

Auernhammer Hermann, and Hermann Speckmann. 2006. Section 7.1 Dedicated Communication Systems and Standards for Agricultural Applications, pp. 435-452 of Chapter 7 Communication Issues and Internet Use, in CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology. Edited by CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering; Volume Editor, Axel Munack. St. Joseph, Michigan, USA: ASABE. Copyright American Society of Agricultural Engineers.

Çevirmenler: Ebubekir YAŞAR, Sefa TARHAN ve Mehmet Metin ÖZGÜVEN
Çeviri Editörleri: Sefa TARHAN ve Mehmet Metin ÖZGÜVEN

7. Bölüm: İletişim Konuları ve İnternet Kullanımı

7.1 Tarım Uygulamalarına Ait Özel İletişim Sistemleri ve Standartları

Yazarlar: H. Auernhammer ve H. Speckmann

Çevirmenler: Ebubekir YAŞAR, Sefa TARHAN ve Mehmet Metin ÖZGÜVEN

Özet: Modern tarım teknolojisi elektronik yardımıyla kontrol edilir. Bu yüzden makineler ve aletler aralarında birbirleri, diğer birimlerle ve çiftlik işletme birimi ile haberleşebilecek akıllı işlem birimlerine sahiptir. Bu yeni iletişim seçeneklerinin kapsamlı ve sorunsuzca kullanımı ancak dünya çapında kabul edilmiş iletişim standartlarının geliştirilmesi ve kullanılması ile mümkündür.

Standart iletişimin başlangıcı, traktör ve tarım makineleri arasındaki DIN 9684/1 ve ISO11786 noktadan noktaya iletişim standartlarına dayandırılabilir. Bu standartlar, ilave sensörlerden tasarruf etmek için tarım makinesi kontrolünde, traktör sensör sinyallerinin nasıl sağlanacağını tanımlar.

DIN 9684/2-5'e uyan Tarımsal Veriyolu Sisteminin (LBS, Agricultural Bus System) olabilirliği daha geniştir. CAN teknolojisine göre en fazla 16 adet elektronik kontrol birimi (ECU, Electronic Controlled Units) önceliklendirilmiş nesne tabanlı mesajları kullanarak iletişim ağını kurabilir. 1997'de tamamlanan ISO11783'ü temel alan bu standart, 29 bit adreslemeye sahip ve OSI için ISO referans modelinde yapılandırılmış uluslararası bir standarttır. ISO11783'ün SAE J1939 ile birleştirilmesi kamyon ve otobüs üreticileri ile uyumluluğu garanti altına alır. Ek olarak bu standart, standartlaştırılmış tanılara ilaveten traktör işletmesine, tarım aletlerine doğrudan erişim imkânı sağlar.

Akıllı makineler yüksek uzaysal ve zamansal çözünürlükte çok amaçlı bilgileri toplayabilmektedir. Çiftlik işletmesine entegre etme amaçlı en küçük çaba göz önüne alındığında bu teknoloji, belgeleme ve izlenebilirlik açısından önemli bir katkı sağlayacaktır. Arayüz olarak XML standardı en uygun gözükmekte ve bu standart, tarımı Microsoft ve Unix dünyası ile birleştirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektronik iletişim, Noktadan noktaya bağlantı, LBS, DIN 9684, CAN, ISOBUS, ISO 11783, SAE J1939, Tanılar, Belgeleme, İzlenebilirlik, XML.

7.1.1 Giriş

Hidrolik ve elektriğin yaygın kullanımını takiben, elektronik ve hesaplama sistemlerinin kullanımı, tarım makinalarının bütününde çok önemli bir iyileştirme sağlamıştır.

Bugün bağımsız altsistemler zekileşmekte ve birbirine bağlanabilmektedir. Otonom süreç kontrol sistemleri, optimizasyon ve kullanım için birçok yeni olasılık sağlar ve bu nedenle daha az bir iş yükü ortaya çıkar. Ek olarak tekli sistemler tarımsal üretim sürecinin bütününün kontrol döngüsü içerisine dahil edilebilir. Üretim daha verimli, hassas, çevre dostu ve izlenebilir hale gelir.

Bu nedenle arazi kullanım sistemleri gelecekte daha farklı görülecektir. Birçok yeni terim başında daha çok *hassasiyet* olasılığını ortaya koymaktadır:

- Hassas bitkisel tarım ve hassas hayvancılık tanımını içeren hassas tarım,
- Hassas bahçecilik,
- Hassas bağcılık ve
- Hassas ormancılık.

Geniş bir alanda geliştirilebilecek bu sistemlerin potansiyelini ortaya çıkarmak için bilgi, kayıp bir halka olarak algılanmalı ve açık, hızlı, güvenilir ve ucuz yoldan bütün sistemin kullanımına hazır olmalıdır. Bu nedenle yaygın ve kabul görmüş standartların kullanımı, büyük ana bir temel şarttır. Bu, geniş bir aralıktaki birçok teknolojilerin birleşmesine ve açık ve üreticiden bağımsız sistemlerde çiftlik özel koşullarına imkan vermektedir.

Farklı başlangıç şartlarına sahip olmasına rağmen elektronik ve bilgi teknolojisinin üretim ve hayvancılıkta kullanımı benzer adımlardan geçmiştir.

Hayvancılık

Sürülerdeki hayvan sayılarının artması, etkin tedarik zinciri yönetiminin sağlanmasında, hayvan yetiştirme ve sağlığı için iyi bir iklimlendirme kontrolünü garantiye alınmasında yeni zorluklara neden olmaktadır.

Besleme için tedarik birimi; okunabilir uzaklıkta tek bir hayvanın hatasız, güvenilir bir kimliklendirmeye ihtiyacı vardır [1]. Aktif ve sonrasında pasif alıcı verici cihazlar, tedarik birimindeki tüm hayvanların tanınmasını sağlayarak böylece belirgin bir yem rasyonu tanımlamasına imkan vermektedir. Açıkça tanımlanmış yem rasyonları, her bir hayvan için bireysel besleme planının oluşturulmasını mümkün kılmaktadır. Bu, ilk defa inekler ve buzağılar için kullanılmıştır. Hayvanın yemliğe her gelişinde tüketilen maksimum miktarlarını, gün boyu porsiyonların optimize edilmiş dağılımlarını veya hayvan tarafından tüketilmeyen miktarların kontrolünü içeren kontrol algoritmaları geliştirilmiştir. Bu kontrol algoritmaları, süreç kontrol sisteminin kullanıcı arayüzü vasıtasıyla operatöre bir bildirim üretir.

Bir sonraki adım besleme ekipmanlarının açık döngü kontrol sisteminden, hayvan performansına dayanan kapalı döngü kontrol sistemine dönüşümüdür. Bunun için performans ölçüm amaçlı (sığırlar için günlük süt miktarı, buzağı tartım ünitesi)

ilave sensörler eklenmiştir. Kapalı bir iletişim sistemi sağlamak için kendilerine özgü bir yolla her bir üretici, farklı altsistemlerin kişisel bilgisayarlarla birleşimini uygulamıştır.

İklimlendirme kontrolü için farklı elektronik kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Basit sistemler, operatör ön tanımlı, zaman temelli, açık döngü kontrol yapısı kullanırlar. Daha karmaşık sistemler, entegre edilmiş sensörlerden elde edilen ek bilgiyi ve kapalı döngü kontrol sistemlerinde daha gelişmiş algoritmaları kullanırlar [2]. Bir başka gelişmede yeni parametreler olarak, oda sıcaklığı ve nemin kontrol sistemlerine dahil edilmesidir. Kapalı iletişim sistemleri olarak farklı bölümler için kontrol sistemleri, birleştirilmiş ve merkezileştirilmiş izleme üniteleri şeklinde üreticilerin kendine özgü belirlediği yolla uygulanmaktadır.

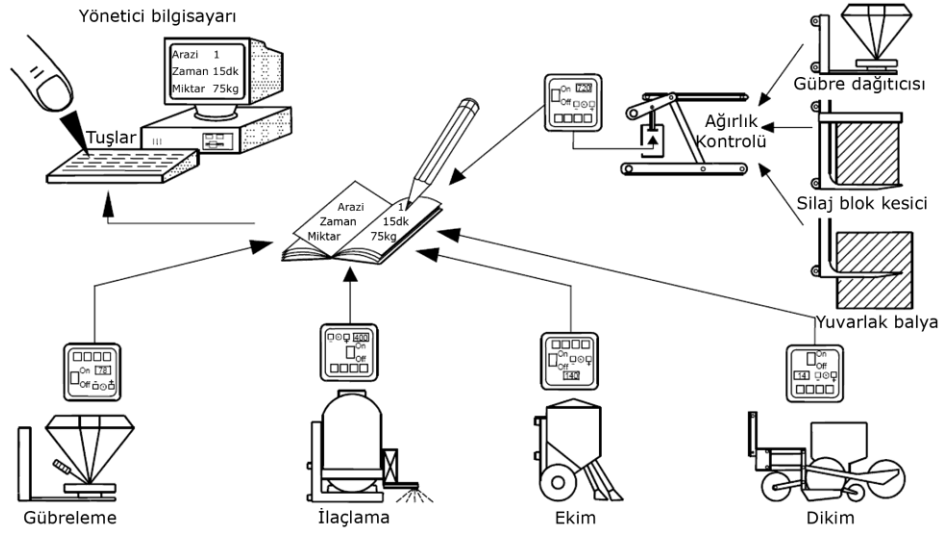
Standart iletişim arayüzünün oluşturulmasına yönelik ilk girişimler, birçok sebepten dolayı başarısız olmuştur. Bu sebepler arasında; sistemin bütünü kapsayan kavramların olmaması, farklı üreticilerin farklı çıkarları ve kendi aralarında değiştirilebilir bileşenlerin çokluğu yüzünden pazar payı kaybetme korkusu sayılabilir [3].

Bitkisel Üretim

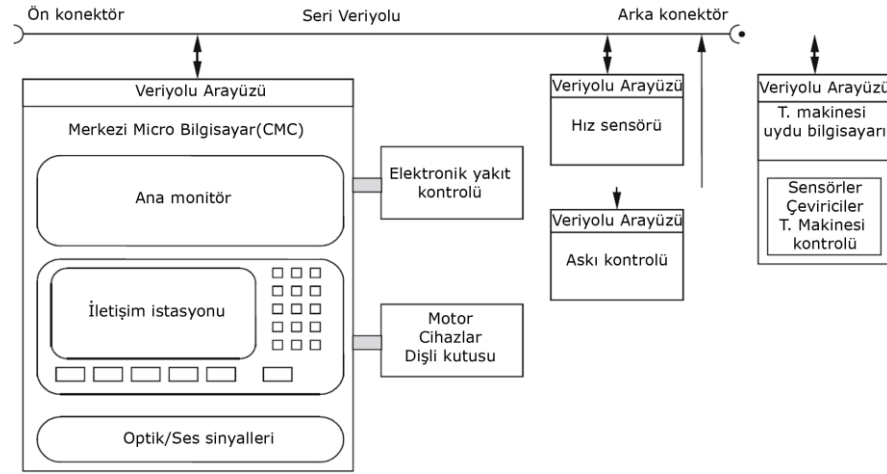
Çok daha yoğun bitkisel üretime yönelik artan isteklerden dolayı yeni problemler ortaya çıkmıştır. Bu istekler; kimyasalların (gübreler, pestisitler ve herbisitler) daha hassas uygulanması, tarla sulamada daha etkin su kullanımı, traktör lastiklerinin patinaj zararının azaltılması, traktör ve tarım makinelerinin kombinasyonlarının ve kendi yürür makinelerin (biçerdöver, silaj makinesi, şeker pancarı hasat makinesi) boyutlarının büyümesiyle önemi daha çok artan tarım makinelerinin kontrol edilmesidir.

Elektronüğın tarım makine ve ekipmanlarında kullanımı; sensör, işlemci ve ekrana sahip basit izleme birimleri ile başlamıştır. Bunları kapalı ve kendi kendine iş görebilen elektronik kontrol sistemleri takip etmiştir. İki önemli gelişme traktörler için üç nokta bağlantı sistemi [4] ve kimyasal bitki koruma amaçlı pülverizatör bilgisayarıdır [5]. Prensip olarak her iki uygulamada temelde sensörler, denetleyiciler, eyleyiciler ve kullanıcı arayüzü arasında dahili ve üreticiye özel iletişim sistemleri kullanılmıştır. 1980lerin başlarında bu eğilim, bütün diğer tarım makinelerine özgü denetleyicilerin gelişimiyle devam etmiştir (Şekil 1) [6].

Bununla birlikte bir traktör ekipman kombinasyonundan diğer bir başkasına karşılıklı sorunsuz geçişini sağlayan teknoloji için ilk sınırlama açıkça görülmekteydi. Her iki traktörde hız ve diğer değerler için benzer temel işaretleri sağlar ve takiben aynı arayüzleri (konnektör) kullanması durumunda her iki kombinasyon arasında hızlı ve güvenilir bir karşılıklı değişim mümkün olabilecektir. Bu problemleri aşmak için yapılan ilk bilimsel çalışmada [7] *iş denetleyiciler ve merkezi kullanıcı arayüzünde* (Şekil 2) paylaşımlı zekaya sahip açık bir iletişim sisteminin kullanılması tavsiye edilmiştir.



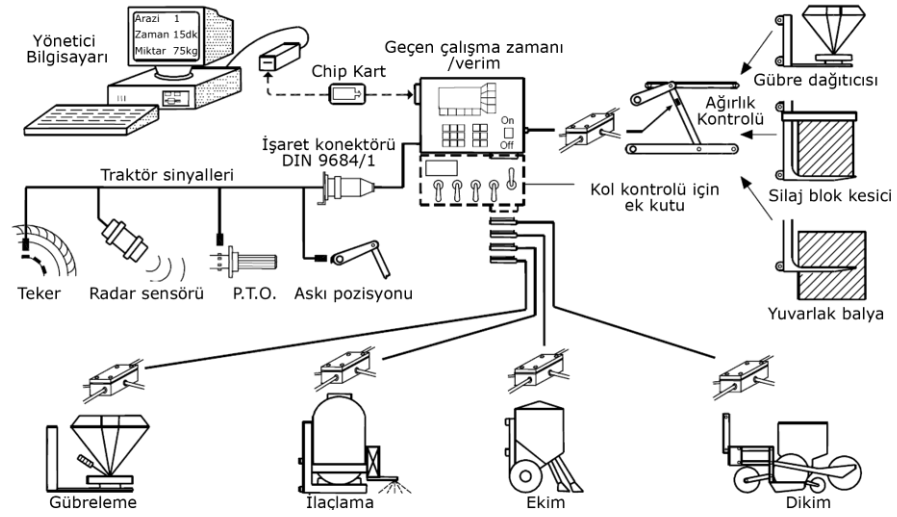
Şekil 1. Manuel veri transferi ile tarım makinesi kontrolörleri.



Şekil 2. Evrensel bir bilgi ve kontrol sistemi şeması.

İlk uygulama olarak üreticiye özgü ikili birim sistemi (BUS, Binary Unit System) geliştirilmiştir [8]. Yönetim bilgisayarına veri aktarımı için kullanılan ilk akıllı kartlara ve konektöre özgü tarım makinesi kontrol sistemlerine sahip *çok amaçlı taşınabilir tarım bilgisayarları* (Şekil 3) uygulamalarda kullanılmıştır [9].

Bundan sonra hayvancılıktaki durumdan farklı olarak, büyük traktör ve ekipman üreticileri talebin farkına vararak bitkisel üretimde elektronik iletişim sistemlerinin standartlaştırılmasına yardımcı olmuşlardır.



Şekil 3. Traktör sinyalleri ve veri transfer ortamı ile genel amaçlı mobil çiftlik bilgisayarı.

7.1.2 Tarım Makinelerinin Kontrolü için Traktöre Yerleştirilmiş Sensör Arayüzü

Bitkisel üretimde traktörler genel olarak, asılır veya çekilir tarım makineleriyle veya tarım arabalarıyla birlikte kullanılır. Bu kombinasyonda, traktör tarım makinelerinin hareketlendirilmesi ve tarımsal işlemlerin yapılması için gerekli olan mekanik, elektriksel ve hidrolik gücü sağlamaktadır. Bununla birlikte istenen ve sunulan traktör performans parametreleri tarla şartları altında tekdüze değildir. Hız, patinaj, motor hızı, kuyruk mili hızı ve çalışma derinliği değişken parametrelerdir. İstikrarlı bir iş kalitesi (örneğin her bir alan için sabit iş başarısı) yakalamak için, tarım makinesinin önemli parametrelerinin sürekli ayarlanması gerekir. Bu nedenle, gerçek çalışma şartlarını algılaması için her bir ekipmanın birçok sensöre ihtiyacı vardır. Böylece daha ekonomik çözüm, traktör sinyallerini standart bir arayüz ile ekipmanın kullanımına hazır hale getirmektir.

Bahsedilen gereksinimleri karşılayan bir çıkış sinyali DIN 9684-1 [10] olarak 1986'dan 1989'a kadar standartlaştırılmış ve 1995'te ISO 11786 [11]'ya aktarılmıştır. Traktörden ekipmana olan temel bilgi 7 kutuplu noktadan noktaya iletişim ile sağlanır. Her bir sinyal için standart, sinyal gerilim limitlerini ve değişim hızlarını belirlemiştir. Uygulamalar için minimum ve maksimum gerilim seviyeleri tanımlanmıştır. DIN 9684-1'deki 2., 6. ve 7. pinler haricinde tam bir pin popülasyonu zorunlu değildir.

7.1.3 Tarımsal Veriyolu Sistemi (LBS)

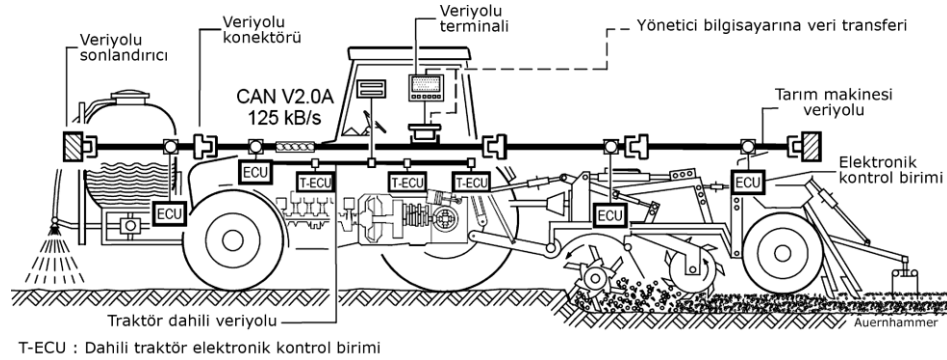
ISO 11786'ya göre noktadan noktaya bağlantı sadece tek traktörlü tarım makineleri kombinasyonları için veri değişimine müsaade etmekte ve bu değişim tek yönlü olmaktadır. Bu; traktör sayısını, işgücünü, işçilerin iş yükünü, enerji talebini ve toprak sıkışmasını (ideal iş ve hava şartlarında daha az sayıda uygulama olacağından) azaltacak etkiye sahip daha kompleks ve akıllı farklı ekipman kombinasyonlarının

geliştirilmesinin önünde bulunan önemli bir kısıtlamadır. Kısacası bu, daha düşük maliyette, çevre için daha iyi çalışma anlamına gelmektedir.

Çiftliğe özgü şartlara optimize edilmiş bir uyarlama için traktör ve tarım makineleri serbestçe karşılıklı değiştirilebilir ve birleştirilebilir olmalıdır. Bu yüzden standartlaştırılmış arayüzler vasıtasıyla her bir birim, diğer bir birimle iletişim kurabilme yeteneği olan kendi denetleyicisine sahip olmaya ihtiyacı vardır. Komple bir sistemde bilgi değişimi için dört çift yönlü arayüz gereklidir.

çiftlik yönetim sistemi ↔ traktör ekipman birimi
traktör ekipman birimi ↔ operatör
operatör ↔ ekipman(ve traktör)
ekipman ↔ ekipman

İlk standart Deutsches Institut für Normung (DIN) adına 1987'den 1997' ye kadar ki süreçte Landmaschinen-und Ackerschleppervereinigung (LAV)'de tanımlanmıştır. Eş zamanlı yapılan bir araştırma projesi ilgili standardı kullanmış ve geçerliliğini doğrulamıştır [12]. DIN 9684/2-5 'e göre geliştirilen Landwirtschaftliches veriyolu sistemi (LBS) (Şekil 4) orta Avrupalı çiftliklerin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla düzenlenmiştir. Tarım endüstrisinin temel şartı tarım makinesi ve traktör arasındaki fonksiyonelliğe doğrudan herhangi bir müdahalenin yasaklanmasıydı.



Şekil 4. Ayrıntılı olarak bir traktör-tarım makinesi biriminde LBS mobil elektronik iletişimi.

Denetleyici Alan Ağı (CAN, Controller Area Network)

LBS'ye özel temel bir iletişim sistemi geliştirmektense hâlihazırda ticari olarak mevcut olan otomobil endüstrisinin standartlarının kullanılmasına karar verilmiştir. Böylece teknik gelişimlere katılım hızlıca sağlanabilecek, ekonomik olarak uygulanabilecek ve otomotiv endüstrisinin çok yönlü bilgi birikiminden faydalanılabilecektir.

1989'da seçilen sistem, Bosch şirketinin CAN V2.A sürümü idi [13]. Bu iletişim protokolü; dağıtık süreç düğümlerine, seri veri iletimine ve 11 bit tanımlayıcılı veri çerçevelerine ve 64 bit veri alanına sahip çoklu yönetici mimariye

dayanmaktadır. Bu ağ protokolü, serbest nesne tabanlı adreslenebilirlik, önceliklendirme, kısa mesaj çerçevesi ve en uygun şekilde gereksinimleri karşılamak için dahili hata raporlayıcısını sağlamaktadır.

LBS Sistem Tanımlaması

DIN 9684'ün 2. Bölümü; uygulama aralığını, temel tanımlamaları, iş hattını, konfigürasyonları, BUS protokolünü, temel mesaj yapısını ve ağın fiziksel katmanını tanımlar. Bu, ISO 11869'a [13] uyumlu genel CAN yapısını izlemektedir.

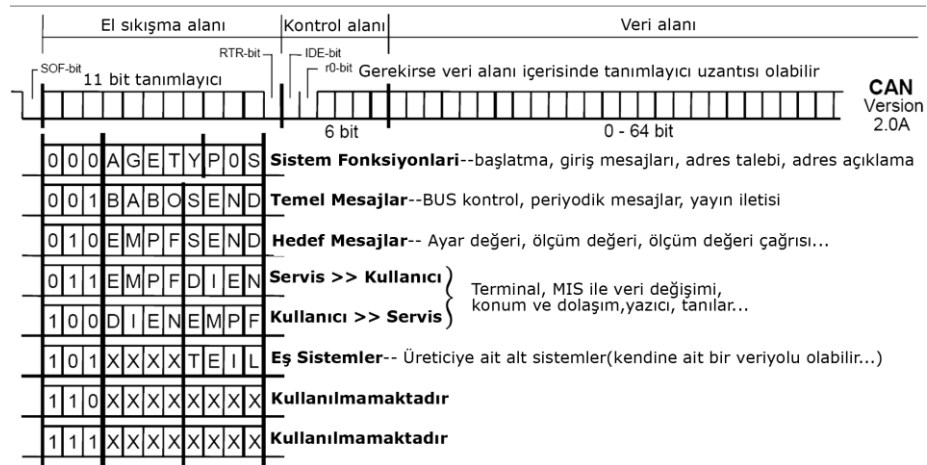
Her bir düğümün sadece bir ya da birkaç sensör ve eyleyiciyi, bağımsız nesnelere yönettiği orijinal CAN felsefesine karşın LBS, düğümleri "iş denetleyicisi" terimiyle tanımlamaktadır. Böyle bir iş denetleyicisi, bir cihazın (traktörde bir cihaz sayılır) bütün kontrolünü ve icra faaliyetini veya bir servisin (kullanıcı arayüzü gibi) bütün fonksiyonelliğini sağlamaktadır. Böylece iş denetleyiciler, cihazların veya servislerin, tüm veri iletişiminden ve onların BUS üzerindeki veri nesnelere sorumludur.

LBS Tanımlayıcı Yapısı

Karmaşık traktör makine kombinasyonları, her koşul altında büyük miktardaki verilerin iletimine ihtiyaç duymaktadır. Bu en fazla 2048 farklı nesneyi adresleyebilen 11 bit ile nadiren başarılabilmektedir. Neticesinde, CAN tanımlayıcı LBS içerisinde özellikle değiştirilmiştir (Şekil 5).

Bu, tanımlayıcıya şu olanakları sağlar.

- Yüksek değerlikli üç biti kullanarak 8 farklı öncelik grubu oluşturma;
- Sistem yöneticisine kritik öncelik atama;



Şekil 5. LBS'de 11 bit tanımlayıcı tanımı.

- Temel mesajlar için ikincil yüksek öncelik atama;
- Bir sonraki öncelik seviyesini süreç verisine atama;
- BUS yapısına özel servis hizmeti sağlama;

- Sabit satır ve sütun ataması ile kategori tablosundaki bilgiyi tanımlama ve
- Geçici veri tanımlarını ilk dört bayta kaydırma.

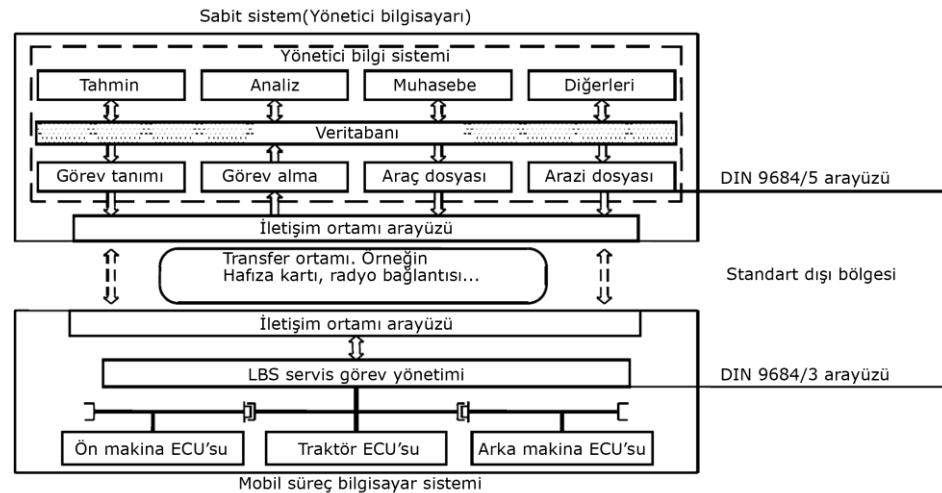
LBS Kullanıcı Terminali

Kullanıcı istasyonu (BS) olarak adlandırılan bir LBS servisi, LBS tabanlı ağlarda insan bilgisayar etkileşimi amacıyla oluşturulmuştur. BS zaman sıralı veya çoklu pencere modunda sanal terminal olarak davranır ve veri sunumuna ve bağlı cihazlar arasında karşılıklı veri değişimine uygun araçlar sağlar. Tek bir iş denetleyicisi için BS, sürekli mevcut bir terminal gibi görülmektedir. Veri değişimi maske tabanlı ve her bir iş denetleyici tarafından LBS ağı içerisinde kontrol edilir.

Sistemin başlatılmasında tüm iş denetleyicilerinin kontrolü ve veri sunumu için kullanılan maskelerin, BS veri hafızasına yüklenmesi gerekmektedir. Menü seçimi ekranı, operatöre belli iş denetleyicisinin belli maskesini seçmesine ve sanal terminal ön yüzünde görüntülenmesine imkan verir. Standart sadece fonksiyonellik aralığını tanımlamakta fakat onların teknik olarak gerçekleştirilmesini tanımlamaması sebebiyle tuş, joystick ve dokunmatik ekranlar gibi farklı kontrol elemanları üzerinden etkileşime izin verilir. Bir pülverizatörün, ilaçlama buminun kaldırılıp indirilmesi gibi makinenin doğrudan fonksiyonları, özel tasarlanan tuşlarla gerçekleştirilir.

LBS İçinde Veri Alışverişi

LBS ağlarında servis görev denetleyicisi, sabit çiftlik yönetimi bilgisayarı ile taşınır ekipman arasında veri alışverişi için tasarlanmıştır (Şekil 6). Bu servis taşınır ekipmanın yanında, sabit ekipman için de özel arayüzler sunmaktadır. Dört farklı ASCII kayıt türündeki dosya, çiftlik yönetim bilgisayarı ile veri alışverişine uygundur. Söz dizimi, ISO 11787 [13]'deki Tarımsal Veri Alışverişi Sözdizimi (ADIS, Agricultural Data Interchange Syntax)'ne uygundur.



Şekil 6. LBS ağında görev kontrol ve veri değişimi.

Her bir görev tayininde iş dosyası ile geribildirim dosyası tekrar tanımlanmalı ve taşınır ekipmana gönderilmelidir. Makine verisi, teçhizat veya tarla verisi değişmedikçe bu her iki dosyanın içeriği bir sonraki adımda aynı kalacaktır. Taşınır makinelerde görev denetleyicisi, LBS süreç verisi vasıtası ile tarım makinelerini kontrol etmek için veri dosyalarındaki bilgileri kullanır.

Kesin bir transfer ortamı tanımından bilerek vazgeçilmiştir. Bu gelecekte teknolojiye en uygun adaptasyonu sağlayacaktır.

Uygulamada LBS

1993'teki test amaçlı sistemlerin ilk başlangıcından ve 1997'deki standardın ortaya çıkmasından sonra, standardın pratikte uygulanması çok kısıtlı idi. Başlıca nedenleri,

- LBS ekipmanın seri üretimini yapmak için traktör üreticilerinin sınırlı isteği,
- LBS uyumlu iş denetleyicisine sahip az sayıda makine,
- Uyuşmazlıklar,
- Standarttaki yetersiz tanımlamalar,
- GPS bilgisinin doğrudan entegre edilememesi,
- Sabit ve taşınır ekipman arasında veri aktarımı kodlama sorunları,
- Yetersiz iş denetleyicisi tanımı,
- Faydalı kullanım için gerekli ekonomik ve ekolojik baskının yetersizliği ve
- Eksik test imkanları ve belgelendirme prosedürleridir.

Ağustos 2004 itibari ile pazardaki yaklaşık 20.000 traktör LBS ile donatılmıştı. Muhtemelen bunların küçük bir yüzdesi (yaklaşık 6.000 LBS terminali) aktif olarak kullanılmaktadır.

Bununla birlikte LBS makine kontrol düzeninde yeni bir gelişme yaşanmıştır. Bu amaçla makine üreticileri traktörlerde LBS iletişimi ve elde taşınır LBS terminalini kullanmaktadır. Silaj makineleri, gübreleme makineleri, ekim makineleri ve pulluklar için geliştirilen çözümler uygulamada kullanılmaktadır.

7.1.4 ISOBUS

Geç kalınsa da tarımda elektronik ve bilgi teknolojisinin önemi, uluslararası alanda onaylanmıştır. 1988'deki ilk görüşmelerin sonrasında tamamıyla tarım ve ormancılıktan sorumlu 23. teknik komitenin (ISO TC 23/SC 19) liderliği altında 1991 yılında uygun bir alt komite (SC 19) oluşturulmuştur. 19. alt komite içerisinde taşınır tarım makinelerinde elektronik uygulamalarla ilgilenecek ayrı bir çalışma grubu (WG1) bulunmaktadır. Katılımcı ülkelere (Danimarka, Almanya, Fransa, İngiltere, Hollanda, Kanada ve ABD) uygun olarak aşağıdaki tanımlamalar LBS DIN 9684'ten farklıdır:

- Genişletilmiş 29 bit tanımlayıcı kullanan CAN2.0B [14] protokolünün kullanılması,

- BUS hızının 250 kbit/s değerine çıkarılması,
- Standardın çok parçalı olarak yapılandırılması,
- Mümkün olduğu her yerde ISO OSI [15] temel referans modelini benimsemek,
- İlgili standardı, SAE J1939 [16] ile birlikte çalışabilecek şekilde tanımlamak,
- Farklı sınıflar için traktör ECU görevlerinin tanımlanması ve
- Özel mesaj tiplerine izin verilmesi.

Bilgi sisteminin tarıma adaptasyonu açısından, DIN 9684'ün fonksiyonelliği, ISO11783 tarafından değiştirilmeden kabul edilmiştir. Yeni, daha karmaşık ISO11783 standardı [17], kısa ismi ISOBUS olarak kabul edilmiştir.

ISO 11783'teki Tanımlamalar

Standadın temel yaklaşımı OSI referans modelini takip etmektedir. Ancak farklı fonksiyonellikler standardın farklı bölümlerinde bulunmaktadır.

Bölüm 1: Genel Standart

Bu bölüm standardın temel tanımlamalarını içerir, aynı zamanda ana işlevleri ve teşkilat yapısını karakterize etmektedir. Standartlaşmanın sonunda bu bölüm tamamlanarak yayınlanacaktır.

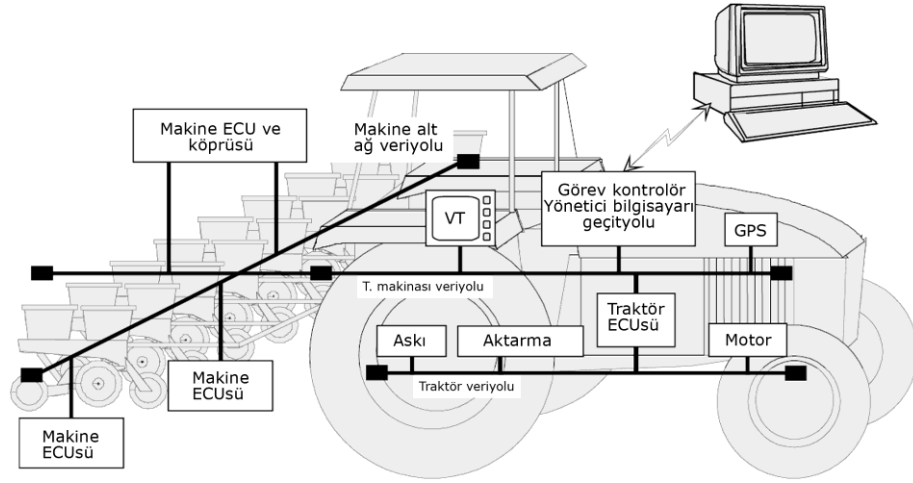
Bölüm 2: Fiziksel Katman

Bu bölüm donanım (Şekil 7) tanımlamalarını açıklar. Veriyolu yapısının ana karakteristiği şunlardır:

- Bölüm başına BUS uzunluğu en fazla 40m,
- BUS'ın genişletilmesi bölümden bölüme köprüler üzerindedir,
- Saplama uzunluğu en fazla 1 m,
- ECU uzaklığı en az 0.1m,
- Bölüm başına en fazla 30 ECU,
- Toplamda en fazla 254 ECU ve
- Kablo (ortam) dörtlü bükümlü, korumasız, 75 ohm empedans, 2 sinyal kablosu, 2 BUS sonlandırıcı kaynak kablosu.

Konnektörlerin ana karakteristikleri şunlardır:

- Tarım makinesi BUS'ı: çıkış konektörü 9 kutuplu ve besleyici hatlı,
- BUS uzantısı: veri beslemesine sahip 9 kutuplu,
- Kabin fişi: terminal bağlantısı için 10 kutuplu,



Şekil 7. Bir traktörün ISOBUS yapısı ve çekilen tarım makinesi [18].

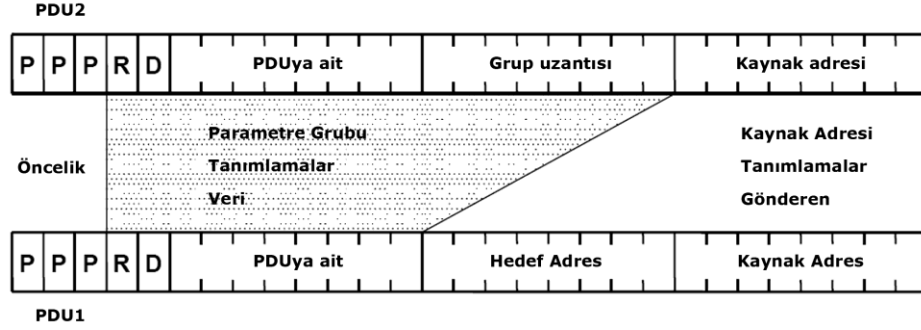
- ECU fişi: ECUDan BUS yapıya kadar özel yapım,
 - Teşhis: 9 kutuplu (not: fiş bağlantısı ISO 11783-2'ye göredir).
- Ayrıca standardın bu bölümü veriyolu arızası ve arıza gidermeyi de düzenler

Bölüm 3: Veri Bağı Katmanı

Temel protokol, CAN 2.0b olarak belirlenmektedir. Kamyon ve otobüs uygulamaları ve arazi taşıt (tarımsal) uygulamaları arasında uyumluluğu garanti etmek için mesaj çerçeve biçimi SAE J1939 ile uyumlu hale getirilmiştir. Tüm bilgiler *protokol veri birimine* (PDU, Protocol Data Units) entegre edilmiştir. Tek bir PDU, kendisinin yorumlanması için anahtar rol oynayan 7 alandan oluşmaktadır. Tanımlayıcıya ait altı alan; öncelik, rezerve edilmiş, veri sayfası, PDU formatı, PDU özelliği ve kaynak adresleridir. Veri alanı olarak isimlendirilen yedinci alan, tek bir CAN mesajının 64 bit veri alanı içerisinde kalmaktadır. PDU'lar için 8672 farklı olasılık, PDU1 ve PDU2 olarak iki gruba ayrılmıştır (Şekil 8).

480 farklı PDU1 kullanıldığında hedefe özel ve global adreslemeye izin verilir. PDU2 kapsamındaki 8192 olasılık, global mesajlar olarak sadece parametre gruplarıyla iletişim için kullanılabilir. PDU'ların işlenmesi için prosedürler, yanıtlama yönetimi, cevap zamanları (<200ms) veya bekleme periyodları (1250ms) belirlenmiştir. Şimdilik beş mesaj tipi desteklenmektedir.

- *Komut*: Kaynaktan belirli ya da global bir hedefe (örneğin, iletim kontrolü) olabilir;
- *İstek*: Global veya belirli bir hedeften bilgi isteme yeteneği sağlar;
- *Yayın/Cevap*: Bilgi yayımı veya bir komuta veya isteğe cevap olabilir;
- *Onay*: Mekanizma ile el sıkışmayı sağlar;
- *Grup Fonksiyonu*: Özel fonksiyon grupları için kullanılabilir (örneğin; özel fonksiyonlar, çoklu paket iletişim fonksiyonları vb.)



Şekil 8. ISOBUS tanımlayıcı yapısı [18].

Bölüm 4: Ağ Katmanı

Standardın bu bölümü, iletişim ağındaki farklı bölümler arasındaki veri alışverişi için gerekli kuralları, gereksinimleri ve özellikleri belirler. Ana odak noktası, ağ ara bağlantı birimlerinin belirlenmesi ve onların görevleri üzerinedir. Bu görevler arasında; mesaj yönlendirme, filtreleme, adres çevirme, yeniden mesaj oluşturma veya veritabanı sayılabilir. Dahası tekrarlayıcı, köprü, yönlendirici veya geçityolu gibi farklı ara bağlantı birim tipleri ve sorumlulukları netleştirilmiştir. Tipik bir örneği traktör ECU'sunun kapsamıdır (Bölüm 9 Traktör ECU'ya bakılabilir).

Bölüm 5: Ağ Yönetimi

Ağ yönetimi; ağ içerisinde her bir ECU'yu özgün tanımlanabilir üye olarak kurmak için adres, tip ve isim idaresi alanlarının tümünü kapsamaktadır. Bütün önemli prosedürler, anlaşmalar ve kuyruklar burada tanımlanır. Bu uygulamalara örnek olarak; isim özelleştirmeler, isim alanları, adres yönetim mesajları ve prosedürleri, ECU tipi (standart, teşhis/geliştirme aracı, ağ ara bağlantı birimi), ECU adres tipleri (ayarsız, yardımla, komutla veya kendi ayarlanabilen adres), ağ iletişim başlangıç hizmetleri ve ağ fonksiyonelliği sayılabilir.

Bölüm 6: Sanal Terminal

Bir *sanal terminal* (VT, Virtual Terminal), diğer ECU'ların operatör ile etkileşimini sağlayan grafik ekran ve giriş fonksiyonlarına sahip bir ECU'dur. Sanal terminal, bilgi gösterme ve kullanıcıdan veri almak amaçlı tasarlanmıştır. Veriyolu trafiğini mümkün olduğunca azaltmak için nesne tabanlı bir arayüz protokolü tasarlanmıştır. Gerekli bazı istisnalar dışında VT'nin kullanıcı arayüzünün tasarımı değil sadece fonksiyonları tanımlanmıştır. Fiziksel boyutları, çözünürlük, yerleşim, grafik ekranda gösterim biçimleri, tasarımcının özgür kararına bırakılmıştır.

Bağlı ECU'lardan gelen bilgiler, veri maskeleri, alarm maskeleri ve tuş maskeleri ile tanımlanan ekran alanında gösterilir. Bu maske verileri, beraberce nesne havuzunu oluşturan nesne tanımlamaları içerisinde barındırılır. İlk etkileşimden önce nesne havuzu, ya CAN veriyolu üzerinden ya da bazı diğer araçlar

üzerinden VT'ye yüklenmelidir. Farklı maskeler arasındaki bir değişim tek bir mesaj ile başlatılabilir.

Standardın bu bölümü; ekran tasarımı, tuşlar, gezinti metotları, yazım metotları, kontrol metotları ve ek kullanım metodu gibi konuları içeren uzantılarla birlikte LBS DIN 9684 içerisindeki tanımlamalara karşılık gelmektedir.

Bölüm 7: Tarım Makinesi Mesaj Uygulama Katmanı

Standardın bu bölümü, tarım uygulamalarına özgü belirli bir uyarılma ve uzantıya sahip SAE J1939/71 ile yakından ilişkilidir. Ayrıca sinyal konnektörünün (ISO 11786) tüm özelliklerini kapsamaktadır. Geniş bir veri tipi aralığı ve uygun CAN mesaj formatları burada tanımlanmıştır. Bunlar zaman ve tarih, hız, mesafe ve yön, kontak anahtarının durumu, güç bakımı, makine durumu (park hali, ulaşım, iş), NMEA 2000 [19]'a göre navigasyon parametreleri, askı ve kuyruk mili parametreleri, valf kontrol verisi, dil ve birimler, aydınlatma verisi, süreç verisi ve uzaktan traktör kontrol mesajlarıdır.

Bölüm 8: Güç Aktarım Mesajları

Güç aktarım mesajları, SAE J1939 standardındaki tanımlamalara denktir. Bu yüzden bu bölüm sadece SAE J1939 standart belgesine karşılık gelen çapraz referansa sahiptir. Araçlara özgü tüm veri mesajları, ayarlamalar ve fren ayarları ve çalıştırılması, boyutlar, yakıt, taşıt elektriği, yükleme, motor gücü, motor hızı, tork ve diğer parametreler burada belirlenmiştir.

Bölüm 9: Traktör ECU'su

ISOBUS ağına sahip bir sistem üzerinde traktör ECU'su, traktör veriyolu ile makine veriyolu arasında geçityolu görevini yürütür. Traktör ECU'su, makine veriyolu üzerinde ağdaki diğer tüm ECU'larla aynı olmalı ve VT'yi girişi diğer makinelerle aynı olmalıdır. Aę ara bağlantı birimi olarak traktör ECU'su, ayrıca süreç verisini ve traktör veriyolu mesajlarını da uygun parametrelerle çevirmekten sorumludur.

Traktör ECU'su sınıflara ayrılmıştır. Bir traktör sınıfı, ağdaki diğer üyelere sağlanabilen desteklenen en az bir mesaj kümesini tanımlar. Üç ana traktör makine arayüzü sınıfı vardır:

- *Sınıf 1:* Bu özellikteki bir traktör ECU'su, temel aę destek arayüzüne ve sinyal konnektörü (ISO 11786) ile benzer başka dahili temel traktör ölçümlerini sağlar. Güç yönetimini destekler, dile ait parametreleri saklar ve traktör aydınlatma kontrolüne imkan verir.
- *Sınıf 2:* Sınıf 1 mesajlarına ek olarak, sınıf 2'nin öne çıkan başlıca özellikleri şunlardır: zaman ve tarih, toprak ve tekerlek mesafesi uzaklığı ve yönü, arka çeki bilgisi, tüm makine aydınlatma mesaj seti ve yardımcı valf durumudur. Bu çok yönlü makine kontrolüne ve güvenlik stratejisine imkan vermektedir.

- *Sınıf 3*: Bu sınıfa ait traktör ECU'ları, tarım makineleri veri yolundan komutları kabul etmektedir. Özellikle arka askı, kuyruk mili ve yardımcı valf kontrolüne ait temel komutlar işlenmelidir. Böylece makine, istenen güç kaynağı ve askı pozisyonu kontrolünü yapabilir.

Traktör, tarım makinesi veriyoluna navigasyon bilgisi sağlıyorsa (N) veya öne takılan tarım makinesine bilgi veriyorsa (F), özel harfler sınıf numarasına eklenmelidir.

Bölüm 10: Görev Denetleyicisi ve ÇYBS Veri Değişimi

Bu özel standart ISOBUS içerisinde görev yönetimini tanımlamaktadır. Bu şekilde görev terimi bir alanda veya bir müşteri üzerinde işin icra edilmesi olarak tanımlanır. *Mobil makine kontrol sistemi* (MICS, Mobile Implement Control System)'ndeki görev denetleyicisi, süreç verinin gönderilmesi, alınması ve girilmesinden sorumlu bir ECU'dur. Diğer bileşen, görevlerin oluşturulması için gerekli olan ve uygun bir yazılımla sabit bir çiftlik bilgisayarından oluşan *Çiftlik Yönetim Bilgi Sistemi* (ÇYBS)'dir.

Bu standart, görev denetleyicisi ile ECU'lar arasındaki iletişim için gerekli istekleri ve servisleri tanımlamaktadır. Ayrıca, çiftlik yönetim bilgisayarı ile haberleşecek veri biçimi (ISO 11787'ye göre ADIS sözdizimi), kontrol için gerekli hesaplamalar ve ECUYa gönderilecek mesaj formatı belirlenmiştir.

Görev yönetimi aşağıdaki iş akışına sahiptir:

1. ÇYBS kullanarak tarla görev ve/veya operasyonlarını planlamak;
2. Görev verisini MICS için gerekli veri biçimine dönüştürmek;
3. MICS üzerinde görev verisini, görev denetleyicisine iletmek;
4. Görev denetleyicisi süreç veri mesajları yardımıyla tarım makine kontrolü için görev verisini kullanır;
5. Görev denetleyicisi eşzamanlı olarak görev icra verisini toplar;
6. Toplanan verinin ÇYBS bilgisayarına transfer edilmesi ve
7. Ortaya çıkan görev verisinin çevrimi ve değerlendirilmesidir.

Yakın gelecekte veri transferi sözdiziminin ADIS'ten daha geniş tabanlı Genişletilebilir İşaretleme Dili (XML, Extensible Markup Language) olarak değiştirilmesi planlanmaktadır (Bölüm 7.1.5'e bakılabilir).

Bölüm 11: Veri Sözlüğü

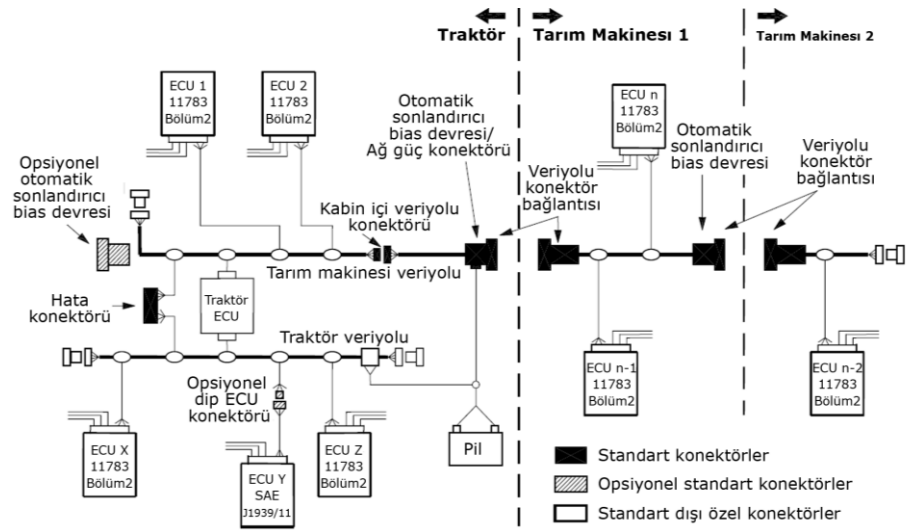
Taşınır tarımsal veri sözlüğü; tüm veri nesnelere ve onların veri elemanlarının bir listesidir. Bir veri elemanı; öznitelik veri formatı, uzunluk, ondalık basamak sayısı, birim ve iletişim yönünü içine alan bir bilgi birimidir. Tarımda ve ormancılıkta kullanılan 16 çeşit tarım makinesinin her biri için, bir tablo üzerinde veri elemanları tanımlanmış ve oluşturulmuştur. Bu 16 çeşit makine; traktör, toprak işleme makineleri, ikincil toprak işleme makineleri, dikim/ekim makineleri, gübre makineleri, ilaçlama makineleri, hasat makineleri gibi farklı cihaz sınıflarına (ISO

11783-1, Ek B, Tablo B4) karşılık gelmektedir. Herhangi bir tablo, 16 satır ve sütuna sahip olduğundan, her bir cihaz sınıfı için 256 olası veri elemanı vardır. Tek bir veri elemanı, karşılık tablosundaki satır ve sütun numaralarından elde edilen bir numara ile tanımlanır. Bu mantıksal yapıdaki tablolar, ağ içerisinde süreç veri iletişimi için bir anahtar elemandır.

Veri sözlüğü, orijinalinde DIN 9684 için geliştirilmiş ve belirlenmiş fakat ayrıca ISO 11783 içinde benimsenmiştir.

Bölüm 12: Teşhisler

ISO 11783'ün teşhis bölümü gelişme aşamasındadır. Yeni oluşturulmuş bir görev birimi, bu alan için tüm ihtiyaç ve gereksinimleri saptamaktadır. Önemli bir konu, ISO 11783 Bölüm 2'deki tanımlamayla yapılan karşılaştırmada, genişletilmiş pin yerleşimine sahip bir teşhis konnektörünün tanımlanmasıdır.



Şekil 9: Bağlı ağlarda hata teşhis sistemi.

Tanı sistemi, ISO 11783'ü ve tarım ve ormancılıkta kullanılan diğer standart ağları desteklemelidir (Şekil 9).

Ağ üzerinde kullanılabilen teşhis protokolleri, KWP 2000 (Keyword Protocol 2000 ve ISO 14230 [20]'e bakılabilir), ISO 157658 [21] ve J1939-73 (Uygulama katmanı teşhisleri)'dir.

Bölüm 13: Dosya Sunucusu

Bir dosya sunucusu, ağ üzerindeki tüm denetleyicilere depolama imkanı sağlayan taşınır tarım makinesi veriyoluna bağlı, bağımsız bir ECU'dur. Bu dosya sunucusu, yönetim bilgi sistemine tek bir geçiyoluna sahipken, genişletilmiş görev kontrolünü yapabilir. Standardın bu bölümü; genel mesaj formatını, dosya veri formatını ve veri iletim kontrolünü belirlemektedir. Ek olarak komut grupları, komut fonksiyonları, bayraklar, tutucular gibi özel parametreler veya dosya ve dizin

öznitelikleri burada tanımlanmıştır. Kapsamlı bir mesaj havuzu, diğer ağ düğümlerinin dosya sunucusuyla iletişimine ve dosyaların ve içeriklerinin ele alınmasına imkan tanır.

Dosya sunucu özellikleri gözden geçirilmekte olup henüz resmen yayınlanmamıştır.

Uygulamada ISOBUS

Tüm ISO 11783 standardı oldukça geniş ve karmaşıktır. LBS (DIN 9684) ile karşılaştırıldığında başlangıç ve gerçekleştirmenin bir hayli zaman alacağı söylenebilir. Standart çalışmalarından 12 yıl sonra 3 aşamalı bir gelişme öngörülebilir.

1. Minimum Standart: Alman standardı LBS (DIN 9684)'nin aksine, ISOBUS tüm dünyanın kabul ettiği bir standart olacaktır. Muhtemelen uygulamalar, kendi iletişim kabiliyetleri konusunda minimum uyumluluk seviyesine sahip olacaktır.

Böylece ISOBUS uyumlu ECU'lar:

- Başlangıç ve ağ giriş işlemlerini garantiye alacaktır;
- Temel mesajları ele alabilecektir;
- Süreç verisinin sınırlı bir kümesini ele alabilecektir ve
- VT üzerinde arayüzsüz veya basit bir arayüze sahip olacaktır.

2. Traktör ECU'su: Pazarlama felsefesine dayanarak traktör üreticileri, farklı ekipman sürümlerini tesis edeceklerdir;

- Standart traktörler için uygulama seviyesi 1;
- Komple ürün aralığını üreten bir çok üretici tarafından seçilecek olan uygulama seviyesi 2 ve
- Tarım makinesi kontrolü için genel özelliklere sahip, yüksek teknolojlili traktörler için uygulama seviyesi 3.

3. Özel Sistemler: ISOBUS'ta özel mesajların birleştirilmesiyle, komple sistemleri üreten imalatçılar, diğer imalatçıların yaptığı ekipman kombinasyonlarından daha akıllı makine ve ekipman kombinasyonlarına ait tasarım fikrini gerçekleştirebilir. Özellikle birkaç küresel oyuncuya karşı, üreticilerin konsantrasyonundan dolayı bu tür çözümlerin baskın olması beklenmektedir.

7.1.5 Standart Veri Transferi

Elektronik süreç izleme ve kontrol sistemleri; süreç durumu izlemede, süreç verilerinin toplanmasında, kontrol değişkenlerinin sürece servis edilmesinde, global görevlerin komuta edilmesinde ve tanı işlemlerinin icrasında, yönetim sistemleri için bir bilgi kanalına sahip olmalıdır. Gerekli bağlantılar çevrimiçi ya da çevrimdışı biçiminde, geniş aralığa sahip bir standart arayüz üzerinden gerçekleştirilebilir. Aslında üreticiden bağımsız bilgi değişimi için bu arayüzler, iletilecek verinin açık tanımlanmasını ve uygun sözdizimini gerektirir.

Özel Protokoller

Kapalı çevrim kontrol sistemleri, hemen hemen yalnızca özel protokole sahip standart arayüzleri kullanmaktadır. Noktadan noktaya bağlantılar, genelde RS232 [22] veya RS485 [23] tabanlı yıldız topolojisine sahiptir. Daha karmaşık sistemler, endüstriyel haberleşme sistemlerinden faydalanır.

Standart Protokoller

1980'lerde Hollanda, çiftlikte veri transferi için ilk tarımsal standardı geliştirdi. Uluslararası ISO 11787 standardı; "yönetici bilgisayarı ile süreç bilgisayarları arasındaki veri değişimi-Veri Değişim Sözdizimi" noktadan noktaya bağlantı için tarımsal veri değişim sözdizimi ADIS [24]'i tanımlar. Burada veri transferinde alfanümerik veriler için ASCII dosya formatı kullanılır. Taşınan verinin karakteristiği veri sözlüğünde (DD, Data Dictionary) belirlenmek zorundadır [25]:

- 8 bit ASCII kodu;
- Satır formatı;
- Ayrılmış özel karakterler ve
- İlk satırda belirli tanımlamaya sahip sıra tipleri.

Her bir sıra tipinde ikinci satır durum karakterini belirler. Sonraki karakter satır tipinde tanımlandığı üzere içeriği gösterir. Her bir satırın ASCII karakterlerinden Satır başı <CR> ve Satır Beslemesi <LF> karakterleri ile kapatılması genelde gereklidir. Uygulamada ADIS dosya formatı, iyi tanımlanmış sözlükleri ile hayvancılık alanında kullanılır.

XML

Genişletilebilir İşaretleme Dili (XML), 1986'dan beri ISO8879'un devamıdır ve veri sunumu için evrensel bir kavramı temsil eder. XML, ilk versiyonlarından farklı olup daha çok pratik kullanıma yöneliktir. Belgeleri, mantık yapılarını, fiziksel yapıları, uygunluk kontrolünü ve gösterimi tanımlar.

XML belgelerini okumak ve yazmak için XML processor denilen yazılım modülü gereklidir. Uygulamanın bir parçası olarak bu modül, taşınan veri için gerekli arayüzü şekillendirir.

XML; Microsoft ve UNIX tarafından desteklenir. HTML dili, WWW kapsamında büyük bir uygulama alanı bulmuş ve bu sebeple tarımsal uygulamalar için büyük bir önem arz etmektedir.

7.1.6 Çiftlik Veriyolu

Çiftliklerde elektroniğin kullanımı, 1970'lerde süt ineği yemlemesi ve domuz ve kümes hayvanları yetiştiriciliğindeki iklimlendirme kontrolü alanlarında başlamıştır. Çeşitli küçük üreticiler tarafından yapılan bağımsız gelişmeler, özel çözümlere yol açtı. Buna paralel olarak kişisel bilgisayar (PC) çiftlik yönetim görevlerinde kullanılmıştır. Proses denetleyiciler ve yönetim bilgisayarları arasındaki

veri aktarımının standartlaştırılması için Almanya’da yapılan dünya çapındaki ilk yaklaşım, bilginin eksik değerlendirilmesi ve sistem satıcıları arasındaki rekabet yüzünden başarısız oldu [3]. Buna karşılık Hollanda’da, ADIS ile çiftçi ve hayvancılık organizasyonları arasında yapılan veri transferi çalışmalarında başarı sağlanmıştır.

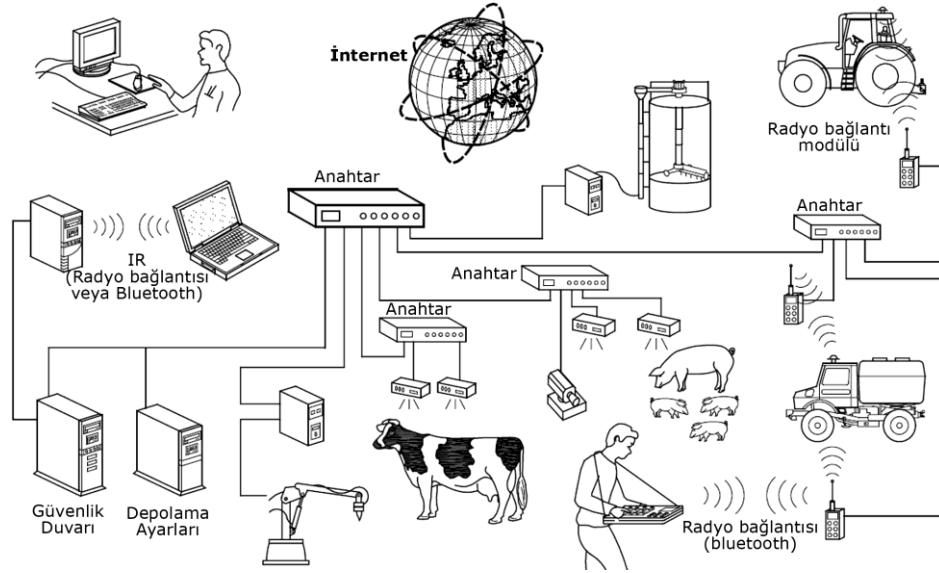
Ayrıca hayvan kimliklendirmesinin standartlaştırılması amacıyla yapılan birleşik Avrupa girişimi başarılı olmuştur. Birçok sebepten dolayı standartlaştırma için acil bir ihtiyaç ortaya çıkmıştır. Bu sebepler arasında; birim sayılarının çok olması, dünya çapında pazarlama stratejileri, süreç kontrol, hayvan izleme ve veteriner bakımıyla ilgili kullanımlar ve mevcut damızlık organizasyonlarının büyük ilgisi sayılabilir. Bu 1996’da ISO 11784’de belirtilmiş ve kodlanmıştır [27].

Hassas Hayvancılık

Bugün hayvancılıkta elektronik uygulamaları, çok yüksek bir seviyeye ulaşmıştır. Bunlar tüm hayvan türleri ve tek bir hayvan kimliklendirmeden tüm ticari işlemlere kadarki bir aralığı kapsar. 1. Avrupa Hassas Hayvancılık Konferansı kapsamında ilgili gruplar arasında ortak bir hedef oluşturmak mümkün olabilirdi [28]. Fakat bu konferans kapsamında, kayıp bilgi ara bağlantısı yüzünden meydana gelen eksikliklere dikkat çekilmiştir.

Hayvancılık Ağı

Mart 2003’te ISO’nun TC23/SC19/WG2 nolu onayıyla bir çalışma grubu oluşturulmuştur. Birçok konuda belirli bir anlayış seviyesine ulaşılmıştır (Şekil 10). Bu konular; imalatçıdan bağımsız BUS sistemi yoluyla süreç denetleyicilerinin bağlanması, ağın fiziksel tasarımının tanımlaması, Tarımsal Veri Elemanı Sözcüğü (ADED) [25] iletişim kavramının XML ile transferi ve kapsamlı bir veri sözlüğünün hazırlanması hakkındadır. ISO17532 [29] standardının geliştirilmesiyle kayıp bilgi ara bağlantısı gelecek bir kavrama aktarılmalıdır.



Şekil 10. ISO 17532 hayvancılık (NLF) ağı.

Kaynaklar

1. Artmann, R. 1999. Electronic identification systems: State of the art and their further development. Computers and Electronics in Agriculture 24(1-2): 5-26.
2. Leuschner, P. 1986. Einsatz der Mikroelektronik bei der Stallklimatisierung. Landtechnik 41: 485-488.
3. Auernhammer, H. ed. 1986. Schnittstellen für den landwirtschaftlichen Betrieb. Weihenstephan: Inst. für Landtechnik.
4. Hesse, H. 1982. Signalverarbeitung in Pflugregelsystemen. Grundl. Landtechnik 32: 54-59.
5. Göhlich, H. 1978. Pflanzenschutztechnik 1978. Landtechnik 33: 310-312.
6. Auernhammer, H. 1989. Elektronik in Traktoren und Maschinen. München: BLV-Verlag.
7. Jahns, G., and H. Speckmann. 1984. Agricultural electronics on farm machinery needs standardized data transfer: A concept. ASAE Paper No. 84-1633. St. Joseph, MI: ASAE.
8. Peisl, S., H. Auernhammer, and M. Estler. 1994. FuE-Vorhaben Elektronik in der Außenwirtschaft–Ergebnisse der technischen Prüfungen. Elektronikeinsatz in der Landwirtschaft. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, KTBL Arbeitspapier 175.
9. Bosselmann, G. 1987. Elektronikeinsatz in der Außenwirtschaft. Landtechnik 42: 498-499.
10. DIN 9684. 1997+. Landmaschinen und Traktoren–Schnittstellen zur Signalübertragung. Berlin, Germany: Beuth Verlag (parts 1 to 5, different years).
11. ISO 11786. 1995. Agricultural tractors and machinery–Tractor-mounted sensor interface–Specifications. Geneva, Switzerland.
12. Auernhammer, H., and J. Frisch, eds. 1993. Mobile Agricultural BUS-System– LBS. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, KTBL Arbeitspapier 196.
13. ISO 11519. 1994. Road vehicles–Low-speed serial data communication. Geneva, Switzerland.
14. ISO 11898. 1993. Road vehicles–Interchange of digital information–Controller area network (CAN) for high speed communication. Geneva, Switzerland.

15. SAE J1939. 2003. Recommended practice for a serial control and communications vehicle network. (10 parts, published in different years). Warrendale, PA: SAE.
16. ISO/IEC 7498-1. 1994. Information technology–Open systems interconnection– Basic reference model: The basic model. Geneva, Switzerland.
17. ISO 11783. partly in print. Tractors, machinery for agriculture and forestry–Serial control and communication data network. Geneva, Switzerland.
18. Stone, M. L., D. M. Kee, C. W. Formwalt, and R. K. Benneweis. 1999. ISO 11783: An electronic communications protocol for agricultural equipment. St. Joseph, MI: ASAE.
19. NMEA 2000. 2001. Standard for serial-data networking of marine electronic devices. Severna Park, MD: NMEA.
20. ISO 14230. 1999. Road vehicles–Diagnostic systems–Keyword Protocol 2000. Geneva.
21. ISO 15765. (partly in print). Road vehicles–Diagnostics on controller area networks (CAN). Geneva, Switzerland.
22. EIA/TIA 232-E. 1991. Interface between data terminal equipment and data circuit terminating equipment employing serial binary data interchange. Arlington, VA: EIA/TIA.
23. EIA/TIA 485. 1983. Standard for electrical characteristics of generators and receivers for use in balanced digital multipoint systems. Arlington, VA: EIA/TIA.
24. ISO 11787. 1995. Machinery for agriculture and forestry–Data interchange between management computer and process computers–Data interchange syntax. Geneva, Switzerland.
25. ISO 11788. 1997. Electronic data interchange between information systems in agriculture–Agricultural data element dictionary. Geneva, Switzerland.
26. ISO 8879. 1986. Information processing–Text and office systems–Standardized Generalized Markup Language (SGML). Geneva, Switzerland.
27. ISO 11784. 1996. Radio frequency identification of animals–Code structure. Geneva, Switzerland.
28. Cox, S., ed. 2003. Precision Livestock Farming. Wageningen, The Netherlands: Academic Publishers.
29. ISO/CD 17532. 2004. Stationary equipment for agricultural and forestry– Communications data network for livestock farming. Geneva, Switzerland