

Data communications

Lecture 3

**Transmission techniques,
Asynchronous and synchronous transmission techniques**

Prof. Tuyatsetseg Badarch, PhD, MBA.

2022

Өгөгдөл дамжуулах аргын үндэс

Өгөгдлийг сүлжээний нэг төхөөрөмжөөс нөгөө төхөөрөмж рүү дамжуулах үед тухайн хугацааны агшинд нэг бит дамжуулах уу, эсвэл олон бит дамжуулах уу гэдэг асуудал гарна. Энэ асуудлаас шалтгаалж, өгөгдлийн зэрэгцээ ба цуваа дамжууллын арга үүссэн.

Өгөгдлийн зэрэгцээ дамжууллын үед хоёртын тоон цувааг N битээр нэг бүлэг үүсгэн, хугацааны нэг агшинд нэг бүлгийн N битийг N тооны дамжууллын утас ашиглан дамжуулна. Зэрэгцээ дамжууллын үед нэг агшинд олон битүүдийг зэрэг дамжуулах учраас дамжууллын хурд өндөр ашигтай ч, техник хангамжийг хийхэд үнэ өртөг өндөр байна. Өөрөөр хэлбэл нэг бүлгийн доторх битийн тоотой тэнцүү дамжуулах шугам хэрэгтэй болно. Ийм учир маш ойр зайд өгөгдөл дамжуулахад ашигладаг. Тоног төхөөрөмжийн дотоод өгөгдөл дамжуулах хэлхээг зэрэгцээ хэлхээгээр гүйцэтгэх боломжтой.

Харин хоёр төхөөрөмжийн хооронд нэг дамжуулах хэлхээгээр хоёртын тоон цувааг дараалуулан дамжуулах аргыг цуваа дамжуулал гэнэ. Цуваа дамжууллын системд нэг агшинд олон битүүдийг зэрэг дамжуулах боломжгүй учир дамжууллын хурд зэрэгцээ дамжууллын аргаас бага байна. Ихэвчлэн нэг л дамжуулах шугам хэрэглэх учир эдийн засгийн хувьд ашигтай, ихэвчлэн алсын холбооны системийг зохион байгуулна. Алсын холбоог магистраль хэлхээгээр үүсгэх учир өгөгдлийг цуваа дамжууллын аргаар дамжуулна. Магистраль хэлхээ нь нэг дамжуулах шугам буюу холбох сувгаар тодорхойлогддог.

Тоног төхөөрөмжүүд доторхи өгөгдлийн дамжуулал зэрэгцээ байдгаас зэрэгцээ өгөгдлийг үүсгүүр ба дамжуулах шугам хоорондын интерфейсээр мөн шугам ба нөгөө төгсгөлийн хүлээн авуурын хоорондын хэлхээгээр дамжуулахад цуваа хэлбэрт хувиргах шаардлагатай. Өгөгдлийн зэрэгцээ дамжууллаас цуваа дамжууллыг үүсгэх төхөөрөмж, техник хангамж хэрэгтэй. Дээрх хоёр аргын цуваа дамжууллын аргыг асинхрон - asynchronous ба синхрон synchronous арга гэж 2 ангилна. Зураг 2.1-д дамжууллын дээрх ангилалыг дүрсэлсэн.

Тоон мэдээллийг дамжуулах системд нэвтрүүлэх ба хүлээн авах аппарат хооронд асинхрон, синхрон, стартстоп гэсэн 3 үндсэн дамжууллын горимыг үүсгэдэг.

- Асинхрон систем нь хүлээн авуурт мэдээллийн элемент ирэх хугацааг илэрхийлэх дохиог дамжуулна. Ихэвчлэн эхний элементийг ашиглаж, тогтмол

хурдтай ажиллах системийг үүсгэнэ.Тусгай дохиог хэрэглэдэггүй. Шуугиан даацгүй системд хамаарагдана.

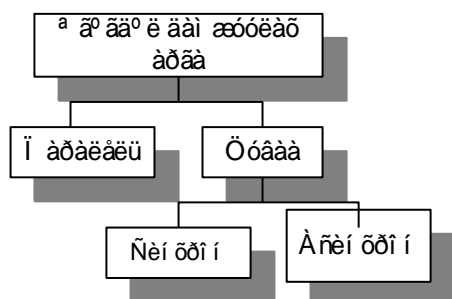
- Синхрон системээр тусгай сувгаар тоо, мэдээллийн дамжих хугацааны агшныг тодорхойлох үүрэгтэй тодорхой бүтэцтэй синхрончлолын дохиог дамжуулна. Үүсгүүр ба хүлээн авах хэсэгт синхрончлолын байгууламжаар удирдах импульсийг үүсгэдэг. Синхрончлолын дохиогоор дохионы хурдны тухай бүх мэдээ дамжина. Энэ нь системийн алдаагүй ажиллах гол нөхцөлийг бүрдүүлнэ. Синхрончлол хангагдсан учраас синхрон систем гэж нэрлэдэг.
- Стартстоп зарчим нь асинхрон ба синхрон зарчмын дундаж шинж чанартай. Мэдээний эхэнд старт буюу эхлэлийн дохио, төгсгөлд стоп буюу төгсгөл гэсэн богино мэдээ дамжигдана. Хоорондох хугацаанд нь хоёртын импульсийн цуваа дамжигдана. Старт мэдээгээр дамжуулалт эхэлж, стоп битээр дуусна. Төгсгөлийн импульс ирэхэд дохионы фаз, хурд тэг хэмжээтэй болно.

Анх радио долгионоор Морзе кодын аппаратаар мэдээ дамжуулахад синхрончлол шаарддаггүй, асинхрон зарчмыг ашигладаг байсан.

Аналог цахилгаан холбооны системээр телеграфын дохио дамжуулах үед тональнй телеграфын суваг нь хоёр синхрончлолтой суваг гэж тооцогддог. Тональнй телеграфын сувгийн үүсгүүр ба хүлээн авуур хооронд хугацааны ямар ч холбоо байдаггүй. Суваг үргэлж ажилд бэлэн, хэзээ ч коммутацлагдаж, нэвтрүүлэх чадварын хязгаарт ямар ч үргэлжлэлтэй дохиог илгээж болно. Ийм учир асинхрон ажиллагаатай гэж үзнэ. Мөн тональнй телеграфын суваг бүр хоорондоо хугацааны холбоотой байдаг. Сувгаар мэдээлэл тодорхой хурдтай дамжина. Мэдээллийн элемент бүр тодорхой үргэлжлэлтэй, тодорхой хугацааны завсарт дамжина .Ийм учраас синхрон ажиллагаатай гэж үзнэ.

Орчин үед телеграфын аппаратын оронд компьютерийг ашиглах болсноор синхрончлолыг хангах асуудал хүндрэлтэй болсон. Компьютерийг асаасан үед ажлын горимд орно. Салгаатай үед суваг тасралттай горимтой. Ажлын хурд өндөр, өгөгдлийн их хэмжээтэй багцыг үүсгэдэг онцлогуудтай. Компьютер нь өгөгдөл дамжуулах аппараттай мэдээллийг тасралтгүй, адил хэмжээгээр синхрон ажиллагаатай солилцож чаддаггүй. Энэ тохиолдолд хүлээн авах хэсэгт зохицуулах регенерацын төхөөрөмжийг тавьж өгнө. Регенераторын тусламжтай дохионы анхны хэлбэр, агуурга, үргэлжлэлийг сэргээнэ. Орчин үед компьютер нь төгсгөлийн тоон үүсгүүрээр өргөн хэрэглэгдэх болсноор тональнй телеграфын холбооны ажиллагаа өөрчлөгдсөн.

Өгөгдөл дамжуулах системийн такт, клок гэдэг ойлголтонд дохионы хурд, нэгж битийн үргэлжлэх хугацаа, орон зайн параметрууд багтах ба эдгээр нь нэвтрүүлэх, хүлээн авах төхөөрөмжийн хувьд нэг хугацааны байх ёстой. Энэ шаардлагын үүднээс сүлжээний синхронжуулалтыг хийнэ.



Зураг 2.1 Өгөгдөл дамжуулах аргууд

Ерөнхий тохиолдолд синхрончлолын хугацааны тохиргоог хүлээн авах хэсэгт оролтын тоон битийн цувааны нэгж битийн үргэлжлэх хугацааны яг хагаст тоолуурыг ажиллуулж, дамжигдсан битүүдийг тоолж, регистрт бүртгэх замаар бит бүрийн үргэлжлэх хугацааг тодорхойлдог. Нэгж битийн үргэлжлэл хурдан эсвэл удаан болсон үед тоолуурын төхөөрөмжөөр буруу тоологдоно. Тухайн бит алдаатай хүлээн авагдана. Нэг бит үргэлжлэх хугацааныхаа 40 хувиас илүү хугацаанд хурдан эсвэл удаан дамжигдсан тохиолдолд битийн синхрончлол алдагддаг гэж үздэг. Битийн үргэлжлэх хугацаатай хамааралтай нэг битийн цагийн буюу клокийн алдаа үүснэ. Энэ нь олон дараалсан битүүдийн хувьд тактын синхрончлолын алдааг үүсгэнэ.

Синхрончлолын алдааг жишээгээр тайлбарлъя. Үүсгүүр тоон цувааны хугацааг хангах клоктой. Үүсгүүр тоон өгөгдлийг 1 Мбит/сек хурдаар дамжуулсан бол үүсгүүрийн цагаар нэг бит 0.1 мксекунд үргэлжлэлтэй дамжина. Хүлээн авуурын битийн үргэлжлэх хугацааг нэг бит бүрийн үргэлжлэх хугацааны хагаст тоолуураар тоолж, тооцох зарчимтай клокийн цаг нь үүсгүүрийн нэг битийн үргэлжлэх хугацааны клокийн цагаас 1 хувиар хурдан эсвэл хоцорсон гэж үзье. Энэ нөхцөлд үүсгүүр, хүлээн авуур хоёр хэсгийн хооронд хугацааны тохиргоо алдагдана. Энэ клокийн алдаа нь эхний битийн хугацааны тасалдуулгыг 1 хувиар алдаж, 0.01мбит/с хугацааны зөрөө гаргана Өөрөөр хэлбэл, эхний битийг 0.01 хувиар удаан эсвэл хурдан хүлээж авна. Жишээлбэл 50 бит дамжуулахад хүлээн авуурын цаг 1 хувийн зөрөө гаргасан гэвэл 50 дахь бит дээр 0.5 мксекунд хугацааны зөрөө үүсэж, клокийн алдаа үүснэ. 50 дахь бит дамжигдах ёстой хугацаанаасаа 0.5 мксек-ын зөрөөтэй хүлээн авагдаж алдаа үүслээ гэсэн үг. Энэ тохиолдолд

синхрончлол алдагдсан гэж үзнэ. Асинхрон дамжууллын синхрончлолын алдааг зураг 2.2с-д үзүүллээ.

Тоон битийн цуваануудын тактын синхрончлол алдагдлаа гэдэг нь синхрон системийн нэгж битийн үргэлжлэлд хугацааны зөрөө үүсэх асуудал юм.

2.1.1 Асинхрон дамжуулал

Өгөгдлийн N битийн цувааг 10-11 битээр тасалдуулж, дамжуулах аргыг асинхрон дамжууллын арга гэнэ. Эдгээр битүүдийн хувьд клокийн синхрончлолыг хийх, алдааг илрүүлэх аргатай. Эхлэл төгсгөлийн битүүд, мэдээллийн битүүдээс тогтох асинхрон горимын 10-11 битийг асинхрон горимын нэг тэмдэгт гэж үзнэ. 5-8 бит нийлсэн нэг тэмдэгтэд асинхрон аргаар эхлэл төгсгөлийн битүүд нэмэгддэг.

Асинхрон дамжууллын тэмдэгтийн форматыг зураг 2.2 -д дүрсэлсэн. Нэг байт 8 битээс тогтоно.

Ямарч тэмдэгт дамжигдаагүй үед шугам тайван төлөвт байх ба шугамын тайван төлөвийг хоёртын тооллын 1-ийн цуваагаар тодорхойлно. Асинхрон дамжууллын системд хоёртын бинар цуваануудыг ихэвчлэн NRZ-L кодоор илэрхийлдэг. Тайван төлөв нь 1-ийн төлөвийн түвшингээр илэрхийлэгдэнэ. Тэмдэгт бүрийн эхэнд эхлэлийн бит дамжих ба энэ нь 0 гэсэн төлөвтэй. Мэдээллийн ASCII кодын 8 бит (парити бит оролцоод) тэмдэгтийн төгсгөлийг илэрхийлэх 1 төлөвийн хоёр бит дараалан дамжигдах замаар асинхрон дамжууллын 10-11 битийн блокыг үүсгэнэ.

ASCII код

Хүснэгт 2.А

Битийн байрлалууд	b_7	0	0	0	0	1	1	1	1
	b_6	0	0	1	1	0	0	1	1
	b_5	0	1	0	1	0	1	0	1

b_4	b_3	b_2	b_1								
0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0	0	0	1	SON	DC1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	STX	DC2	“	2	B	R	b	r
0	0	1	1	ETX	DC3	#	3	C	S	C	s
0	1	0	0	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0	1	0	1	ENQ	NACK	%	5	E	U	E	u
0	1	1	0	ACK	SYN	&	6	F	V	F	v
0	1	1	1	BEL	ETB	‘	7	G	W	g	w
1	0	0	0	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	HT	EM	)	9	I	Y	I	y
1	0	1	0	LF	SUB	*	:	J	Z	J	z
1	0	1	1	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1	1	0	0	FF	FS	,	<	L	\	L	|
1	1	0	1	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1	1	1	0	SO	RS	.	>	N	^	n	-
1	1	1	1	SI	US	/	?	O	_	o	DE
											L

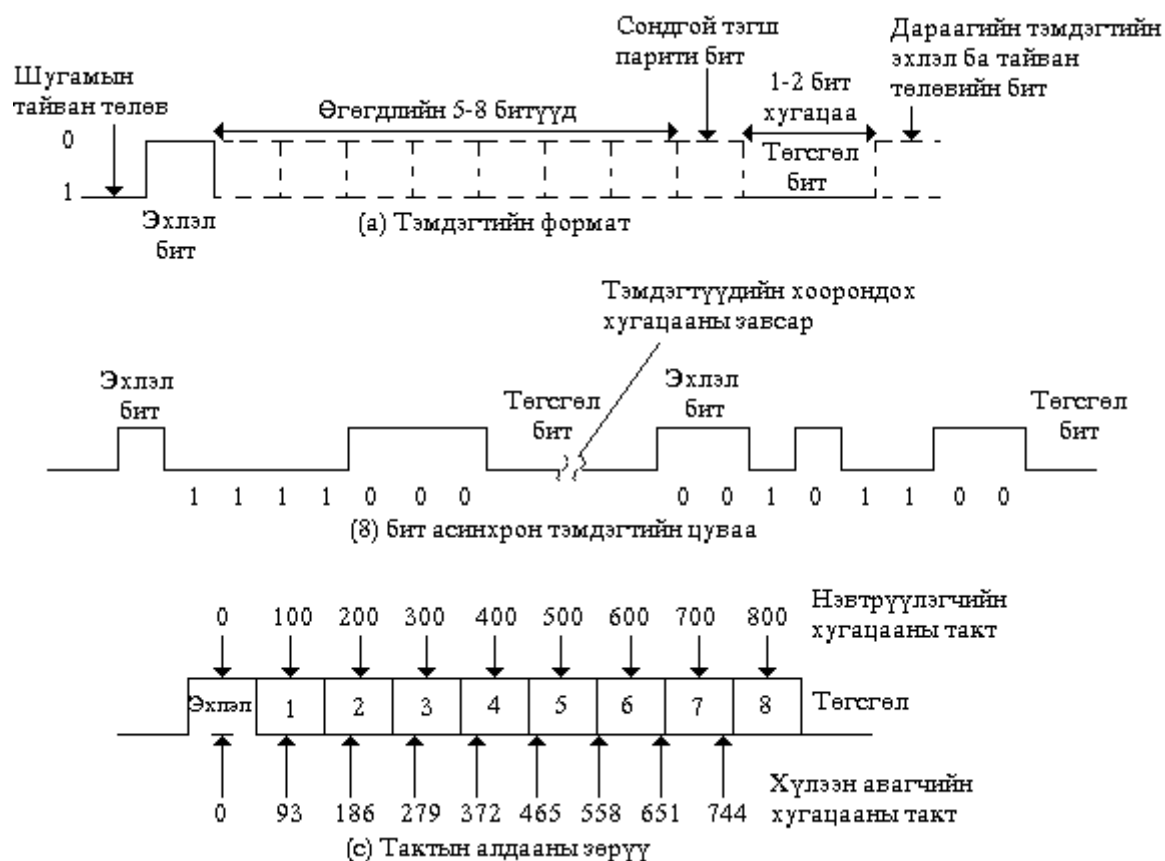
Компьютерийн оролтод өгөх текстэн мэдээлэл нь асинхрон горимд ASCII кодоод хувиргагдана. Тэмдэгт бүрийн эхний битүүд нь тогтмол ASCII кодоор илэрхийлэгддэг. Америкийн Үндэсний Мэдээлэл Солилцооны Стандарт Код болох ASCII кодыг хүснэгт 2.А-д үзүүлсэн. Компьютерийн оролтод өгөх нэг тэмдэгтийг ASCII кодын $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7$ битүүдээс гадна төгсгөлийн парити бит бүхий наймэн тэмдэгтийн ASCII кодоор илэрхийлнэ. Төгсгөлийн парити бит нь тухайн тэмдэгтийн доторх нэг төлөвийн битүүдийн нийлбэр тэгш эсвэл сондгой тоогоор тоологдохоос хамаарч тэгш, эсвэл сондгойгийн парити битийн дамжууллыг үүсгэнэ. Парити бит гэдэг нь тэгш ба сондгойг шалгагч тэнцүүлэх бит гэсэн үг.

Өөрөөр хэлбэл, нэг тэмдэгтийн доторх нэг төлөвийн битүүдийн тэгш, эсвэл сондгой тоотой дамжуулахыг тодорхойлох нэмэлт битийг парити бит гэж нэрлэнэ. ASCII-ын 7 бит, парити 1 бит, нийт 8 битүүд буюу нэг тэмдэгтийн доторхи нэг битүүдийг тоолоход тэгшээр тоологдвол тэгшийн парити, сондгойгоор тоологдвол сондгойгийн парити гэж тооцдог. Асинхрон дамжууллын парити битээр алдааг илрүүлнэ. Асинхрон

дамжууллыг хамгийн орчин үеийн өндөр хурдтай системд хэрэглэх болж байна. Асинхрон дамжууллын үед хэд хэдэн төрлийн алдаа үүсдэг. Жишээлбэл:

1. Тэмдэгтүүдийн хамгийн сүүлчийн бит буруу хүлээн авагдана.
2. Битийн тоолуурын төхөөрөмж битүүдийг алдаж, тоолно.
3. Шуугианаас хамаарч тайван төлөвийн битийг асинхрон тэмдэгтийн эхлэлийн битээр солино.
4. Хэрвээ VII бит нь 1, VIII бит нь 0 байвал хүлээн авуур 8 дахь битийг дараагийн тэмдэгтийн эхлэлийн битээр ойлгож алдаа үүснэ.

Асинхрон дамжууллын үед 10 бит тутмын 3 бит нэмэлт битүүд учир мэдээллийн бус удирдлагын битийн эзлэлт маш их, нийт битүүдийн 20% -д хүрнэ. Системийн хурд, сувгийн багтаамж өндөр байхыг шаардана. Системийн алдаа бага, хямд, найдвартай зэрэг сайн талуудтай.



Зураг 2.2 Асинхрон дамжууллын формат

Дасгал I.

Текстэн мэдээлэл болох А,В,С тэмдэгтүүдийг ASCII кодоор хувиргаж, асинхрон дамжууллын хэлбэрээр эхлэл бит нь 0 төлөвийн нэг бит, төгсгөл бит нь хоёр 1 төлөвийн бит, тэгшийн парити биттэйгээр дамжуулбал битийн цувааны дамжууллыг дүрсэлъе.

Шийдэл:

Дээрх нөхцлөөр А,В,С тэмдэгтүүдийн цуваа дараах хэлбэртэй цуваа үүснэ.

0100000101100100001011011000011111

А,В,С тэмдэгтүүдийн ASCII код : А(1000001) ,В(0100001), С(1100001) /хавсралтад ASCII кодын хүснэгтийг үзүүлсэн./

Тэгшийн парити биттэй дамжууллын зарчим нь парити битийг оролцуулаад нэгж тэмдэгтийн доторх 1 төлөвийн битүүдийн нийлбэр тэгш тоотой байхаар парити битийг сонгоно.

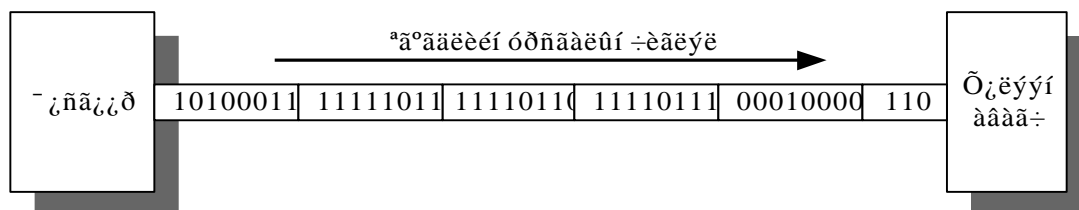
Эхлэл бит (0) нь ASCII тэмдэгтийн найман битүүд ба төгсгөл битүүдээс бүрдэх 10-11 тэмдэгтийн эхэнд дамжигдана.Тайван төлөвийн үед дараагийн тэмдэгтийн эхлэл нь битийн 1-ээс 0-рүү шилжих шилжилтээр хүлээн авах талд мэдэгдэнэ.

Зураг 2.2с-д битийн цувааны клокийн алдааг тайлбарлъя.

Энгийн локаль сүлжээний өгөгдлийн хурдыг 10 Кбит/сек үед нэг битийн үргэлжлэх хугацаа 0.1 мл/с (100 микро/с). Хүлээн авуур нэг битийн үргэлжлэлийн хугацааг 7 хувиар алдаатай хүлээн авсан гэвэл нэг бит бүрт 7 микро/с хугацааны зөрөө үүсч, хүлээн авуурын оролтод орж ирсэн бит бүрийг 93 микро/с тутамд хугацааны тасалдуулгаар тохируулга хийнэ. Зураг 2.2с-д үзүүлснээр 8 дахь бит алдаатай хүлээн авагдсан. Энэ алдааг асинхрон дамжууллын системийн синхрончлолын үндсэн алдаа гэж үзнэ.

2.1.2 Синхрон дамжуулал

Эхлэл ба төгсгөлийн бит хэрэглэхгүйгээр өгөгдлийн битүүдийг блокын дараалал хэлбэрээр дамжуулна. Өгөгдлийн блок нь тодорхой битийн урттай. Нэвтрүүлэх ба хүлээн авах төхөөрөмжийн хооронд тактын дохиог тусгай



Зураг 2.3. Синхрон дамжууллын формат

шугам ашиглан дамжуулдаг. Синхрон өгөгдлийн системд блокыг багцын фреймээр тодорхойлдог.

Импульсийн фазчлал, коррекцын төхөөрөмжийг ашиглаж, тоон дамжуулах системийн синхрончлолыг хангадаг. Тоон дохиог кодын комбинацаар дамжуулах үед декодерын төхөөрөмжийн тусламжтай мэдээний эхлэлийг тодорхойлох битүүдийг үүсгэнэ. Кодын комбинацийн эхлэлийг тодорхойлох үйлдлийг циклийн фазчлал гэнэ.

Ойр зайд синхрон дамжууллын горимоор өгөгдөл дамжуулахад алдаа бага үүсдэг ба алслалт их болох тутам гажуудлуудад өртөнө. Синхрон өгөгдөл дамжууллын системийн кодуудад ихэвчлэн Манчестр код, дифференциал Манчестр кодууд хамаарагдана. Жишээлбэл компьютерийн локаль сүлжээний дамжууллын код болох Манчестр код нь синхрон ажиллагааг хангахад тохиромжтой байдаг.

Аналог дохионы хувьд хүлээн авуурын зөөгчийн фазаас хамаарч өөрөө синхрончлолыг хангадаг онцлогтой. Синхрон дамжууллын фрейм бүр нь нэгж фреймийн эхлэл битүүдээр эхэлж, төгсгөл битүүдийн бүлгээр төгсдөг. Асинхрон дамжууллын нэгж тэмдэгт бүр 20% -иас дээш удирдлагын битүүдийг шаарддаг бол синхрон дамжууллын нэг фреймийн эхлэл, төгсгөл, хяналтын битүүд нийлээд 100 хүрэхгүй хэмжээтэй. Синхрон дамжууллын нэг жишээ нь орчин үеийн өгөгдлийн сүлжээнүүдийн өгөгдөл дамжууллын үндсэн фрейм болох HDLC фрейм болно. Үүний 48 бит нь удирдлагын бит, 1000 тэмдэгт нь мэдээллийн битүүд гэвэл нийтдээ нэгж фрейм 8048 бит урттай. Нэг тэмдэгт 8 битээс тогтоно. HDLC фреймээр өгөгдөл, удирдлагын битээ оролцуулаад 8084 битүүдээр таслагдаж дамжигдана гэсэн үг.

Синхрон дамжууллын зарчмыг зураг 2.3-д дүрслэв. Үүсгүүрээс хүлээн авах чиглэлд битүүдийн цуваа тодорхой урттай багцлагдсан фреймийн хэлбэрт дамжуулагдана.

Ашигласан материал

1. Tuyatsetseg Badarch, "Data communications" , Third edition, 2016. Ulaanbaatar, Mongolia.
2. Behrouz A. Forouzan "Data communications and Networking ", 2 edition, McGraw-Hill, 2013, ISBN 7-302-04378-7.
3. "Computer Networks: A Top-Down Approach," , J. F. Kurose and K. W. Ross, 7th Edition, Addison-Wesley, 2017, ISBN: 9780133594140 or 9780134296135.

Мэдээллийг илэрхийлэгч дохио нь нэг цэгээс нөгөө цэг рүү цахилгаан соронзон долгионы хэлбэрт дамжигддаг. Цахилгаан соронзон долгионы хамрах давтамж нь өчүүхэн багаас хэдэн мянган терагерцийн зурвасаар хэмжигдэнэ. Дууны дохиог 0.3 - 3.4 КГц зурваст ихэвчлэн хоёр утаст шугам ,коаксиаль кабелиар дамжуулахад тохиромжтой.

Орчин үед компьютерийн сүлжээгээр өгөгдөл дамжуулах ойлголтыг авч үзэхийн тулд сүлжээний дамжуулах орчны тухай мэдэх зайлшгүй хэрэгтэй.

Дамжуулах орчныг чиглүүлэлтэй ба чиглүүлэлгүй систем гэж ангилдаг тухай өмнө дурьдсан билээ.

Чиглүүлэлтэй дамжуулах хэрэгсэлд:

- Зэс утсан голтой кабель, мушгиа хос кабель, коаксиаль кабель, шилэн кабель хамаарагдана.

Чиглүүлэлгүй дамжуулах хэрэгсэлд:

- Радио болон бичил долгион, хэт ягаан туяа, лазерын туяа мөн атмосфер, агаар зэрэг хамаарагдана.

Орчин үед өгөгдлийн сүлжээгээр дамжуулах мэдээллийн хэмжээ өссөнтэй холбогдон шилэн кабель шугамыг өгөгдлийн болон цахилгаан холбооны дамжуулах хэлхээгээр өргөн ашиглах боллоо. Иймээс бид дамжуулах хэрэгслийн төрөл болох оптик шилэн кабель шугамын талаар түлхүү авч үзэх болно.

1.7.1 Сүлжмэл хос кабель

Тус бүр хуванцар цахилгаан тусгаарлагч материалаар тусгаарлагдаж, өөр хоорондоо ороолдсон зэс голтой дамжуулах хэрэгсэл юм. Өгөгдлийн холбоонд төдийгүй телефон сүлжээний дамжуулалд өргөн хэрэглэгддэг.

Компьютерийн сүлжээг ойрхон зайд суурилуулахад ихэнх тохиолдолд зэс утсан голтой кабелийг өргөн ашигладаг бөгөөд уг дамжуулах хэрэгслийн үнэ өртөг харьцангуй бага, суурилуулахад хялбар байдаг онцлогтой.

Зэс утсан голтой кабелийн дамжууллын зурвас 100 Гц-ээс 5 МГц -ын хооронд авч үзнэ.

Хамгаалалттай зэс голт кабель (STP), хамгаалалтгүй зэс голт кабель (UTP) гэсэн 2 төрлийн сүлжмэл зэс кабелийг практикт өргөн ашиглаж байна. Эдгээр кабелиудыг практикт STP, UTP кабель гэж нэрлэж хэвшсэн.

STP кабель нь гадуураа хатуу хамгаалах бүрээстэй, хоёр хос зэс багц бүхий, цахилгаан соронзон долгион, радио долгионы нөлөөнд тэсвэртэй, харилцан нөлөөлөл багатай кабель юм. 100Ом-ын эсэргүүцэлтэй хамгаалалттай кабелийг Этернэт сүлжээний дамжуулах хэрэгсэлээр, 150 Ом-ын эсэргүүцэлтэй кабелийг Токен ринг (Token ring) технологитой өгөгдлийн сүлжээний дамжуулах хэрэгслээр өргөн ашигладаг. Этернэт сүлжээний кабелийг дотоод холболт буюу зангилаа төхөөрөмжтэй хэрэглэгчдийн

терминалыг холбоход ихэвчлэн хэрэглэнэ. Холболтын хамгийн хол зай нь 100 м байх стандарттай.

UTP кабель 4 хос бүхий багцтай. Холболтын зай 100 м байх ба RJ45 холбогчоор сүлжээний төхөөрөмжүүдтэй холбогддог. EIA/TIA зөвлөмжийн дагуу UTP кабелийг хэрэглэгдэх хүрээгээр нь 5 бүлэгт ангилна. Эдгээр төрлийн кабелийн хэрэглээг хүснэгт 1.1 -д үзүүлээ.

UTP кабелийн хэрэглээ		Хүснэгт 1.1
UTP кабелийн бүлгүүд	Хэрэглэгдэх орчин	
1-р бүлгийн кабель	Телефон сүлжээний яриа дамжуулах хэлхээ	
2-р бүлгийн кабель	4 Мбит/сек хурдтай өгөгдөл дамжуулах хэлхээ	
3-р бүлгийн кабель	10 BaseT сүлжээний 10 Мбит/сек -ийн хурдаар өгөгдөл дамжуулах хэлхээ	
4-р бүлгийн кабель	Токен ринг сүлжээний 16Мбит / сек хурдаар өгөгдөл дамжуулах хэлхээ	
5-р бүлгийн кабель	100 Мбит /сек хурдаар өгөгдөл дамжуулах хэлхээ	

Хүснэгт1.1-ээс харахад 5-р бүлгийн UTP кабель орчин үеийн өндөр хурдтай сүлжээний дамжууллын системээр өргөн ашиглагдах боломжтой байна. UTP кабелийн гол онцлог нь суурилуулалт хийхэд хялбар, эдийн засгийн хувьд үр ашигтай, хэмжээ, хурд тохиромжтой, телефоны хэлхээнд ашиглах боломжтой. Дутагдалтай тал нь STP кабель нь давхар хамгаалалтгүй учир гадны нөлөөнд өртөмтгий, хол зайд дохио дамжуулах боломжгүй.

Коаксиаль кабель

Коаксиаль кабелийн дамжуулах хэрэгсэл нь мушгиа хос кабельтай харьцуулахад илүү өндөр давтамжаар дохиог зөөдөг. Ийм учир аналог технологитой цахилгаан холбооны системд нам давтамжийн телефон яриаг магистраль коаксиаль шугамаар дамжуулахдаа давтамжийн нягтруулгын аргаар өндөр давтамжид зөөж дамжуулах технологитой. Коаксиаль кабель нь мушгиа хос кабелиас маш их ялгаатай бүтэцтэй. Коаксиаль кабель нь дохио дамжуулах зэс голын гадуур пластмасан тусгаарлагч, тор хэлбэрийн уян металл хамгаалах бүрхүүл, гадна талын бүрхүүл зэргээс бүрддэг.

Коаксиаль кабель нь гадаад нөлөөллөөс сайн хамгаалагдсан, алсын зайд мэдээлэл дамжуулах боломжтой. Сүлжээний магистраль шугам, хэрэглэгчийн шугам, кабелийн телевизийн сүлжээний дамжуулах кабелиар ихэвчлэн ашигладаг. Коаксиаль кабелийг бүтцээс нь хамааруулж, бүдүүн ба нарийн коаксиаль кабель гэж хоёр ангилна. Коаксиаль кабелиар 100 КГц-ээс 500 МГц зурваст дамжуулалт хийх боломжтой.

Бүдүүн коаксиаль кабель нь 1 см диаметртэй, хар өнгөтэй, хатуу кабель бөгөөд энэ төрлийн кабелийг ихэвчлэн магистраль хэлхээ гэж нэрлэгдэх алсын холбооны шугамд ашиглана.

Нарийн кабель нь 0.2 см диаметртэй, нэг сегментийн урт 185 орчим сантиметр, харьцангуй уян кабель байна. Нарийн коаксиаль кабелийг сүлжээний кабельтай шууд холбох боломжтой бол бүдүүн кабелийг холбогч адаптер (Т-холбогч) ашиглан холбоно. Коаксиаль кабель нь зэс дамжуулагчийн бүтэц, дотоод бүрээсийн бүтэц, хэмжээ, гадаад хамгаалах бүрээс зэргээс хамаарч дараах хэд хэдэн стандартад хуваагдана.Эдгээрт:

- RG-8. Этернэт сүлжээний нарийн коаксиаль кабель
- RG-9. Этернэт сүлжээний нарийн коаксиаль кабель
- RG-11. Этернэт сүлжээний нарийн коаксиаль кабель
- RG-58. Этернэт сүлжээний бүдүүн коаксиаль кабель
- RG-59. Телевизийн дохио дамжуулах коаксиаль кабель гэсэн төрлүүд

хамаарагддаг.

1.7.2 Шилэн кабель

Шилэн кабель нь 800 -1550 нм (0.8-1.55 мкм) долгионы уртад гэрлийн дохиог хамгийн бага унтралттайгаар дамжуулдаг, тусгаарлагч, нэг төрлийн долгион хөтлүүр юм. Шилэн кабелиар цахилгаан дохиог гэрлийн долгионы хэлбэрт хувиргаж дамжуулна. Хүснэгт 1.2-д үзүүлснээр шилэн кабелийг диаметрийн хэмжээгээр нь 62.5/125 , 50/125 , 100/1408, 3/125 гэж 4 ангилдаг.

Шилэн кабелийн хэмжээ		Хүснэгт 1.2.
Шилэн кабелийн диаметр	Шилэн шөрмөсийн диаметр /микрометр/	Гадаад бүрхүүлийн диаметр /микрометр/
62.5/125	62.5	125
50/125	50	125
100/140	100	140
8.3/125	8.3	125

Гэрлийн диод, лазер гэх мэтийн гэрэл үүсгүүрийн тусламжтай өгөгдлийг гэрлийн хэлбэрт дамжуулна. Шилэн кабелийн дохио дамжуулах орчин болох зүрхэвч буюу голч нь металл биш шилээр хийгддэг учир цахилгаан соронзон орон, хол ба ойрын төгсгөл дэх нөлөөлөлд өртдөггүй, гадаад орчноос сайн хамгаалагдсан бүтэцтэй. Их хэмжээний мэдээллийг шилэн кабелиар алс зайд, алдагдалгүйгээр өндөр хурдаар гэрлийн дохионы хэлбэрт дамжуулах боломжтой тул орчин үеийн сүлжээний дамжуулах систем, магистраль хэлхээнд өргөн ашиглах болж байна. Одоогийн байдлаар шилэн кабелийн унтралт 0.2-0.5 дБ/км хэмжээтэй гэж тодорхойлогдсон.

¾тпыл мосжи бЭкдтгйЭйыл ржрвк 6 улбрэл Юупэйбэхуул хэраээр смасмлм. Йосжи цЭцЭпаЭйсыл уураууп, мосжи кмбтйясмп, кэбээйжзл уураууп, бЭкдтгйЭх штаЭк болох шилэн кабель, мосжи лЭяспуулүүр, хуйээл ЭЯуур зэрэг болно.

Шилэн кабель нь тодорхой хольц бүхий шилэн голч, голчийн гэрэл ойлгогч бүрхүүл, гадаад пластик бүрхүүлээс бүрддэг.

Шилэн кабелиар дамжих оптик зөөгчийг ашигласан холбоо хэд хэдэн давуу талуудтай. Эдгээрийн зарим нь оптик холбооны техник эрчимтэй хөгжсөн 1960-аад оноос илэрхий байсан ба технологи хөгжих тусам түүний давуу талууд нэмэгдсээр байна. Ердийн холбооны дамжуулах системээс оптик мяндсан дамжуулах системийн ялгагдах онцлог давуу талуудыг авч үзье.

а. Асар өргөн давтамжийн зурвас.

Шилэн кабелийн 10^{13} - 10^{16} Гц -ийн давтамжийн зурвас нь металл кабелийн системээс (коаксиаль кабелийн давтамжийн зурвас 500MHz) асар их байх ба миллиметрийн радио системээс ч (сүүлийн үед миллиметрийн радио системийн модуляцийн зурвас 700MHz хүрч байна) хавьгүй их юм.

Одоогийн байдлаар шилэн кабелийн давтамжийн зурвас бүрэн ашиглагдаж чадаагүй байна. Харин 100км зайд хэдэн ГГц-ийн, 300км-т 100 ГГц-д модуляцлагдсан дохио завсрын өсгөлтгүй ашиглагдаж байна. Эндээс шилэн кабелийн мэдээлэл дамжуулах чадвар хамгийн сайн, зэс кабелийн системээс үлэмж их болох нь харагдаж байна.

Шилэн кабелийн давтамжийн зурвасыг цааш өргөсгөж болно Тухайлбал, хэд хэдэн гэрлийн дохиог нэг нь нөгөөгөөсөө ялгаатай долгионы урт дээр кабелийн нэг шөрмөсөөр зэрэг дамжуулах замаар шилэн кабелийн давтамжийн зурвасыг улам өргөн

болгож болно. Энэ технологийг долгионы уртын нягтруулгын технологи (WDM) гэж нэрлэнэ. Энэ технологиор шилэн кабелийн мэдээлэл зөөх чадварыг коаксиаль кабелийнхтай харьцуулахад олон дахин ихэсгэдэг.

б. Хэмжээ , жин бага.

Нэрнээсээ аваад үзсэн ч гэсэн шилээр хийгддэг болох нь илэрхий. Шилэн кабель нь маш бага 10-50 нм диаметртэй байх ба энэ нь хүний үсний диаметрээс бага байна. Иймд эдгээр кабель нь хамгаалах бүрхүүлтэйгээ ч зэс кабелиас хавьгүй хөнгөн жинтэй. Энэ нь газар нутгийн эзлэгдсэн байдлыг багасгах асар их боломж олгох ба онгоц, хиймэл дагуул, усан онгоцуудын хооронд дохио дамжууллыг өргөтгөх сайн талтай.

в. Цахилгаан тусгаарлал.

Оптик шилэн кабель нь шилээр хийгддэг учраас (заримдаа пластмас полимер) цахилгаан тусгаарлагч хэмээн үзэж болох ба тийм учраас металл кабель шиг газардуулга, интерфэйсийн бэрхшээл байхгүй. Энэ шинж чанараараа оптик кабель нь цахилгааны аюултай орчинд холбоо зохион байгуулахад нэн зохимжтой. Учир нь шилэн кабель богино залгаас болон шалбархай дээр тэсрэх ховхрох зэрэг аюулгүй.

г. Шилжилтийн шуугиан болон нөлөөллөөс сайн хамгаалагдсан.

Оптик кабель нь диэлектрик долгион хөтлүүр учраас цахилгаан соронзон нөлөөлөл, радио давтамжийн нөлөөлөл зэрэгт өртдөггүй. Иймд оптик холбооны системийн ажиллагаа цахилгааны шуугиантай орчинд дамжуулахад шуугианы нөлөөнд өртдөггүй. Шилэн кабель нь цахилгаан соронзон нөлөөллөөс хамгаалах хуяг шаарддаггүй. Мөн шилэн кабель нь цахилгаан цохилтонд мэдрэмжгүй. Түүнээс гадна шилэн кабелиудын хооронд гэрлийн нөлөө байхгүй болгоход хялбар ба иймд олон шилэн кабелиуд сүлжигдсэн ч гэсэн шилжилтийн шуугиан бараг үүсдэггүй.

д. Дохионы нууцлал.

Шилэн кабелиар дамжиж байгаа гэрэл их хэмжээгээр сарнидаггүй учир дохионы нууцлал маш өндөр. Зэс кабелийнхтай ижил биш, гэрлийн дохиог шилэн кабелиас зориулалтын биш аргаар авах боломжгүй. Энэ нь оптик холбоог дамжууллын нууцлал шаардах цэрэг, банк мөн өгөгдлийн сүлжээнд хэрэглэх гол нөхцөл болдог.

е. Дамжуулах алдагдал бага.

1960 оноос хойш 20-иод жилийн шилэн кабелийн системийн хөгжлийн үр дүнд шилэн кабелийн унтралтыг нэг километр 1000 дБ байх хэмжээнээс 0.2-0.5 дБ хүртэл бууруулж чадсан. Унтралтыг дээрх хэмжээгээр бууруулсаны үр дүнд дахин дамжуулагчын хоорондох зайг (90-120 км) хүртэл ихэсгэсэн. Энэ нь системийн өртөг төвөгтэй байдлыг үлэмж хэмжээгээр бууруулсан. Иймд оптик шилэн кабель нь алсын зайд холбоо зохион байгуулахад өргөн хэрэглэгдэх болсон. Шилэн кабель нь анх 1000 дБ/км унтралттай байсан бол одоо 1550 нм долгионы уртад 0.2 дБ/км хамгийн бага унтралт үзүүлэх болсон. Энэ нь оптик холбооны хөгжлийн хамгийн гол онцгой давуу тал юм.

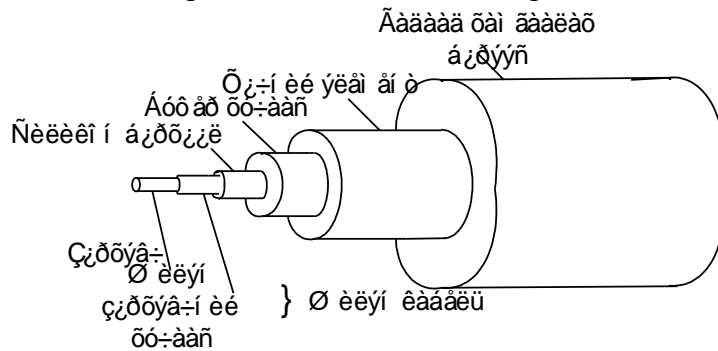
ж. Уян хатан шинж чанар.

Хамгаалах бүрхүүлүүд шаардлагатай боловч, шилэн кабель маш өндөр хүчний элементтэй хийгдэж болно. Шилэн кабелийг бага радиустай нугалж, тахийлгаж гэмтэлгүйгээр эвхэх боломжтой. Үүнээс гадна хадгалах, тээвэрлэх, суурилуулахад зэс кабельтай харьцуулахад давуу талтай.

1.7.3 Оптик кабелийн бүтэц, ангилал

Шилэн кабелийн цөмийн хэсгээр гэрлийн дохио дамжуулах хэлбэрээр нь нэг модын ба олон модын гэж ангилна. Шилэн кабелийн гадаад бүтцийг зураг 1.5 -д харуулав.

Олон модын шилэн кабелийг градиентэн ба шаталсан бүтэцтэй гэж ангилж үздэг.

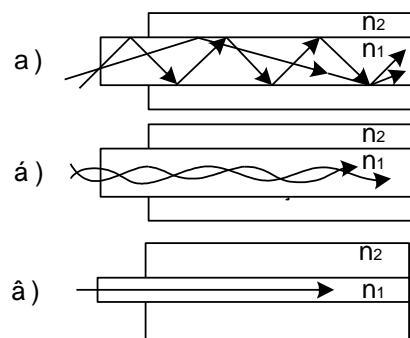


Зураг 1.5 Шилэн кабелийн гадаад бүтэц

Цөм болон хучаас нь цэвэр шилээр хийгдэх ба буфер буюу бүрхүүл нь шилэн кабелийг механик гэмтлээс хамгаалах зориулалттай. Зураг 1.6-д нэг мод, олон модын шаталсан ба градиентэн шилэн кабелиар гэрлийн дохио дамжих байдлыг үзүүлээ. Нэг модын шилэн кабелиар гэрэл шулуун замаар тархана.

Шаталсан шилэн кабель: Цөмийн хугарлын илтгэгч нь тогтмол n_1 -оос хучаасын хугарлын илтгэгч n_2 нь ялимгүй бага шилэн кабелийг шаталсан шилэн кабель гэж нэрлэдэг. Учир нь энэ төрлийн шилэн кабелийн хугарлын илтгэгчийн профил нь цөм болон хучаасын зааг дээр огцом шилжилт хийдэг.

Олон модын шилэн кабелийн цөмийн диаметр нь шилэн кабелийн цөмөөр олон тооны модууд буюу гэрлийн цацрагуудыг дамжуулахад хангалттай их байна. Харин нэг модын шилэн кабель нь ганц цахилгаан соронзон модыг дамжуулдаг. Цахилгаан соронзон модын тоогоор гэрлийн цацрагийн тоо тодорхойлогдоно. Иймд нэг модын шилэн кабелийн цөмийн диаметр нь 2-10 нм орчим, хүний үсний диаметрийн хэмжээ шиг нарийхан байдаг.



Зураг 1.6 Шилэн кабелиар гэрлийн дохио дамжих зарчим

Градиентэн шилэн кабель: Энэ төрлийн шилэн кабелиудын хувьд цөмийн хугарлын илтгэгч нь тогтмол биш ба цөмийн төвийн n_1 гэсэн (хамгийн их) утгаас n_2 гэсэн тогтмол утга руу буурдаг. Голч цацраг нь шилэн кабелиар дамжихдаа тойрог дугуй үүсгэн тархдаг байна. Цөмийн төвөөс хугарлын илтгэгч нь аажмаар багасч байгаа учир туяаны олон тооны хугарлыг үүсгэдэг.

Шилэн кабель нь өндөр давтамж дээр зэс кабелийн технологитой харьцуулахад маш бага унтралттай байхаас гадна давтамжийн зурвасын өргөн их байдаг давуу талтай юм.

Шилэн кабелиар гэрлийг хамгийн бага дисперс ба унтралттай дамжуулах 3 үндсэн долгионы уртын цонх байна. Эдгээрт 850 нм, 1300 нм, 1550 нм долгионы уртын цонхууд багтана. Эдгээр цонхнуудаар урт ба богино долгион тархана Хүснэгт 1.3-д богино, урт долгионы тархах долгион уртын хэмжээг цонх бүрээр үзүүлээ.

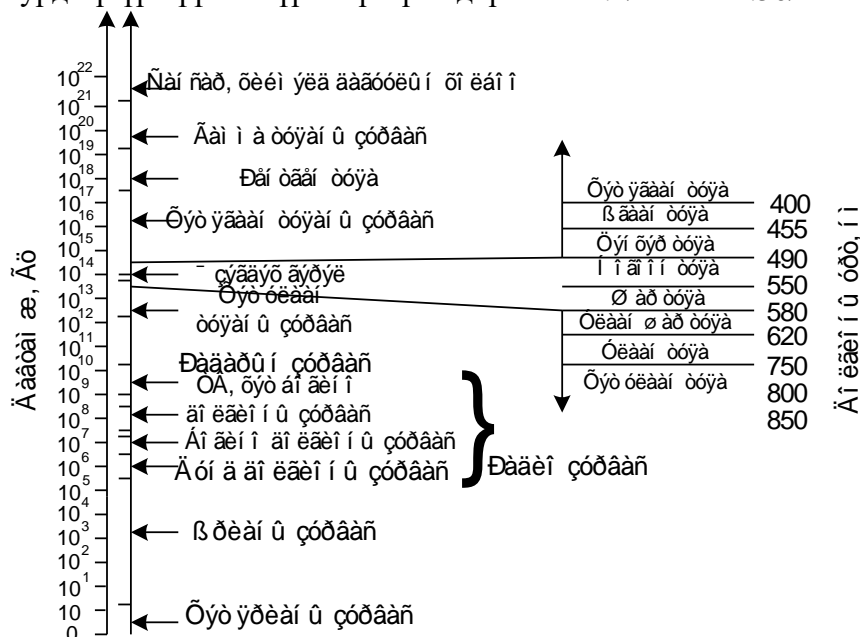
Урт, богино долгионы уртын хэмжээ

Хүснэгт 1.3

Долгионы уртын цонх	Богино долгион	Урт долгионы хэмжээ
850 нм	845 нм	850 нм
1300 нм	1295 нм	1300 нм
1550 нм	1560 нм	1550 нм

Долгионы урт

Дамжууллын хэрэгслээр дохио дамжуулах үеийн дохионы нэг гол параметр юм. Долгионы уртыг энгийн синусоид дохионы үеийг дамжууллын хэрэгслийн тархалтын хурдаар үржүүлсэн үржвэрээр тодорхойлно. /томъёо1.50/



Зураг 1.7 Цахилгаан соронзон долгионы спектр

Өөрөөр хэлбэл, дохионы давтамж нь дамжууллын хэрэгслийн төрлөөс хамаарна. Харин долгионы урт нь давтамж ба дамжууллын хэрэгслийн шинж чанараас хамаарна гэсэн үг. Дохионы үеэр долгионы урт тодорхойлогдоно.

Зураг 1.7-д цахилгаан соронзон долгионы тархалтын спектрийг үзүүлээ.

Хэдийгээр долгионы урт нь цахилгаан дохионы параметртэй холбогддог ч шилэн кабелиар гэрлийн дохио дамжуулах үед хамгийн чухал параметрээр тооцогддог.

Долгионы уртыг λ , тархалтын хурдыг c , дохионы үеийг T , давтамжийг f гэж үзвэл долгионы уртыг (1.49a) томъёогоор тодорхойлно.

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ [мкмметр]}. \quad (1.49a)$$

Шилэн кабелийн хувьд гэрэл дамжуулах хурд v нь гэрлийн хурдыг шилэн кабелийн шилэн зүрхэвчийн цөмийн хугарлын илтгэгч n -д харьцуулсан харьцаагаар томъёо (1.49б) томъёогоор тодорхойлогдоно.

$$v = \frac{c}{n} \quad (1.49б)$$

Энэ нь гэрэл хөтлүүрийн үйлдвэрлэлийн технологиос хамаарч дамжууллын хурд нь тодорхойлогдохыг үзүүлж байна.

Дохионы давтамж ба үе урвуу хамааралтай (1.1) томъёоноос долгионы урт (1.50) томъёогоор тодорхойлогддог.

$$\lambda = c \times T \quad (1.50)$$

(1.49a) томъёоноос шилэн кабелийн давтамжийн зурвасын хэмжээ ихсэх тусам долгионы урт буурч байгаа нь харагдаж байна. Шилэн кабелийн холбоонд 800 нм-ээс 1600 нм долгионы уртын хооронд (10^{14} гц давтамжаас доош) гэрлийн дохио шилэн кабелиар тархана.

Шилэн кабелийн системийн гэрэл дамжуулах 5 цонхны долгионы уртын хэмжээг хүснэгт 1.4-д үзүүлсэн. Маш өндөр давтамж буюу маш бага долгионы урттай гэрлийн дохиог харилцаа холбооны технологид өргөн хэрэглэнэ.

Долгионуудын нэвтрүүлэх цонхны зурвас Хүснэгт 1.4

Нэвтрүүлэх цонх	Долгионы уртын хэмжээ, нм
Нэгдүгээр цонх	Ойролцоогоор 850 нм
Хоёрдугаар цонх	1280-1325 нм
Гуравдугаар цонх	1530-1565 нм
Дөрөвдүгээр цонх	1565-1620 нм
Тавдугаар цонх	1350-1450 нм

Маш өндөр давтамжтай оптик зөөгчүүд нь өгөгдлийг маш өндөр хурдаар зөөж чадна. Ийм учир өндөр хурдтай холбоо, мэдээллийн системд шилэн кабелийн дамжуулах системийг хэрэглэх нь хамгийн тохиромжтой болж байна.

Дасгал 8.

Агаарт тархах хэт улаан туяаны долгионы уртыг олъё. Хэт улаан туяаны тархалтын давтамжийн зурвас 4×10^4 .

Шийдэл:

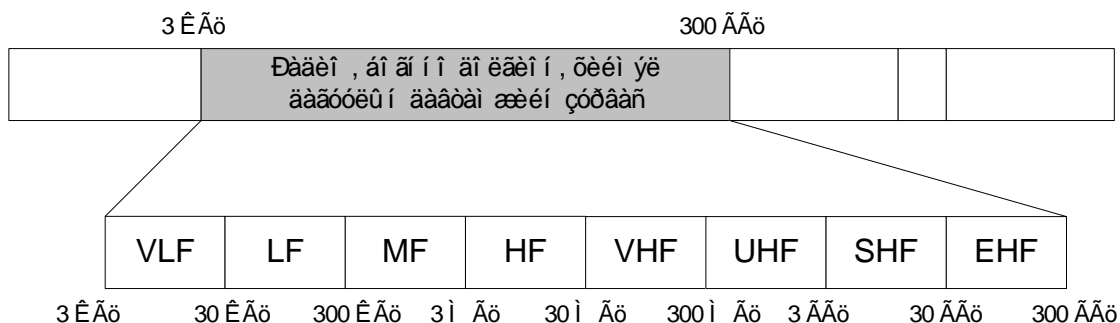
(1.50) томъёогоор $\lambda = (3 \times 10^8) / (4 \times 10^4) = 0.75 \times 10^{-6}$ микрометр.

Коаксиаль ба шилэн кабельд , долгионы урт бага (0.5 мкм), яагаад гэвэл кабелийн тархалтын хурд агаартай харьцуулахад бага (1.49б) байдаг.

1.7.5. Чиглүүлэлгүй дамжуулах систем

Чиглүүлэлгүй дамжуулах системд бид юуны өмнө радио долгионыг нэрлэж болно. Радио долгион ашиглаж буй холбоог утасгүй холбоо гэж нэрлэдэг. Утасгүй холбоогоор дамжиж буй дохиог хүлээн авах төхөөрөмжтэй хэн бүхэн хүлээн авах боломжтой юм. Энэ хүлээн авах төхөөрөмжинд антены төхөөрөмж чухал үүрэгтэй.

Радио долгион тархаж буй давтамжийн зурвасыг радио зурвас гэж нэрлэдэг. Радио долгионы урт, радио долгионы давтамжийн зурвасын хоорондох хамаарлыг авч үзье. Радио зурвасыг маш бага давтамжаас маш өндөр давтамжийн зурвасуудад хуваана. Зураг 1.8-д радио зурвасын хуваарилалтыг үзүүлэв.



Зураг 1.8 Радио зурвасын хуваарилалт

Маш бага радио зурвас (Very Low Frequency, VLF) : 3 КГц-ээс 30 КГц-ын хооронд боа хэт бага радио зурвас гэх бөгөөд энэ зурвас дахь долгионыг усан доогуурхи холбоо, мөн урт долгионы радио холбоог зохион байгуулахад ашигладаг. Атмосфер болон гадаад дулааны нөлөөллийн улмаас шуугиан их үүсдэг муу талтай. Энэ зурваст тоон дохиог АСМ, ДСМ аргуудаар 0.1-100 бит/с хурдтайгаар дамжуулж болно.

Нам радио зурвас (Low Frequency, LF): 30 КГц-ээс 300 КГц-ын хооронд нам радио зурвас гэх бөгөөд долгионыг усан доогуурхи холбоо, мөн урт долгионы радио холбоо, гэрлийн дохионы холбоо, онгоцны байрлал тодорхойлох холбоо зэргийг зохион байгуулахад ашиглана. Атмосфер болон гадаад дулааны нөлөөллийн улмаас өдрийн цагт шуугиан их үүсдэг муу талтай. Тоон дохиог АСМ, ДСМ аргуудаар 0.1-100 бит/с хурдтайгаар дамжуулна.

Дунд радио зурвас (Middle Frequency, MF): 300 КГц-ээс 3 МГц-ын хоорондын дунд радио зурвасын долгионыг АМ радио холбоо, мөн далай тэнгисийн радио холбоо, гэрлийн дохионы холбоо, осол аваарын болон гэнэтийн тохиолдлын холбоог зохион байгуулахад ашиглана. Атмосфер болон гадаад дулааны нөлөөллөөс өдрийн цагт шуугиан их үүсдэг муу талтай ч антенныг сайжруулснаар шуугианы нөлөөллийг бууруулж болно. Тоон дохиог АСМ, ДСМ аргуудаар 10-1000 бит/с хурдтайгаар дамжуулна.

Өндөр радио зурвас (High Frequency, HF): 3 МГц-ээс 30 МГц-ын хоорондын өндөр радио зурвасын долгионыг сонирхогчдын радио холбоо, хотын радио холбоо (дээд зурваст), олон улсын өргөн нэвтрүүлгийн холбоо, цагдаагийн холбоо, нисэх онгоц ба далайн хөлөг онгоцны холбоо, мөн телефон, телеграф, факсын холбоог зохион байгуулахад ашиглана. Ионосферын давхаргаас дэлхийн гадарга хооронд ойж тархдаг. Атмосфер болон гадаад дулааны нөлөөллөөс өдрийн цагт шуугиан их үүсдэг муу талтай ч антенныг сайжруулснаар шуугианы нөлөөллийг бууруулна. Тоон дохиог АСМ, ДСМ аргуудаар 10-3000 бит/с хурдтайгаар дамжуулна.

Маш өндөр радио зурвас (Very high frequency, VHF) : 30 МГц-ээс 300 МГц-ын хоорондын маш өндөр радио зурвасын долгионыг өндөр давтамжийн телевизийн холбоо (54-88 МГц), FM радио холбоо (88-108 МГц), пейжерийн холбоо (VHF-ийн нам зурвас), алс зайн нисэх онгоц ба далайн хөлөг онгоцны АМ радио холбоог (108-174 МГц) зохион байгуулахад ашиглана. Үзэгдэх гэрлийн тархалттай. Аналог дохиог АМ, ДМ аргаар 5 КГц-5 МГц хүртэлх зурваст дамжуулна. Тоон дохиог ФСМ, ДСМ аргуудаар 100 Кбит/сек хүртэл хурдтайгаар дамжуулна.

Хэт өндөр радио зурвас (Ultra high frequency, UHF) : 300 МГц-ээс 3 ГГц-ын хоорондын хэт өндөр радио зурвасын долгионыг хэт өндөр давтамжийн телевизийн холбоо (470-806 МГц), утасгүй холбоо (400 МГц хүртэлх зурвас), үүрэн радио холбоо, пейжерийн холбоо (өндөр зурвас), богино долгионы радио холбоо (1 ГГц-3 ГГц) -г зохион байгуулахад ашиглана. Үзэгдэх гэрлийн тархалттай. Аналог дохиог ЛМ аргаар 420 МГц хүртэлх зурваст дамжуулна. Тоон дохиог ФСМ аргуудаар 10 Мбит/сек хүртэл хурдтайгаар дамжуулна.

Хэт өндөр богино долгионы радио зурвас (Super high frequency, SHF): 3 ГГц-ээс 30 ГГц-ын хоорондын хэт өндөр богино долгионы радио зурвасын долгионыг хуурай замын ба хиймэл дагуулын холбоо, радарын холбоог зохион байгуулахад ашиглана. Үзэгдэх гэрэл, сансрын орон зайн гэрлийн тархалттай. Аналог дохиог ДМ аргаар 500 МГц хүртэлх зурваст дамжуулна. Тоон дохиог ФСМ аргуудаар 100Мбит/сек хүртэл хурдтайгаар дамжуулна.

Туйлын өндөр радио зурвас (Extremely high frequency, EHF): 30 ГГц-ээс 300 ГГц-ын хоорондын хэт өндөр орон зайн радио зурвасын долгионыг хуурай замын ба хиймэл дагуулын холбоо, радарын холбоо, туршилт, судалгаа шинжилгээний чиглэлээр холбоог

зохион байгуулахад ашиглана. Сансрын орон зайн гэрлийн тархалттай. Аналог дохиог ДМ аргаар 1 ГГц хүртэлх зурваст дамжуулна. Тоон дохиог ФСМ аргаар 750 Мбит/сек хүртэл хурдтайгаар дамжуулна.

Богино долгионы системийг алсын зайн цахилгаан холбооны систем, телевизийн системд өргөн хэрэглэдэг. Мөн барилга байшингуудын хооронд ойр зайд цэгээс цэгт холбоог үүсгэхэд хэрэглэнэ. Жишээлбэл, компьютерийн локаль сүлжээнүүдийн хооронд утасгүй холболт үүсгэхэд өргөн ашиглах боломжтой.

2-40 ГГц-ын зурваст дохио төвлөрнө.

Ямар ч дамжууллын систем дэх үүсгүүрийн үндсэн алдагдал бол дохионы унтралт байдаг.

Радио зурвасын хувьд дохионы алдагдлыг (1.51) томъёогоор тодорхойлдог.

$$L = 10 \text{Log} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad [\text{дБ}] \quad (1.51)$$

λ – долгионы урт

d – хоорондын зай

Харин хос мушгиа кабель, коаксиаль кабель гэх мэт чиглүүлэлтэй системд дохионы унтралт зайнаас шууд хамаардаг.

Тоон богино долгионы системийн зурвас, зурвасын өргөн, өгөгдлийн хурдны хамаарлыг хүснэгт 1.5-д авч үзэв.

Зурвасын өргөн ба өгөгдлийн хурдны хамаарал Хүснэгт 1.5

Зурвас (ГГц)	Зурвасын өргөн (МГц)	Өгөгдлийн хурд (Мбит/сек)
2	7	12
6	30	90
11	40	90
18	220	274

30 Мбит/сек-ээс 1 Гбит/сек хүртэлх радио зурвасыг өгөгдлийн сүлжээнд өргөн ашигладаг.