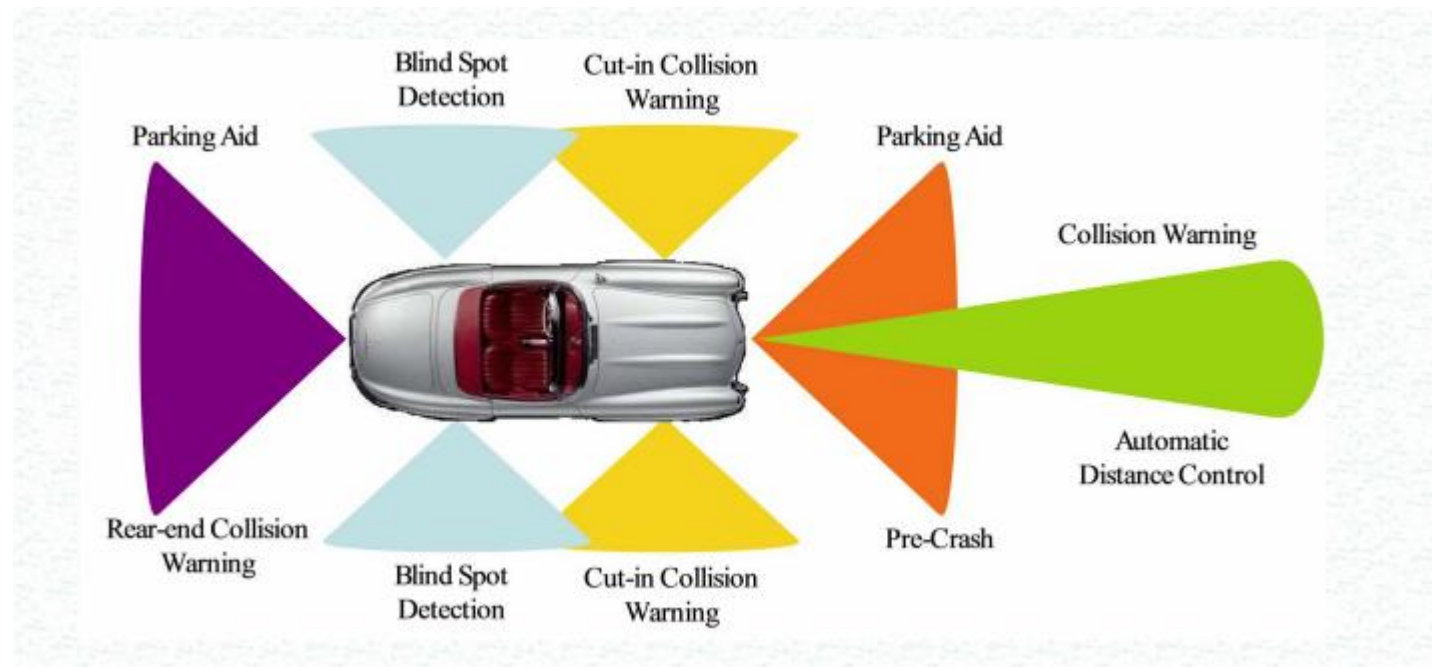


Automotive Radar System

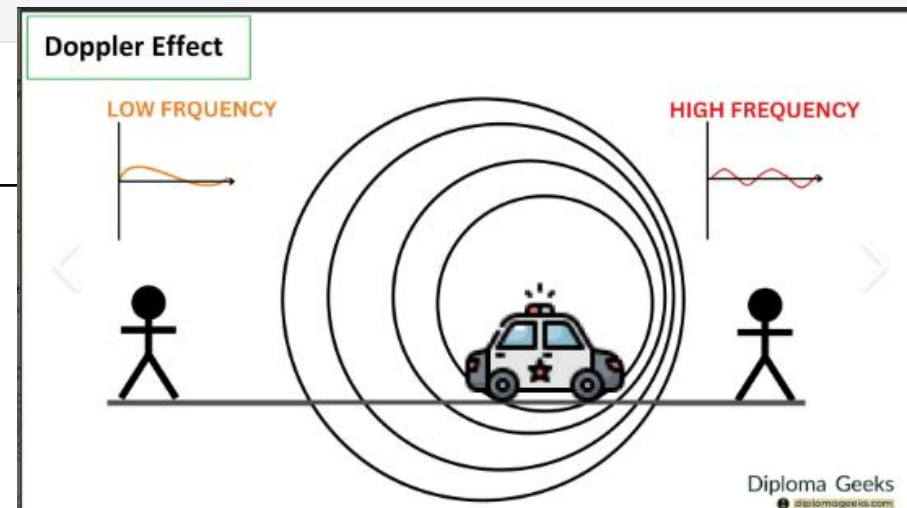


Radarbúnaður í bifreiðum

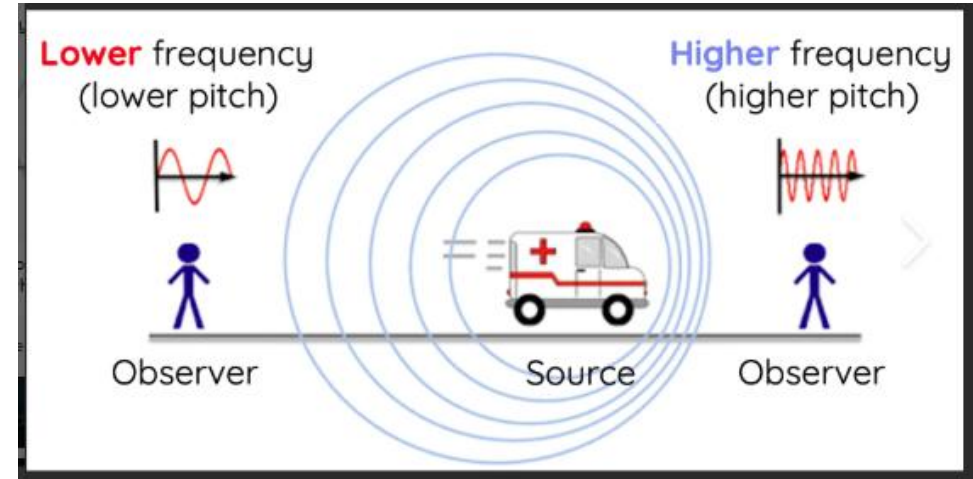
Radar í bifreiðum er skynjari sem notar rafsegulbylgjur til að:

- mæla fjarlægð
- ákvarða hraða (með Doppler-áhrifum)
- meta stefnu markhluta (horn)

Hann er eitt mikilvægasta skynjunartækið í ökumannsaðstoðarkerfum (ADAS).



Hvað eru Doppler áhrif



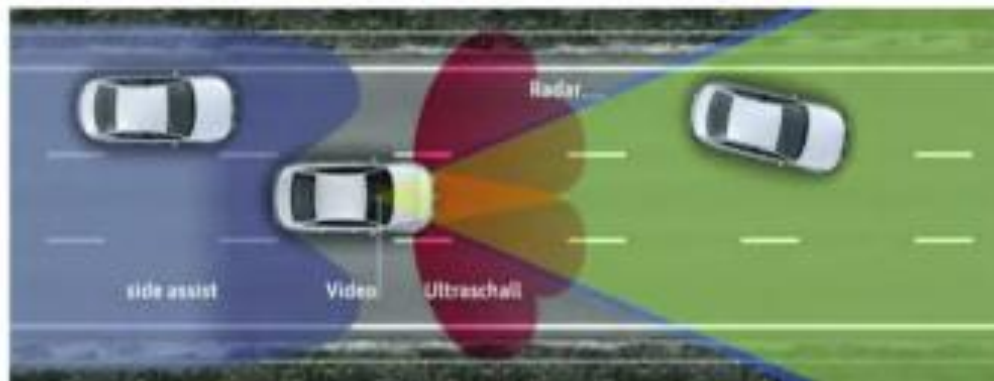
Hugsaðu þér sjúkrabíl með sírenu:

- 🚑 Nálægast þig
→ hljóðbylgjur þjappast saman
→ hærri tónn (hærri tíðni)
- 🚑 Fjarlægist þig
→ hljóðbylgjur teygjast
→ lægri tónn (lægra tíðni)

- Automotive driving is mentally demanding activity, since driver has to maintain high level of concentration for long time and take action within split of seconds.
- In today's scenario this task is now handled by ACC (adaptive cruise control system)

➤ Introduction to adaptive cruise control system (ACC)

- Involves in automatically adjusting vehicle speed and to maintain safe distance from vehicle ahead
- Control is based on sensor information from on-board sensor, allowing vehicle to apply brake when detect obstacle and accelerate when traffic allows
- ACC is widely regarded as key component for future generation of intelligent cars



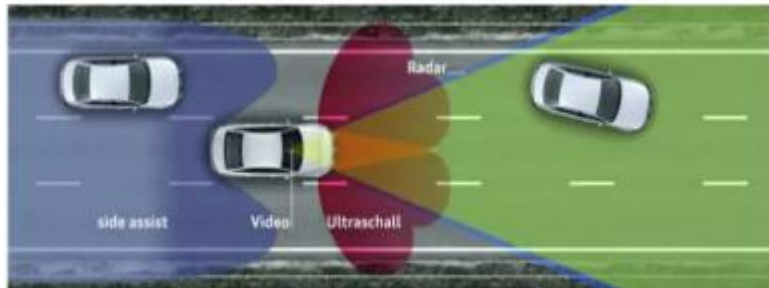
[Link](#)

Akstur bifreiða

- Akstur bifreiða er **andlega krefjandi athöfn**, þar sem ökumaður þarf að **viðhalda mikilli einbeitingu í langan tíma og grípa til aðgerða á örskotsstundu.**
- Í dag er þetta hlutverk að hluta til **leyst af hendi með ACC** (*Adaptive Cruise Control – aðlögunarhæfu hraðastýringarkerfi*).

Kynning á aðlögunarhæfu hraðastýringarkerfi (ACC)

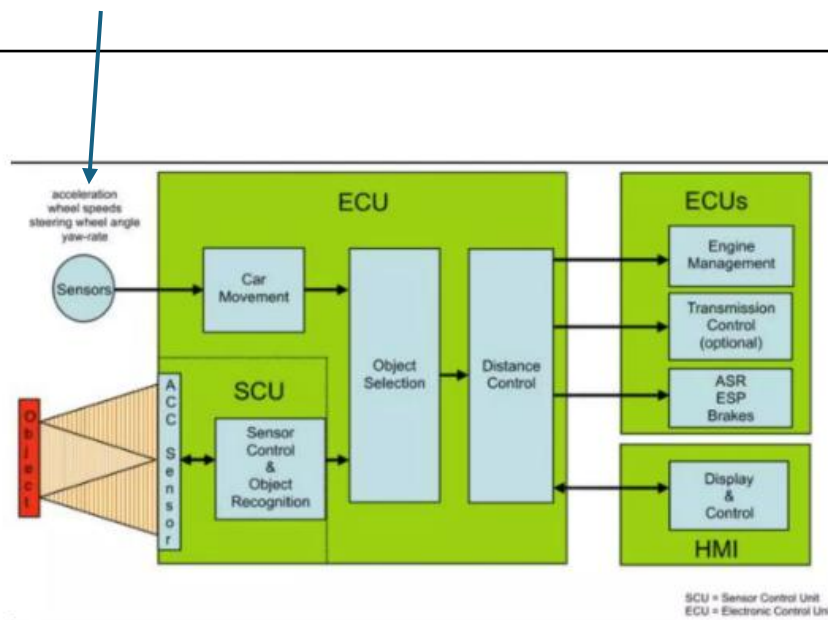
- Felst í því að **stilla sjálfkrafa hraða ökutækis** og **viðhalda öruggri fjarlægð** frá ökutækinu fyrir framan.
- Stýringin byggir á upplýsingum frá **skynjurum sem eru staðsettir í ökutækinu**, sem gerir kerfinu kleift að:
 - **hemla sjálfkrafa** þegar hindrun greinist
 - **auka hraða aftur** þegar umferð leyfir.
- ACC er almennt talið **lykilþáttur í þróun næstu kynslóðar snjallbíla.**



Kerfið nýtir **radar, myndavélar** og **úthljóðsskynjara** til að fylgjast með ökutækjum og umhverfi í kringum bílinn.

Skynjarar (Sensors)

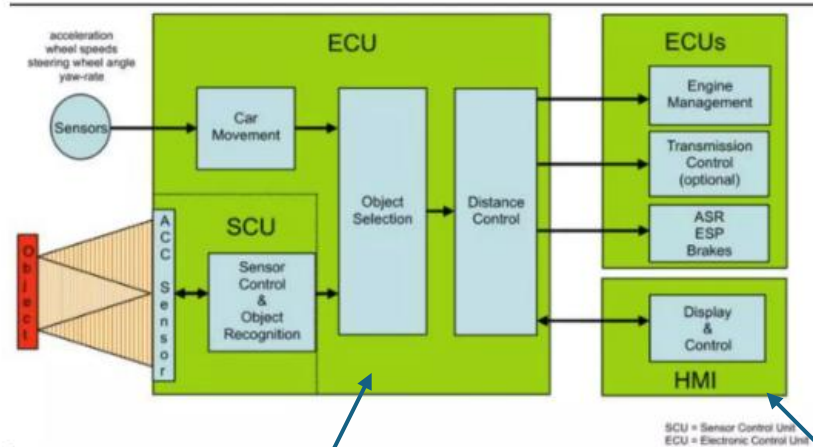
- Safna upplýsingum um:
 - Hröðun
 - Hraða hjóla
 - Stýrihorn
- Skynjarar nema einnig **hindranir** fyrir framan ökutækið.



ACC skynjari

- Nemur hluti (ökutæki/hindranir) fyrir framan bílinn
- Sendir gögn áfram til stjórnunareininga

Basic component
of ACC unit



Skammstafanir

- **SCU** = Sensor Control Unit – Skynjarastjórneining
- **ECU** = Electronic Control Unit – Rafeindastjórneining

ECU – Rafeindastjórneining (Electronic Control Unit)

Bílhreyfing (Car Movement)

- Metur hreyfingu ökutækisins miðað við skynjaragögn

Val hlutar (Object Selection)

- Velur það ökutæki/hindrun sem á að fylgjast með

Stýring fjarlægðar (Distance Control)

- Viðheldur öruggri fjarlægð

- Stýrir hraða og hemlun eftir þörfum

Aðrar stjórneiningar (ECUs)

- Vélstýring (Engine Management)
- Gírskiptingarstýring (Transmission Control – valkvæmt)
- ASR / ESP / Hemlar
 - ASR – Spólvörn
 - ESP – Rafrænt stöðugleikakerfi
 - Hemlakerfi

Kerfisnet
(System network)

ACC skynjari og stýring
(ACC sensor and control)

Skjár og stjórnun
(Display and control)

Gírkassastýring
(Transmission control)

System
network

ACC sensor
and control

Display and
control

Transmission
control

ESP control

Drive train
control



Radar (Radio Detection and Ranging) sendir frá sér rafsegulgeisla frá loftneti.

Hlutur (hindrun) sem verður á leið geislans endurspeglar hann aftur til radarloftnetsins.

Radar hentar sérstaklega vel til fjarlægðarmælinga (range) og er betri en sjónkerfi, þar sem hann er óviðkvæmur fyrir slæmum veðurskilyrðum eins og þoku, rigningu og myrkri.

Eiginleikar sem studdir eru af radar eru meðal annars:

- Blindsviðsvöktun
- Aðstoð við akreinaskipti
- Viðvörðun við yfirvofandi árekstri
- Sjálfvirk neyðarhæmlun
- Aðlögunarhæf hraðastýring

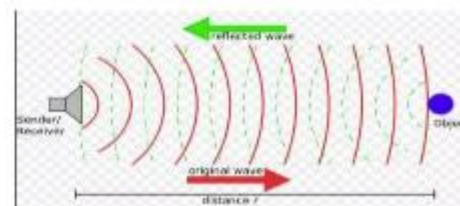
Principle and method of operation

- Measurement of distance by all radar system is based on direct or indirect timing interval between transmission and reception of radar signal
- If T is time interval between transmission and reception of signal then distance(D) is determined by

Here C is speed of light that is 300000km/sec

- If the object detected is moving with respect to transmitter/receiver at relative speed of V_{rel} , then echo signal undergoes frequency shift F_d that is given by

Here f_c is carrier frequency



Mæling á fjarlægð í öllum radarkerfum byggir á beinu eða óbeinu tímabili milli sendingar og móttöku radarsignals.

Ef T er tímabilið milli sendingar og móttöku merkisins, þá er fjarlægð (D) ákvarðuð með eftirfarandi hætti:

Hér er C ljóshraði, sem er 300.000 km/s .

Ef hluturinn sem neminn greinir hreyfist miðað við sendi/móttakara með hlutfallslegum hraða V_{rel} , þá verður endurvarpaða merkið fyrir tíðnihliðrun (Doppler-hliðrun), F_d , sem er gefin með formúlu.

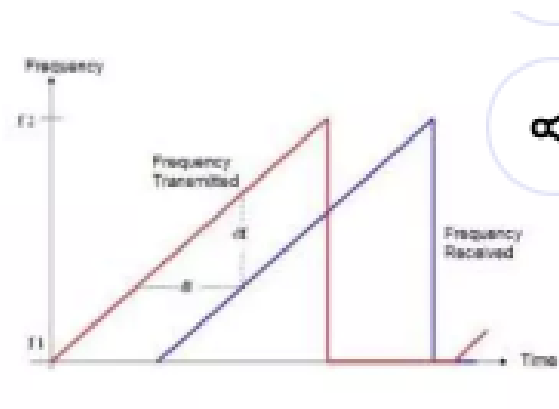
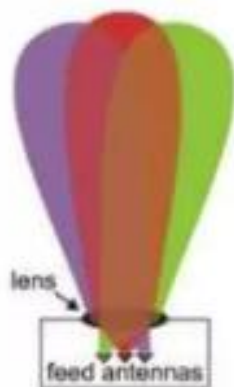
- Þar sem bein mæling á tímabili milli sendingar og móttöku radarsignals til að ákvarða fjarlægð er flókin, er notuð tiltölulega einföld aðferð FMCW (*Frequency Modulated Continuous Wave*).
- FMCW-radar ber saman tíðni sendra merkja og endurkastaðs merkis (echo) til að ákvarða fjarlægðarupplýsingar.
- Samkvæmt FMCW-meginreglunni er fjarlægð gefin með:
- $D = (c \cdot \Delta f) / (2 \cdot (df/dt))$

Hér er:

- Δf breyting á tíðni
- df/dt hraði (fall) tíðnibreytingar
- c ljóshraði

Mat á stefnu (Echo angle estimation)

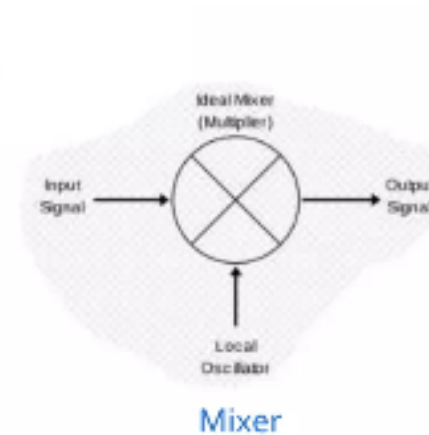
- Til að ákvarða stefnuhornið þar sem radari staðsetur hlut, eru margar radarbylgjur (lobes) sendar út og greindar.
- Fyrir skilgreindan markhlut er styrkur endurvarpaða merkisins háður því horni sem merkið berst frá.



Íhlutir Radars



Gunn oscillator



Grunnradar – helstu íhlutir

(A basic radar has following components)

- Gunn-sveifflugjafi (Gun oscillator):

Rafeindalegur hálfleiðaraíhlutur sem myndar örbylgjusveiflur þegar hann verður fyrir sterku rafsviði. Með því að beita viðeigandi spennu er hægt að breyta tíðninni á bilinu 77–78 GHz, og því eru þessir sveifflugjafar kallaðir spennustýrðir sveifflugjafar (*voltage controlled oscillators*).

- Drifrás og loftnetsmagnun (Driver circuit and antenna feed):

Prentplata sem er ætluð til að keyra eða dreifa raforku á milli mismunandi sendi- og móttökuloftneta.

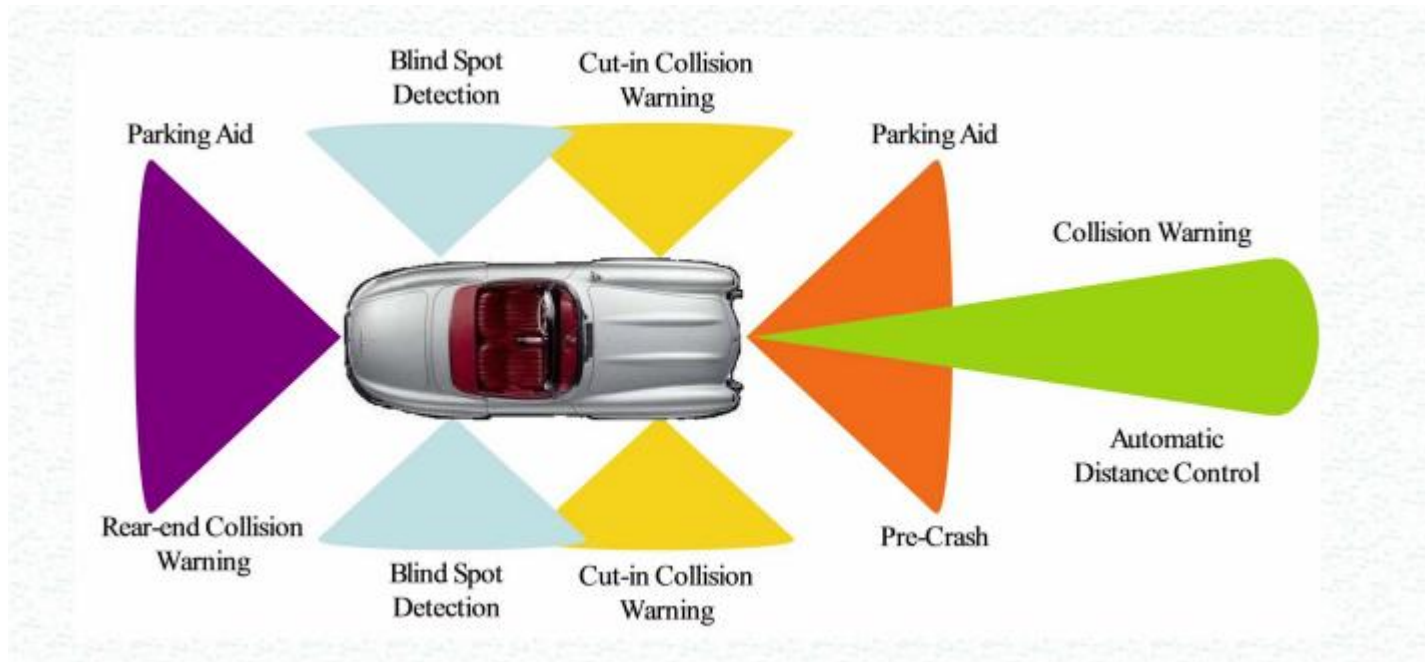
- Blandari (Mixer):

Olínuleg rafrás sem býr til nýtt tíðnimerki út frá tveimur eða fleiri merkjum sem eru leidd inn í hana.

- Radóm (Radome):

Ysta hlíf radarkerfisins, með þykkt um 1 míkrómetra.

Hún þarf að vera vel þéttuð og lokuð ásamt öðrum íhlutum radarins til að vernda kerfið.



Skýringar á virkni í kringum bílinn (myndin):

- Parking Aid → Bílastæðaaðstoð
- Blind Spot Detection → Blindsvæðisskynjun
- Cut-in Collision Warning → Viðvörðun vegna bíls sem sker sig inn fyrir
- Rear-end Collision Warning → Viðvörðun við árekstri að aftan
- Collision Warning → Árekstrarviðvörðun
- Automatic Distance Control → Sjálfvirk fjarlægðarstýring
- Pre-Crash → Forárekstrarkerfi

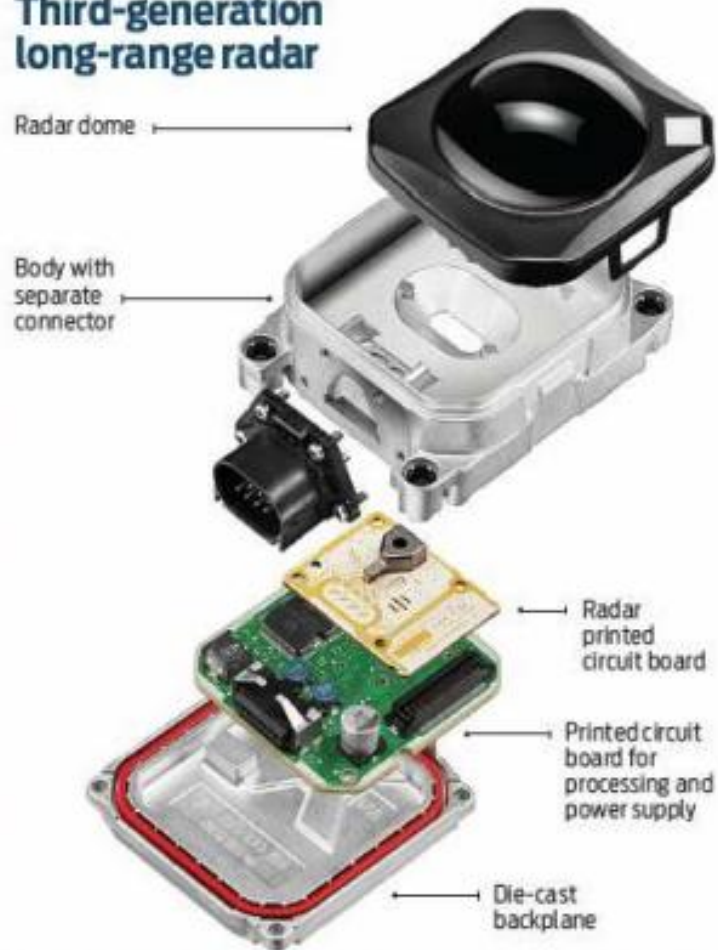
Fyrstu tilraunir með millimetrabylgjuradar (*mm-wave automotive RADAR*) hófust á áttunda áratugnum, en tækni þess tíma hentaði illa til samþættingar, sem leiddi til stórra kerfa og mikils kostnaðar.

Á árunum 1998–1999 komu fram fyrstu kynslóðir bílaradarskynjara, meðal annars frá Daimler og Toyota. Nýjustu kynslóðir byggja á 180/130 nm SiGe flísasettum og þróaðri þökkun, með innbyggðri loftneti, sem eru nú fáanleg í fjöldaframleiðslu (t.d. frá Bosch).

Há radartíðni (stutt bylgjulengd, λ) gerir kleift að hafa smá stærð og lítið þyngd, mikla samþættingu með SiGe-tækni og í framtíðinni CMOS-tækni. Þetta dregur úr samsetningar- og prófunarkostnaði og þar með endanlegum kostnaði fyrir notanda, sem gæti orðið langt undir 1.000 bandaríkjadöllum.

Markaðurinn vex um tæplega 40% á ári og gert er ráð fyrir áframhaldandi aukningu, þar sem öll lúxus- og meðalstéttarbílar munu vera með radar á næstu árum (um 7% allra seldra bifreiða á heimsvísu, aðallega í Evrópu, Japan og Bandaríkjunum, munu vera búnar radarkerfum).

Third-generation long-range radar



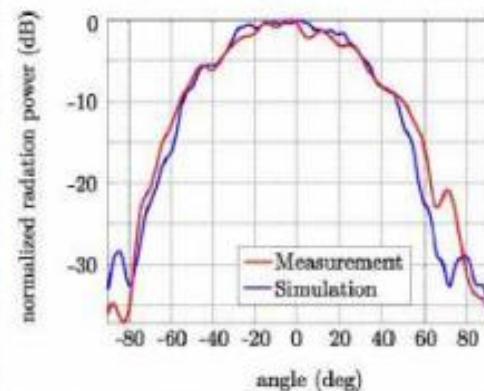
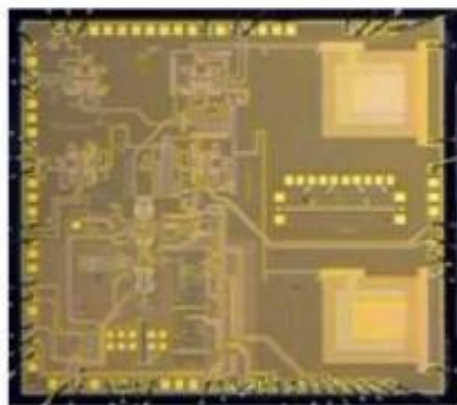
B. Fleming, IEEE Vehicular Tech. Mag. 2012

Tvö prentplötur (PCB-borð)

FMCW-mótun (*Frequency-Modulated Continuous Wave*)

Langdrægur radar (LRR):

- Útgangsafl: 7 dBm
- 4 rásir: 2 sendi/móttökur (TX/RX) og 2 móttökur eingöngu (RX)
- Loftnet með rafsvörunarlinsu (dielectric lens) sem veitir mikinn styrk (gain) og hámarksdrægni allt að 250 m
- Aðrar útfærslur í boði:
- Með PCB-loftnetum
- Eða með innbyggðum loftnetum á flís (on-chip integrated antennas)



(J. Hasch et al., IEEE
Tran. Micr Theory Tech, 2012)

Dæmi um innbygggt loftnet á flís fyrir 77 GHz bílaradar

- Loftnetseiningar á flís (on-chip antenna elements) byggðar á styttri $\lambda/4$ örþynnulínunum (microstrip), sem eru myndaðar með efsta og neðsta málmlagi flísarinnar (bakenda flísahönnunar).
- Kvarts-gler titringar (quartz glass resonators) eru staðsettir ofan á patch-loftnetsþáttum flísarinnar til að bæta nýtni (efficiency) og bandvidd.
- Loftnetin eru með ákveðnu bili á milli sín, sem gerir kleift að:
 - meta komustefnu merkis (DOA – Direction of Arrival) frá markhlut, eða
 - mynda aðskilda geisla sem lýsa upp rafsvörunarlinsu (dielectric lens).