. DMR ses, veri ve diğer ek hizmetler için altyapı sağlar [2].

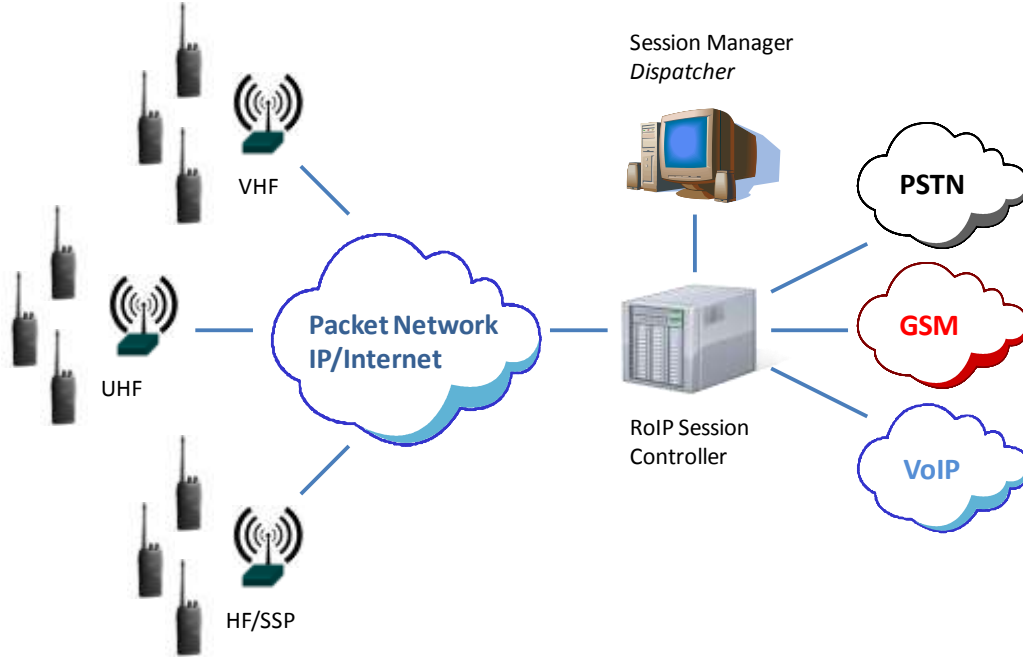
DMR protokolü lisans gerektirmeyen (*Katman I*), lisans gerektiren konvansiyonel (*Katman II*) ve trunk destekli lisans gerektiren (*Katman III*) çalışma şekillerini destekler. Günümüzde ticari uygulamalar Katman II ve Katman III kategorilerinde yoğunlaşmıştır.

- **DMR Katman I: Lisans Gerektirmeyen.** DMR Katman I lisans gerektirmeyen 446 MHz bandında çalışmaktadır. Kişisel veya geniş kapsama alanı duymayan kurumsal uygulamalar için uygundur.
- **DMR Katman II: Konvansiyonel.** DMR Katman II 66-690 MHz bandında işletilen lisanslı konvansiyonel radyo sistemlerini kapsar. ETSI DMR Katman II standardı, spektral verimliliğe, yüksek ses kalitesi ve entegre IP veri hizmetlerine ihtiyaç duyan kullanıcıları hedeflemektedir. ETSI DMR Katman II 12.5 kHz kanallarında iki TDMA kanalı tanımlar.
- **DMR Katman III: Trunk'lı.** DMR Katman III 66-690 MHz bandında trunk'lar üzerinden işletimi kapsar. DMR Katman III 12.5 kHz kanallarında iki TDMA kanalı tanımlar. Katman III ses ile birlikte MPT-1327'ye benzer şekilde dahili 128 karakterlik durum mesajları ve değişik formatlarda 288 bit uzunluğa kadar kısa mesaj desteği sunar. Ayrıca IPv4 ve IPv6 dâhil olmak üzere değişik veri hizmetleri de desteklenmektedir.

4. RoIP

Son yıllarda özellikle GSM'in dünya çapında yaygınlaşması, Tetra gibi sayısal telsiz sistemlerinin kullanıma geçmesinden sonra analog telsiz sistemlerine olan talebin azalması bekleniyordu. Ancak yaygın kullanıcı

tabanı ve haberleşme için sağladığı ekonomik avantajlar analog telsiz sistemlerinin beklenenden daha uzun süre revaçta olacağını göstermektedir. RoIP, kullanılan analog telsiz altyapısı (VHF, UHF gibi) ve coğrafi konumdan bağımsız olarak analog telsiz sistemleri arasında haberleşme imkanı sunmaktadır.



Şekil 1. - RoIP Sistem Bileşenleri [3]

1. **Analog Radyo Köprüsü** (*Analog Radio Bridge, ARB*). Analog radyo sistemlerinin sayısal olarak RSC'ye bağlantısını sağlayan cihazdır. Cihaz üzerinde analog telsiz ünitesine bağlantıyı sağlayan analog ses portları, PTT ve ağ bağlantısı için Ethernet arayüzleri bulunmaktadır. Oturum denetimi SIP (Session Initiation Protocol, RFC 3261) ile sağlanmakta olup, ses verisi RSC'ye RTP (Real-Time Transport Protocol, RFC 3550) ile sağlanmaktadır. PTT denetimi yine RSC tarafından ağ bağlantısı üzerinden gerçekleştirilmektedir.
2. **RoIP Oturum Denetçisi** (*RoIP Session Controller, RSC*). RSC, seçilen radyo şebekeleri arasında ses kanallarının kurulmasını ve anahtarlanmasını sağlar. PTT denetimi RSC üzerinden gerçekleştirilir. RSC ayrıca, PSTN ve GSM gibi konvansiyonel ayrıca SIP/H.323 tabanlı VoIP ağlarına bağlantı için arayüzleri içerir. RSC, analog telsiz sistemlerinden, PSTN, GSM ve VoIP ağlarına yapılan bağlantılar için ortam geçidi vazifesi görür.
3. **RoIP Oturum Yöneticisi** (*RoIP Session Manager, RSM/Dispatcher*). Analog telsiz sistemleri arasında haberleşmenin sağlanması için, kanal tahsisinin yapılması, gerçek zamanlı izlenmesi ve istendiğinde sayısal ortama kaydedilmesini sağlar. RSM ayrıca gerektiğinde PSTN, GSM veya VoIP istikametlerine bağlantıların yapılmasını sağlar.

Sistem bileşenleri arasındaki bağlantılar paket ağları üzerinden IP protokolü ile gerçekleştirilmektedir. IP ağları üzerinden yapılan ara bağlantı, coğrafi olarak birbirinden izole edilmiş analog telsiz sistemlerinin birbirleri ile haberleşmesine olanak sağlamaktadır.

RoIP, kullanılan analog telsiz altyapısından (VHF, UHF veya HF/SSP) bağımsız olarak analog telsiz sistemleri arasında bağlantıyı sağlayabilmektedir. Sistem ayrıca sürekli çevrim içi durumda tutularak arşivleme amacı ile tüm haberleşmenin kaydedilmesi amacıyla kullanılabilir.

5. Genel Değerlendirme

ABD’de P25 uygulamaları bütçe kesintileri nedeniyle yavaşlamış olmasına rağmen yapılan güncellemeler için belirlenen standartlar APCO-25 uyumluluğu gerektirmektedir. 2004 ortalarında 54 ülkede 660 şebekede P25 uygulaması gerçekleştirilmesine karşın 2009 yılında 114 ülkede [4] TETRA uygulaması gerçekleştirilmiş olup Avrupa ve Çin’de tercih edilen sayısal telsiz haberleşmesi standardı TETRA’dır. TETRA’nın tercih edilmesinin temelinde ayrıca TETRA maliyetlerinin daha düşük olması da yatmaktadır (*El terminallerinde 1’e 5 oranında*). P25 daha uzun menzilli haberleşmeye olanak sağlamasına rağmen TETRA full-duplex iletim yanında, daha güvenli ve verimli veri iletimi sağlayabilmektedir [5]. Düşük maliyetli ticari uygulamalar için DMR’ın bir pazarda bir payının olacağı öngörülmektedir [6]. RoIP sayısal telsiz haberleşme sistemlerine geçişte yatırımın korunmasını ve diğer sayısal telsiz sistemleri ile ara bağlantıyı sağlayacaktır.

6. Kaynaklar

1. TETRA Home Page, <http://www.tetramou.com/>
2. DMR Association, <http://www.dmrassociation.org/>
3. Nevada Elektronik Ltd., <http://www.nevada.com.tr/>
4. TETRA Association, <http://www.tetra-association.com/tetramou.aspx?&id=2413>
5. Comparing TETRA with other Technologies, <http://www.tetramou.com/uploadedFiles/Files/Presentations/Dubai06swancomparison.pdf>
6. 6.DMR and other radio Technologies, <http://www.dmrassociation.org/dmr-and-other-technologies.htm>